

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 898 085**

51 Int. Cl.:

C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/14 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2017** **PCT/KR2017/015134**
87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2018** **WO18117646**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2017** **E 17883359 (6)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.08.2021** **EP 3561111**

54 Título: **Lámina de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico y procedimiento de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

22.12.2016 KR 20160176513

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.03.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KANG, MO-CHANG y
CHOI, JONG-IN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 898 085 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 de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico y procedimiento de fabricación de la misma

Campo técnico

- 5 La presente divulgación se refiere a una placa de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico, capaz de ser utilizada adecuadamente en un entorno de 0 a -60 °C, y un procedimiento de fabricación de la misma.

Técnica anterior

- 10 Para asegurar propiedades tales como la resistencia a baja temperatura en una placa de acero de gran espesor, se requiere una homogeneización interna. Para ello, se lleva a cabo un tratamiento térmico de normalización en un material de acero producido por laminado en caliente general (una placa de acero laminada en caliente), mediante el uso de una instalación de tratamiento térmico fuera de línea.

- 15 Sin embargo, al llevar a cabo el tratamiento térmico de normalización como se ha descrito anteriormente, existe una desventaja en el sentido de que el coste aumenta y los días de producción también, debido al recalentamiento de las placas de acero para el rendimiento de normalización junto con un proceso adicional a un proceso de fabricación.

De este modo, se ha desarrollado y comercializado un material de normalización en línea denominado "Laminado de Normalización", en el que el laminado se termina en una región de temperatura de normalización. Sin embargo, existe una dificultad para asegurar la calidad, tal como un nivel equivalente de propiedades, por ejemplo, la dureza al impacto o similares, cuando se compara con el caso de un material de tratamiento térmico fuera de línea.

- 20 Por lo tanto, existe la necesidad de una técnica capaz de proporcionar una placa de acero de gran espesor que tenga propiedades equivalentes o superiores a las de un material existente con tratamiento térmico fuera de línea, incluso cuando se utiliza el procedimiento de laminado de normalización.

- 25 El objetivo de D2 es proporcionar una lámina de acero laminada en caliente, un material de acero y un procedimiento para producir una lámina de acero laminada en caliente que sean capaces de evitar reducciones en la resistencia de una porción central del espesor de la lámina de acero en el tratamiento térmico, incluso en el caso en el que una cantidad de trabajo llevada a cabo en la lámina de acero sea pequeña y una tasa de endurecimiento por trabajo sea baja. Sin embargo, D2 no desvela la seguridad de la resistencia a baja temperatura y no considera las disminuciones de la calidad de la superficie debido a la formación de la precipitación de Nb.

- 30 El objetivo de D3 es proporcionar un material de acero con excelentes propiedades antisísmicas sin necesidad de añadir costosos elementos de aleación y fabricar el mismo. Sin embargo, D3 tampoco desvela el aseguramiento de la resistencia a baja temperatura, ni ningún tratamiento de normalización.

(Documento de Patente 1) Publicación de Patente Coreana Expuesta al Público Núm. 2014-0098901
(Documento de Patente 2) WO 2016/171212
(Documento de Patente 3) JP 2004-232091

Divulgación

Problema técnico

- 40 Un aspecto de la presente divulgación es proporcionar una placa de acero de gran espesor que tenga propiedades iguales o superiores a las de un material de acero existente, habiendo sido sometida a un tratamiento de normalización, mientras se omite el tratamiento de normalización requerido para asegurar la resistencia a baja temperatura y al entorno de temperatura criogénica en la técnica relacionada, y proporcionar un procedimiento de fabricación de la misma.

Solución técnica

- 45 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, una placa de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico está compuesta, en peso, de 0,02% a 0,10% de carbono (C), de 0,6% a 1,7% de manganeso (Mn), 0,5% o menos (excluido el 0%) de silicio (Si), 0,02% o menos de fósforo (P), 0,015% o menos de azufre (S), de 0,005% a 0,05% de niobio (Nb), de 0,005% a 0,07% de vanadio (V), de 0,005% a 0,035% en peso de titanio (Ti), opcionalmente al menos uno de los siguientes: no más del 0,5%, excluido el 0%, de níquel (Ni) y no más del 0,5%, excluido el 0%, de cromo (Cr) y un resto de hierro (Fe), y otras impurezas inevitables, en las que la placa de acero de gran espesor tiene, por fracción de área, una estructura mixta de ferrita del 85 al 95% y perlita del 5 al 15%, como una microestructura, y en las que un tamaño de grano de ferrita es de 7,5 o más del número de tamaño de grano ASTM, y en el que la placa de acero de gran espesor tiene una dureza al impacto de 300J o más a -60 °C, y en el que la placa de acero de gran espesor es un material normalizado.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, un procedimiento de fabricación de una placa de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico comprende recalentar una plancha de acero a una temperatura de 1100 °C o superior, estando la plancha de acero compuesto, en peso, de 0,02% a 0,10% de carbono (C), de 0,6% a 1,7% de manganeso (Mn), 0,5% o menos (excluido el 0%) de silicio (Si), 0,02% o menos de fósforo (P), 0,015% o menos de azufre (S), de 0,005% a 0,05% de niobio (Nb), de 0,005% a 0,07% de vanadio (V), de 0,005% a 0,035% en peso de titanio (Ti), opcionalmente al menos uno de los siguientes: no más del 0,5%, excluido el 0%, de níquel (Ni) y no más del 0,5%, excluido el 0%, de cromo (Cr) y un resto de hierro (Fe), y otras impurezas inevitables; acabar de laminar en caliente la plancha de acero recalentado a una temperatura dentro de un intervalo de temperatura de normalización para producir una placa de acero laminada en caliente; y enfriar con aire la placa de acero laminada en caliente hasta una temperatura ambiente después de terminar de laminar en caliente, y donde el intervalo de temperatura de normalización es de 850 °C a 910 °C.

Efectos ventajosos

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, se puede proporcionar una placa de acero de gran espesor en la que la dureza al impacto se puede asegurar de forma estable desde 0 °C hasta -60 °C.

Como se ha descrito anteriormente, se puede proporcionar una placa de acero de gran espesor que tenga una alta eficiencia incluso sin llevar a cabo un tratamiento térmico de normalización, lo cual es ventajoso en términos de efectos económicos.

Mejor modo para la invención

En la técnica relacionada, se lleva a cabo un tratamiento térmico de normalización por separado en la placa de acero laminada en caliente para asegurar la dureza al impacto a baja temperatura y similares de la placa de acero de gran espesor existente. Sin embargo, los inventores de la presente divulgación llevaron a cabo estudios de profundidad para proporcionar una placa de acero de gran espesor que tuviera propiedades iguales o superiores a las de una placa de acero de gran espesor fabricada por el procedimiento existente, incluso sin utilizar dicha instalación de tratamiento térmico.

Como resultado, se ha confirmado que se puede producir una placa de acero de gran espesor con las propiedades requeridas incluso cuando se omite el tratamiento térmico de normalización, ya que la composición de la aleación y las condiciones de fabricación están optimizadas.

En detalle, la presente divulgación es técnicamente significativa en el sentido de que no requiere un tratamiento térmico de normalización separado por medio del control de la temperatura de laminado.

A continuación, se describirá en detalle una realización de la presente divulgación.

Una placa de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico de acuerdo con una realización de la presente divulgación comprende, en peso, de 0,02% a 0,10% de carbono (C), de 0,6% a 1,7% de manganeso (Mn), 0,5% o menos de silicio (Si), 0,02% o menos de fósforo (P), 0,015% o menos de azufre (S), de 0,005% a 0,05% de niobio (Nb), de 0,005% a 0,07% de vanadio (V), de 0,005% a 0,035% en peso de titanio (Ti), opcionalmente al menos uno de los siguientes: no más del 0,5%, excluido el 0%, de níquel (Ni) y no más del 0,5%, excluido el 0%, de cromo (Cr).

A continuación, se describirá en detalle la razón por la que la composición de aleación de una placa de acero de gran espesor proporcionada en la presente divulgación se controla como se ha descrito anteriormente. En este caso, el contenido de cada elemento se refiere al % en peso a menos que se especifique lo contrario.

40 C: De 0,02% a 0,10%

El carbono (C) es un elemento esencial que mejora la resistencia del acero. Sin embargo, si el contenido de C es excesivo, la carga de laminado durante el laminado aumenta debido a la resistencia a la alta temperatura, y se produce una inestabilidad de la resistencia a una temperatura criogénica de -20 °C o inferior.

Por otro lado, si el contenido de C es inferior al 0,02%, es difícil asegurar la resistencia requerida en la presente divulgación, y a fin de controlar que el contenido sea inferior al 0,02%, se requiere además un proceso de descarburación, que puede causar un aumento de los costes. Por otro lado, si su contenido supera el 0,10%, la carga de rodadura puede aumentar, y puede ser difícil asegurar la dureza criogénica.

Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el contenido de C se controla para que esté dentro de un intervalo de 0,02% a 0,10%. Más detalladamente, el contenido de C se puede controlar para que esté entre el 0,05% y el 0,10%.

Mn: De 0,6% a 1,7%

El manganeso (Mn) es un elemento esencial para asegurar la dureza al impacto del acero y controlar elementos de impureza como el S y similares, pero cuando el Mn se añade en exceso con el C, existe la posibilidad de que la

soldabilidad disminuya.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, como se ha descrito anteriormente, la resistencia del acero se puede asegurar de forma efectiva por medio del control del contenido de C, y para obtener una alta resistencia, la resistencia se puede mejorar con Mn sin añadir el C, y de este modo la dureza al impacto se puede mantener.

Para obtener el efecto mencionado, el Mn está contenido en una cantidad de 0,6% o más. Sin embargo, si el contenido es demasiado alto y supera el 1,7%, la soldabilidad disminuye en función del exceso de carbono equivalente, y la resistencia local en la placa de acero de gran espesor puede disminuir y se pueden producir grietas debido a la segregación durante la fundición.

Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el contenido de Mn se controla para que esté dentro de un intervalo de 0,6% a 1,7%.

Si: 0,5% o menos (excluido el 0%)

El silicio (Si) es un elemento importante para desoxidar el acero, y es un elemento favorable para asegurar la resistencia del acero por medio del fortalecimiento de la solución sólida.

Sin embargo, si el contenido de Si supera el 0,5%, puede haber un problema en el que la carga se incrementará durante el laminado y la resistencia de un material base (la propia placa de acero de gran espesor) y una porción soldada obtenida en el momento de la soldadura se deteriora.

Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el contenido de Si se controla para que sea del 0,5% o menos, excluido el 0%.

P: 0,02% o menos

El fósforo (P) es un elemento que está contenido inevitablemente durante la producción del acero, y es un elemento susceptible de segregación y que forma fácilmente una microestructura de transformación a baja temperatura, por lo que tiene una gran influencia en la degradación de la resistencia.

Por lo tanto, el contenido de P se controla para que sea lo más bajo posible. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el contenido de P se controla para que sea del 0,02% o menos, porque no hay gran dificultad para asegurar las propiedades incluso cuando el P está contenido en una cantidad del 0,02% como máximo.

S: 0,015% o menos

El azufre (S) es un elemento que se encuentra inevitablemente en la producción de acero. Cuando el contenido de S es excesivo, existe el problema de que aumentan las inclusiones no metálicas y se deteriora la resistencia.

Por lo tanto, el contenido de S se controla para que sea lo más bajo posible. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el contenido de S se controla para que sea del 0,015% o menos, ya que no hay grandes dificultades para asegurar las propiedades incluso cuando el S está contenido en un máximo del 0,015%.

Nb: De 0,005% a 0,05%

El niobio (Nb) es un elemento favorable para la formación de una microestructura fina, y es ventajoso para asegurar la resistencia y garantizar la dureza al impacto. En detalle, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, se requiere la adición de Nb para obtener de forma estable la homogeneización de la microestructura y una microestructura fina durante el laminado de normalización.

El contenido de Nb se determina por la cantidad de Nb disuelta por la temperatura y el tiempo en un proceso de recalentamiento de planchas para laminado, pero no es preferente que su contenido supere el 0,05% porque el contenido supera el intervalo de fusión. Por otro lado, si el contenido de Nb es inferior al 0,005%, la cantidad de precipitación es insuficiente y puede que no se obtenga el efecto mencionado anteriormente, lo cual no es preferente.

Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el contenido de Nb se controla para que esté dentro de un intervalo de 0,005% a 0,05%.

V: De 0,005% a 0,07%

El vanadio (V) es un elemento favorable para asegurar la resistencia del acero. En detalle, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, dado que el contenido de C está limitado para asegurar la dureza al impacto del acero y el contenido de Mn está limitado para controlar una influencia de la segregación, la resistencia insuficiente del acero debido a la limitación de C y Mn se puede asegurar por medio de la adición de V. Además, el efecto mencionado de V se exhibe en una región de baja temperatura, y por lo tanto, hay un efecto de reducción de

la carga de laminado.

Por otro lado, si el contenido de V es superior al 0,07%, la fragilidad se puede ver afectada debido a un precipitado. Si el contenido de V es inferior al 0,005%, la cantidad de precipitación puede ser insuficiente y no se puede obtener el efecto antes mencionado.

- 5 Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el contenido de V se controla para que esté dentro de 0,005% a 0,07%.

- 10 Por otra parte, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, para mejorar aún más las propiedades de una placa de acero de gran espesor que satisface la composición de aleación mencionada anteriormente, uno o más de níquel (Ni) y cromo (Cr) pueden estar contenidos además en una cantidad de 0,5% o menos, respectivamente, y el Ti está contenido además en una cantidad de 0,005% a 0,035%.

El níquel (Ni) y el cromo (Cr) se pueden añadir para asegurar la resistencia del acero, y se pueden añadir en una cantidad de 0,5% o menos en consideración a la limitación de los elementos esenciales y un equivalente de carbono.

- 15 El titanio (Ti) se combina con el nitrógeno para formar un precipitado, para de ese modo controlar la formación excesiva de precipitados por el Nb y el V, y en detalle, suprimir el deterioro de la calidad de la superficie que puede ocurrir durante la producción de una plancha de colada continua.

Para obtener el efecto mencionado, el Ti se añade en una cantidad del 0,005% o más, pero si el contenido del mismo es excesivamente superior al 0,035%, los precipitados se forman excesivamente en los límites del grano, lo que puede deteriorar las propiedades del acero.

- 20 El elemento restante en la realización de la presente divulgación es el hierro (Fe). Por otra parte, en un proceso ordinario de fabricación, se pueden incorporar inevitablemente impurezas no previstas procedentes de una materia prima o de un entorno circundante, que no se pueden excluir. Estas impurezas son conocidas por los expertos en el campo de la fabricación y, por lo tanto, no se mencionan específicamente en esta memoria descriptiva.

- 25 La placa de acero de gran espesor de acuerdo con una realización de la presente divulgación que satisface la composición de aleación descrita anteriormente incluye una estructura mixta de ferrita y perlita como una microestructura de la misma.

Más detalladamente, de acuerdo con una realización, del 85 al 95% de ferrita y del 5 al 15% de perlita están incluidos en una fracción de área, para de este modo obtener la resistencia y la dureza al impacto requeridas.

- 30 Si la fracción de la ferrita es excesiva y, por tanto, la fracción de la perlita es relativamente baja, es difícil asegurar la resistencia del acero de forma estable. Por otro lado, si la fracción de perlita es excesiva, la resistencia y la resistencia del acero pueden disminuir.

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el tamaño de grano de la ferrita es de 7,5 o más en el número de tamaño de grano ASTM en la estructura mixta de ferrita y perlita.

- 35 Si el tamaño de grano de la ferrita es inferior al número de tamaño de grano ASTM de 7,5, los granos gruesos se pueden mezclar y la resistencia uniforme del nivel objetivo puede no estar asegurada.

Como se ha descrito anteriormente, la placa de acero de gran espesor de acuerdo con una realización de la presente divulgación, que satisface tanto la composición de la aleación como la microestructura, tiene una dureza al impacto de 300J o superior a -60 °C, lo que puede garantizar una excelente dureza al impacto criogénico. Además, se puede asegurar la resistencia necesaria.

- 40 La placa de acero de acuerdo con una realización puede tener un espesor de 5 mmt y más, en detalle, de 5 a 100 mmt.

A continuación, se describirá en detalle un procedimiento de fabricación de una placa de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza criogénica de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

- 45 Brevemente, una placa de acero de gran espesor de acuerdo con una realización se puede producir a través del proceso de [recalentamiento de planchas de acero laminado en caliente-enfriamiento], y las condiciones para los respectivos pasos se describirán en detalle a continuación.

Recalentamiento

En primer lugar, se puede preparar una plancha de acero que satisfaga la composición de aleación descrita anteriormente para someterla a continuación a un recalentamiento a una temperatura de 1100 °C o superior.

- 50 El proceso de recalentamiento se lleva a cabo para obtener una microestructura fina mediante el uso de un

compuesto de niobio (Nb) formado durante la fundición. El proceso de recalentamiento se puede llevar a cabo a una temperatura de 1100 °C o superior para dispersar y precipitar finamente el Nb tras la redisolución.

Si la temperatura en el momento del recalentamiento es inferior a 1100 °C, es posible que la disolución no se produzca correctamente y que no se induzcan granos finos, y que no se garantice la resistencia en el acero final. Además, puede ser difícil controlar los granos por precipitados, y no se pueden obtener las propiedades deseadas.

Laminado en caliente

La plancha de acero recalentado se lamina en caliente de acuerdo con el procedimiento antes mencionado para producir una placa de acero laminada en caliente. El laminado en caliente de acabado se lleva a cabo dentro de un intervalo de temperatura de 850 a 910 °C.

Durante el laminado en caliente de acabado, la temperatura se limita a una región de tratamiento térmico de normalización ordinaria, que está entre 850 °C y 910 °C, para proporcionar una placa de acero de gran espesor con propiedades equivalentes o superiores a las del material de normalización existente sin llevar a cabo un tratamiento térmico de normalización por separado.

Si la temperatura es inferior a 850 °C durante el laminado en caliente de acabado, dado que el laminado se lleva a cabo en una región de temperatura de recristalización de la austenita o inferior, el efecto de normalización puede no obtenerse durante el laminado. Por otro lado, si la temperatura supera los 910 °C, los granos crecen y no se puede obtener una normalización estable.

Enfriamiento

La placa de acero laminada en caliente producida como se ha descrito anteriormente se puede enfriar a temperatura ambiente para preparar una placa de acero de gran espesor final. En este caso, al igual que la refrigeración, se puede llevar a cabo una refrigeración por aire.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, dado que el enfriamiento por aire se lleva a cabo en el enfriamiento de la lámina de acero laminada en caliente, no se requiere una instalación de enfriamiento separada, lo cual es económicamente ventajoso. Además, incluso cuando se lleva a cabo la refrigeración por aire, se pueden obtener todas las propiedades requeridas.

En adelante en la presente memoria, una realización de la presente divulgación se describirá con más detalle a modo de ejemplo. No obstante, se debe tener en cuenta que los siguientes ejemplos pretenden ilustrar la invención con más detalle y no limitar el alcance de la presente divulgación. El alcance de la presente divulgación viene determinado por las cuestiones expuestas en las reivindicaciones y las cuestiones que se deducen razonablemente de las mismas.

Modo para la invención

Ejemplo

Las planchas con las composiciones de aleación mostradas en la siguiente Tabla 1 se recalentaron a una temperatura de 1100 °C o superior y luego se sometieron a un laminado en caliente de acabado y a un enfriamiento en las condiciones mostradas en la Tabla 2 para preparar placas de acero finales.

En este caso, se preparó una placa de acero de gran espesor con un espesor de 20 mm y una lámina de acero de gran espesor con un espesor de 30 mm para el Acero de la Invención 1, y se preparó una lámina de acero de gran espesor con un espesor de 30 mm para los Aceros Comparativos 1 y 2, respectivamente.

Posteriormente, se observó la microestructura de cada placa de acero de gran espesor con un microscopio en un punto de espesor de 1/4t (donde t es el espesor (mm)), y se midieron las propiedades de impacto por medio de la prueba de impacto Charpy V-notch por temperatura. Los resultados respectivos se muestran en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 1

Clasificación	Composición de Aleación (% en peso)									
	C	Mn	Si	P	S	Nb	Ti	V	Ni	Cr
Acero de la Invención 1	0,080	1,55	0,39	0,010	0,002	0,024	0,010	0,046	0,001	0,001
Acero Comparativo 1	0,159	1,45	0,39	0,011	0,003	0,019	0,001	0,037	0,002	0,002
Acero Comparativo 2	0,165	1,50	0,40	0,011	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabla 2

Clasificación	Condiciones de Fabricación		Espesor	
	Laminado en Caliente de Acabado		Refrigeración	(mmt)
Acero de la Invención 1	880 °C		Refrigeración por aire	30 o 20
Acero Comparativo 1	880 °C		Refrigeración por aire	30
Acero Comparativo 2	880 °C		Refrigeración por aire	30

Tabla 3

Clasificación	Microestructura		Propiedades de Impacto (J)					
	Fase	Fracción F	0 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	-50 °C	-60 °C
Acero de la Invención 1	F+P	88%	400	402	395	399	398	398
Acero Comparativo 1	F+P	80%	310	320	295	50	22	20
Acero Comparativo 2	F+P	78%	250	190	70	40	20	20

(En la Tabla 3, el resto, excluido la fracción F, es P, donde F significa ferrita y P significa perlita)

- 5 Como se muestra en las Tablas 1 a 3, se puede confirmar que en los Aceros Comparativos 1 y 2 que tienen el mismo espesor (30 mmt) y que contienen C de no menos de 0,15%, las transiciones de impacto se producen en las proximidades de las regiones de -40 °C y -30 °C, respectivamente. Por otro lado, en el caso del Acero de la Invención 1, se puede confirmar que no se produce ninguna transición de impacto hasta -60 °C.

- 10 Por otra parte, a fin de confirmar un cambio en las propiedades debido al tratamiento térmico de normalización, se llevó a cabo un tratamiento térmico de normalización para el Acero de la Invención 1 (espesor 20 mmt, 30 mmt) y el Acero Comparativo 2 (30 mmt), a 880 °C durante una hora por pulgada de espesor, y se midieron las propiedades de tracción y la dureza al impacto (-20 °C) antes y después del tratamiento térmico. Se midió el tamaño de grano de la ferrita y los resultados se muestran en la Tabla 4.

- 15 En este caso, el ensayo de tracción se llevó a cabo mediante el uso de una pieza proporcional con un espesor total de $L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ (donde L_0 es la longitud de calibre original y S_0 es el área de la sección transversal original).

Tabla 4

Clasificación	Resistencia a la Fluencia (MPa)		Resistencia a la Tracción (MPa)		Dureza al Impacto (J)		Tamaño del Grano	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Acero de la Invención 1 (30 mmt)	408	395	492	492	399	397	8,5	8,5
Acero de la Invención 1 (20 mmt)	420	398	502	495	353	358	8,5	8,7
Acero Comparativo 2 (30 mmt)	387	345	527	482	184	231	7,2	7,0

Como se muestra en la Tabla 4, se puede confirmar que no hay diferencia en las propiedades del Acero de la Invención 1 antes y después del tratamiento térmico de normalización, independientemente del espesor.

- 20 Por otro lado, en el caso del Acero Comparativo 2, la dureza al impacto después del tratamiento térmico de normalización se mejoró, pero la resistencia a la tracción y la resistencia a la fluencia disminuyeron en aproximadamente 40 MPa incluso en el caso en que el espesor era de 30 mmt, y se puede confirmar que el nivel requerido en una realización de la presente divulgación no se satisfizo en absoluto.

- 25 A continuación, en el caso del Acero de la Invención 1 (30 mmt), se examinó la influencia de la temperatura de extracción en la resistencia en el momento de recalentar una plancha. En detalle, las planchas se recalentaron para satisfacer las respectivas temperaturas de extracción indicadas en la Tabla 5, y a continuación se procedió al laminado en caliente de acabado a 880 °C, seguida por un enfriamiento al aire hasta la temperatura ambiente para preparar las respectivas placas de acero de gran espesor.

- 30 A continuación, se evaluaron las propiedades de tracción de las respectivas láminas de acero mencionadas anteriormente.

Tabla 5

Propiedades de Tracción	1190 °C	1160 °C	1150 °C	1130 °C	1120 °C	1100 °C	1090 °C
Resistencia a la Fluencia (MPa)	416	416	411	406	408	398	383
Resistencia a la Tracción (MPa)	500	500	496	490	488	483	469

5 Como se muestra en la Tabla 5, se puede ver que a medida que la temperatura de extracción disminuye, la resistencia se reduce. En detalle, en el caso en que la temperatura de extracción es de 1090 °C, la resistencia se reduce aproximadamente 30 MPa, en comparación con el caso en que la temperatura de extracción es de 1190 °C.

A medida que se reduce la temperatura de extracción, se reduce el efecto de disolución del Nb, que afecta al refinamiento de la microestructura y similares, lo que provoca una disminución de la resistencia y del coeficiente de fluencia en condiciones de laminado similares.

Por lo tanto, la temperatura de extracción en el recalentamiento puede ser de 1100 °C o superior.

10

REIVINDICACIONES

1. Una placa de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico, que consiste en:

5 en peso, de 0,02% a 0,10% de carbono (C), de 0,6% a 1,7% de manganeso (Mn), 0,5% o menos y excluido el 0% de silicio (Si), 0,02% o menos de fósforo (P), 0,015% o menos de azufre (S), de 0,005% a 0,05% de niobio (Nb), de 0,005% a 0,07% de vanadio (V), de 0,005% a 0,035% en peso de titanio (Ti), opcionalmente al menos uno de los siguientes: no más del 0,5%, excluido el 0%, de níquel (Ni) y no más del 0,5%, excluido el 0%, de cromo (Cr) y un resto de hierro (Fe), y otras impurezas inevitables,

10 en el que la placa de acero de gran espesor tiene, por fracción de área, una estructura mixta de ferrita del 85 al 95% y perlita del 5 al 15%, como una microestructura, y

15 en el que un tamaño de grano de la ferrita es igual o superior a 7,5 del número de tamaño de grano ASTM, y en el que la placa de acero de gran espesor tiene una dureza al impacto medida de acuerdo con los 300J o más a -60 °C, medida de acuerdo con la descripción, y

en el que la placa de acero de gran espesor es un material normalizado.

2. Un procedimiento de fabricación de una placa de acero de gran espesor que tiene una excelente dureza al impacto criogénico, de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

20 recalentar una plancha de acero a una temperatura igual o superior a 1100 °C, la plancha de acero que consiste en, en peso, de 0,02% a 0,10% de carbono (C), de 0,6% a 1,7% de manganeso (Mn), 0,5% o menos y excluido el 0% de silicio (Si), 0,02% o menos de fósforo (P), 0,015% o menos de azufre (S), de 0,005% a 0,05% de niobio (Nb), de 0,005% a 0,07% de vanadio (V), de 0,005% a 0,035% en peso de titanio (Ti), opcionalmente al menos uno de los siguientes: no más del 0,5%, excluido el 0%, de níquel (Ni) y no más del 0,5%, excluido el 0%, de cromo (Cr) y un resto de hierro (Fe), y otras impurezas inevitables,

25 acabar de laminar en caliente la plancha de acero recalentado a una temperatura dentro de un intervalo de temperatura de normalización para producir una placa de acero laminada en caliente; y

enfriar con aire la placa de acero laminada en caliente hasta una temperatura ambiente después del laminado en caliente final, y en la que el intervalo de temperatura de normalización es de 850 °C a 910 °C.