

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 090**

51 Int. Cl.:

C21C 7/10 (2006.01)

C21D 8/04 (2006.01)

C21D 9/48 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/08 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

C22C 38/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2012 E 12708776 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2670870**

54 Título: **Proceso para la producción de acero de alta resistencia, y un acero producido por el mismo**

30 Prioridad:

31.01.2011 EP 11152816

13.04.2011 EP 11162332

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

24.02.2016

73 Titular/es:

TATA STEEL IJMUIDEN BV (100.0%)

Wenckebachstraat 1

1951 JZ Velsen-Noord, NL

72 Inventor/es:

RICHARDS, BERNARDUS JOHANNES;

SCHAAR, BENNO y

TIEKINK, WOUTER KAREL

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 561 090 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

Proceso para la producción de acero de alta resistencia, y un acero producido por el mismo

5 La presente invención se relaciona con un proceso para producir un acero de alta resistencia y con el acero producido de ese modo.

10 Los aceros de alta resistencia generalmente dependen del carbono en uno o más mecanismos de reforzamiento. Estos mecanismos varían desde la formación de perlita para aumentar la resistencia, hasta la transformación del carbono que contiene austenita, en martensita o bainita, por ejemplo en un tratamiento térmico o aceros de carbono, o el tratamiento termomecánico de fase dual, TRIP, aceros de fase compleja, aceros de bainítica o martensítica, o hasta la formación de precipitados de carburo muy finos en aceros HSLA que resulta posiblemente además en una microestructura muy fina como resultado de un laminado termomecánico.

15 Como el contenido de carbono aumenta, el acero tiene la capacidad de hacerse más duro y más fuerte por medio del tratamiento térmico, pero esto además lo hace menos dúctil. Independientemente del tratamiento térmico, un contenido de carbono superior reduce la soldabilidad. La soldadura de aceros que derivan su resistencia de un producto de transformación tal como aceros de fase dual y TRIP puede ser complicado ya que la entrada de calor a partir del proceso de soldadura puede destruir la resistencia del acero.

20 EP0556834 se relaciona con un método de producción de una lámina de acero de alta resistencia que exhibe buena operabilidad y que puede conformarse en una lata que tiene alta resistencia al estiramiento con empuñadura minimizada. Las propiedades se logran al minimizar el contenido de aluminio necesario para desoxigenar y el aluminio en solución sólida mediante mantenimiento del oxígeno en un nivel bajo.

25 Es un objeto de la invención proporcionar un proceso alternativo para la producción de un acero de alta resistencia.

De acuerdo con el primer aspecto se proporciona un proceso para la producción de un acero de alta resistencia, dicho proceso comprende:

30 - producir un fundido de acero desgasificado al vacío en una etapa de fabricación de acero que comprende un tratamiento en cuchara de colada que comprende, en peso,

- 35 ◦ como máximo 0,02 % de carbono,
- como máximo 0,003 % de silicio,
- como máximo 0,010 % de nitrógeno,
- como máximo 0,10 % de fósforo,
- como máximo 0,020 % de azufre,
- 40 ◦ al menos 0,15 % de manganeso,
- como máximo 0,0045 % de boro,
- como máximo 0,03 % de titanio,
- como máximo 0,1 % de niobio,
- como máximo 0,2 % de vanadio,
- 45 ◦ como máximo 3 % de cromo,
- como máximo 6 % de níquel,
- como máximo 1,5 % de molibdeno,
- como máximo 0,005 % de calcio,
- como máximo 0,006 % de circonio,
- como máximo 0,005 % de bario,
- 50 ◦ como máximo 0,005 % de estroncio,
- como máximo 0,05 % en total de elementos de tierras raras,
- y hierro en equilibrio e impurezas inevitables,

55 - en donde un contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada del fundido se obtiene mediante medición del contenido real de oxígeno del fundido seguido por la adición de una cantidad adecuada de aluminio y/o circonio en una forma adecuada con el fundido para unir oxígeno en donde el contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada es como máximo 100 ppm;

60 - añadir un segundo desoxidante, después que la actividad del oxígeno al final del tratamiento en cuchara de colada se alcanza como máximo de 100 ppm, para crear partículas finas y hacer descender el oxígeno disuelto en el acero en la cuchara de colada hasta 10 ppm o inferior, en donde el segundo desoxidante es uno o más de Zr, Ca, Ba, Sr, Ti, Cr y Si;

- colar el acero así producido en un proceso de colada continua para formar una plancha o fleje;

65

en donde dicho proceso proporciona una plancha, fleje o lámina de acero al carbono ultra bajo que comprende como máximo 0,002 % de aluminio soluble en ácido y como máximo 0,004 % de silicio y un contenido total de oxígeno de como máximo 150 ppm.

5 Con el proceso de acuerdo con la invención una plancha o fleje de acero puede producirse que tenga límites de grano muy limpios. Como resultado, la temperatura de recristalización del acero es mucho más baja que los aceros de carbono ultra bajo convencionales. Este fenómeno se atribuye a los niveles extremadamente bajos de silicio y de aluminio soluble en ácido en el fleje o lámina final de acero y la presencia de partículas finamente dispersas de manganeso y/o óxido de hierro. Como resultado de la baja temperatura de recristalización del acero las temperaturas de recocido pueden reducirse igualmente, lo que conduce a un proceso más económico, así como también una tendencia reducida para el crecimiento del grano en el producto. Las temperaturas de recocido reducidas además evitan la adherencia en los procesos de recocido por lotes y reducen el riesgo de ruptura en el recocido continuo. Una ventaja adicional de los límites de grano muy limpios es la susceptibilidad fuertemente reducida a la corrosión en los límites de grano. Esto es especialmente relevante para la aplicación del acero en la producción de las cajas de baterías. Los sistemas de revestimiento usados en la producción de baterías pueden ser más delgados (por ejemplo, capas de revestimiento más delgadas o menos capas de revestimiento) cuando se usa un sustrato con una mejor resistencia a la corrosión. Para producir un acero laminado en frío suave a partir de la plancha o fleje, el contenido de fósforo debería seleccionarse para ser no mayor que 0,025 % en peso, preferentemente como máximo 0,020 %. Un máximo adecuado para el silicio es 0,003 %. El contenido de manganeso es al menos 0,15 % para alcanzar un aumento mínimo de resistencia causado por ODS. Un valor mínimo preferible es 0,3 % donde el aumento de resistencia llega a ser significativa. El contenido máximo no se limita técnicamente, sólo económicamente. Un valor máximo adecuado para el contenido de manganeso es de 4 %, pero preferentemente el contenido de manganeso no excede el 3 %.

25 La diferencia esencial con el proceso convencional para la producción de una plancha o fleje de acero al carbono ultra bajo es que el tratamiento en cuchara de colada del fundido durante la etapa de desgasificado al vacío, por ejemplo en un proceso RH, no se dirige a una eliminación del oxígeno mediante agotamiento de este por la adición de exceso de aluminio para formar partículas de alúmina, sino un proceso en donde el contenido de oxígeno del fundido se monitoriza y controla, y se añade una cantidad dedicada de aluminio a fin de evitar la adición de un exceso de aluminio al fundido que estaría presente en el acero final como aluminio soluble en ácido (es decir, en forma de aluminio metálico, no como alúmina). Por lo tanto, no es un acero reposado de aluminio en el sentido de EN10130. La adición de la cantidad precisa de aluminio asegura que toda la alúmina formada en el tratamiento en cuchara de colada se elimina del fundido antes de la solidificación durante la colada continua, de modo que el acero resultante contiene casi ninguno o ningún óxido de aluminio, pero en su lugar contiene partículas muy pequeñas que se forman durante la solidificación en el molde. Estas partículas se cree que son de las de tipos ricas en MnO-MnS. En el molde se crean nanopartículas muy pequeñas y también en la plancha y se cree que estas son partículas de Fe_xO_y combinadas con Mn_xO_y-S . La generación de estas nanopartículas que contienen óxido, conduce al llamado reforzamiento por óxidos dispersos (ODS). Además puede haber una contribución de las nanopartículas al aumento de la resistencia por un mecanismo de endurecimiento por precipitación. La desgasificación del acero fundido puede hacerse por cualquiera de los métodos convencionales tales como el método RH, el método RH-OB, o en un desgasificador de tanque al vacío. El contenido de oxígeno del acero líquido puede medirse mediante el uso de sensores de oxígeno desechables para medir la actividad de oxígeno del fundido.

45 En lugar de añadir aluminio para reducir la actividad de oxígeno en la ventana requerida en el tratamiento en cuchara de colada, cualquier otro desoxidante puede usarse que puede llegar a esta ventana, es decir, actividad de oxígeno de 10 y 100 ppm a aproximadamente 1600 °C, por ejemplo, Ti, Zr, Ca, Sr, Ba etc.

50 La ausencia de aluminio metálico impide la formación de precipitados aluminio-nitruro en las etapas posteriores del proceso y por lo tanto proporciona límites de grano limpios. Por otra parte, la ausencia de AlN además evita muchos problemas asociados con las características de disolución y precipitación de AlN en el proceso de laminado en caliente tales como la falta de homogeneidad de la microestructura y propiedades en toda la longitud y ancho del fleje, como resultado de la diferencia de trayectoria térmica de diferentes posiciones del fleje laminado en caliente en forma de espiral. No hay necesidad de disolver el AlN en el horno de recalentamiento de una instalación de laminación en caliente, así que puede usarse una temperatura del horno más baja, ni hay necesidad de usar una alta temperatura de bobinado para permitir que el AlN precipite en la bobina. Esto a su vez conduce a una capacidad de decapado mejorada. La química de las planchas o flejes resulta en la formación de óxidos finamente dispersos, que comprenden sobre todo óxidos de manganeso. De estas inclusiones, las inclusiones de tamaño relativamente grande actúan como núcleos para la recristalización durante el recocido de acero laminado en frío, mientras que las inclusiones de tamaño relativamente pequeño pueden actuar para convertirse en barreras apropiadas con respecto al engrosamiento del grano causado después de la recristalización para controlar de ese modo el tamaño de grano del acero.

60 El contenido de carbono del fundido de acero se limita preferentemente como máximo a 0,02 % porque cuando se usa un contenido de carbono superior, el carbono forma monóxido de carbono en la etapa de fabricación durante la cual el acero se funde, y ese CO a su vez se queda como defectos de sopladura en el acero solidificado. Además, el efecto de ebullición puede causar problemas de funcionamiento durante la colada. Cabe señalar que el silicio en el acero solidificado puede estar presente como óxido de silicio y/o como silicio metálico. Con mayor preferencia el contenido de

carbono se limita a 0,008 %. Aún con mayor preferencia el contenido de carbono se limita a como máximo 0,0045 % (es decir 45 ppm).

5 En una modalidad el fundido de acero comprende 0,002 % de carbono y/o como máximo 0,003 % de silicio y/o la plancha, fleje o lámina comprende un contenido total de oxígeno de como máximo 100 ppm.

Durante la colada muy poco y preferentemente ningún Al se deja en el acero, y como consecuencia la recogida de Si, que normalmente ocurre de acuerdo con la siguiente reacción $Al_{\text{acero}} + SiO_2 \rightarrow Al_2O_3 + Si_{\text{acero}}$ no ocurre debido al bajo contenido de Al.

10 Un proceso convencional para la producción de un fleje o lámina de acero al carbono ultra bajo reposado de aluminio resulta en una actividad de oxígeno o contenido de oxígeno disuelto al final del tratamiento en cuchara de colada del fundido, es decir, inmediatamente antes de la colada, de aproximadamente 3 a 5 ppm. En el proceso de acuerdo con la invención, el contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada del fundido es preferentemente al menos 10, o aún con mayor preferencia 20 ppm. Un contenido específico de oxígeno máximo preferible del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada es 100, o aún con mayor preferencia 80 ppm. Cabe señalar que el contenido de oxígeno del fundido puede aumentar durante el tiempo entre el final del tratamiento en cuchara de colada y la etapa de colada. El contenido total de oxígeno de la plancha o fleje puede por lo tanto ser como máximo 150 ppm, preferentemente como máximo 120 y aún con mayor preferencia como máximo 100 ppm. El contenido total de oxígeno comprende óxidos, así como también oxígeno en solución.

25 En una modalidad el contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada del fundido es de al menos 10 ppm. Estos valores mínimos aseguran que suficientes óxidos de manganeso se formen. Para evitar demasiados óxidos grandes y para evitar formación de CO con exceso, es preferible que el contenido específico de oxígeno sea como máximo 100 ppm. Los inventores encontraron que un contenido específico de oxígeno al final del tratamiento en cuchara de colada entre 10 y 70, proporcionó un buen compromiso. Un valor máximo más preferible es como máximo 60 ppm o aun como máximo 40 ppm. Un contenido específico de oxígeno mínimo adecuado del fundido al final del tratamiento en cuchara del fundido es de al menos 20 ppm. Se cree que el contenido de oxígeno relativamente alto del fundido acero antes de la colada resulta en una baja viscosidad como resultado del alto potencial de oxígeno del fundido.

35 Al dirigir el proceso en el contenido de oxígeno, más que en el contenido de aluminio, la cantidad de aluminio soluble en ácido y la cantidad de silicio es tan bajo como sea posible. Se prefiere que el fleje o lámina de acero al carbono ultra bajo producido de acuerdo con la invención comprenda como máximo 0,001 % o aun como máximo 0,0005 % de aluminio soluble en ácido y/o como máximo 0,003 % o aún 0,002 % de silicio. Aún más preferible el contenido de silicio es como máximo 0,001 %. Idealmente, no hay aluminio soluble en ácido ni silicio en el acero solidificado.

40 Este proceso produce una plancha o fleje adecuados para producir una alta resistencia. En dependencia de las adiciones de elementos de aleación, las propiedades mecánicas del acero así producido pueden ajustarse a la medida.

45 Sin óxidos dispersos, se forman granos normales de ferrita poligonal durante el enfriamiento a partir de la región de austenita tal como en la mesa transportadora de una instalación de laminación en caliente o después de un tratamiento de recocido a alta temperatura. En la presencia de óxidos finamente dispersos tal como en el acero según la invención, los óxidos actúan como sitios de nucleación para la formación de ferrita que conduce a ferrita acicular y/o ferrita poligonal intragranular. Esta microestructura muestra una resistencia significativamente superior que la microestructura que consiste en granos de ferrita poligonales normales. Este efecto además se produce durante el enfriamiento después de la soldadura, y por lo tanto el material a soldar junto conserva más fácilmente su resistencia.

50 El efecto de la ferrita acicular puede mejorarse mediante la adición de elementos tales como Ti, Nb y V. Además de los efectos conocidos de endurecimiento por precipitación y retraso de la transformación de fase, estos elementos crearán óxidos adicionales durante la solidificación en el molde y la plancha. Estos óxidos son pequeños y estables. Ti, Nb y V usan en parte los óxidos MnO (en el intervalo de 0,5 a 1,2 μ m) como una superficie para desarrollar durante la solidificación en el molde, lo que cambia así la superficie del óxido del MnO original en una superficie que se adapta muy bien por el efecto de la ferrita acicular en la plancha y la instalación de laminado en caliente.

55 Otra forma de hacer la ferrita acicular es hacer pasar pequeños núcleos en el fundido líquido antes de que el acero entre en la artesa o añadir los núcleos en la artesa. Esto no se hace mediante la adición de óxidos sino por la adición de un "desoxidante" que se conoce por no crear agrupaciones: por ejemplo Zr, Ca, Ba, Sr, Ti, Cr, y/o Si. La agrupación de óxidos flotará fuera del acero y hará el proceso inestable con respecto a las propiedades del acero (por ejemplo la formación de agrupaciones de alúmina debe evitarse). Los núcleos actuarán como un promotor del crecimiento de partículas durante la colada y solidificación posteriores en 0,5 – 1,2 μ m de tamaño de partículas, que puede exhibir excelentes propiedades de ferrita acicular por ejemplo, cuando se usó Ba como agente creador de núcleos. El calcio, Ba o Sr, que son un vapor a las temperaturas de fabricación del acero, pueden inyectarse por alambre tubular o por lanza y los óxidos que se forman están en el tamaño de 0,1 a 1,2 μ m, pero pueden crearse óxidos finos (<100 nm) también en esta operación.

Después de la solidificación, la mayoría del oxígeno total está en la forma de óxidos en el intervalo de 0,6 a 1,2 μm , que tienen composiciones que varían de MO/Mn-O-S (M = desoxidante). El contenido de azufre en el acero es preferentemente como máximo 120 ppm, pero puede ser tan bajo como 30 o incluso 20 ppm para crear óxidos más puros por encima de oxisulfuros durante la colada y la solidificación). El desoxidante se añade en el acero líquido, preferentemente en un RH (-OB) donde el oxígeno puede ajustarse fácilmente al nivel requerido y puede añadirse Ca, Ba o Sr en el recipiente de RH con alta precisión o puede añadirse en la lanza (lanza "KTB"), pero una estación de agitación simple o un horno cuchara puede usarse también mediante el uso de una lanza o alambre tubular como técnica de inyección. Podría ser incluso posible hacer la operación completa en una artesa pero el humo, impurezas y vapores pueden crear problemas de salud en el área de la artesa del fundidor, por lo que este método no es preferible.

El Cr puede actuar como un creador de óxido (ODS), pero no ayuda mucho en el efecto de microaleación en la resistencia ($\text{Cr} < 0,2\%$ en peso). El Zr y Ti tiene un efecto muy fuerte de óxido, y el control de oxígeno (control de la actividad de oxígeno = oxígeno disuelto) en la artesa, que se fija usualmente durante el tratamiento en cuchara de colada, necesita controlarse dentro de límites estrictos (para Ti entre 15 y 60 ppm de actividad de O, para Zr entre 5 y 25 ppm de actividad de O). Ti y Zr además crean algunas propiedades de microaleación de C y N porque las trazas permanecen disueltas en el acero. El boro puede usarse cuando sea necesario, pero casi no exhibirá efectos de ODS como tiene prioridad la formación de nitruros (BN).

En una modalidad, se añade un segundo desoxidante después que la actividad de oxígeno al final del tratamiento en cuchara de colada se establece en el valor requerido; este nuevo desoxidante crea partículas finas y, en algunos casos, una pequeña cantidad de agrupaciones, que flotarán del acero a la escoria: nuevos desoxidantes tales como Zr, Ce, Ti, Ba e incluso Si pueden usarse para llevar el oxígeno disuelto a 10 ppm o incluso inferior (por ejemplo, para los contenidos de Zr de 50 ppm o inferior, la actividad de oxígeno requerida será en algunos casos de 3 ppm o inferior en la instalación de tratamiento en cuchara de colada. Los óxidos finos que se formaron en el acero líquido no flotarán porque son demasiado pequeños como para flotar y CexOy (en combinación con el CEO-s) tiene la ventaja de la densidad de inclusiones de alta densidad es aproximadamente 6 kg/l, lo que evitará la flotación de partículas de 1 μm de tamaño durante el tratamiento en cuchara de colada. El Zr creará óxidos ZrO y con una densidad de aproximadamente 4 a 5 kg/l y mostrará una tendencia inferior de flotación que, por ejemplo, la alúmina, titania o silicatos de sílice/manganeso. El Ba puede usarse además para crear las partículas de tamaño nanométrico, pero Ba exhibe una presión de vapor muy alta que se añade al acero en una manera estándar.

En una modalidad el segundo desoxidante se añade mediante la inyección de un alambre tubular bajo condiciones de alta agitación en una estación de agitación o tratamiento de horno cuchara. El fundido altamente agitado en combinación con la agitación adicional suministrada por la aleación de vaporización del alambre tubular creará circunstancias ideales para hacer partículas muy finas de tamaño nanométrico en aceros que contienen oxígeno.

Aunque el método de la invención puede realizarse muy bien en la colada de planchas de espesor convencional (espesor de la plancha generalmente entre 150 y 350 mm) un fundidor de planchas delgadas es la opción preferida para colar aceros de alta resistencia, debido a que la solidificación más rápida y la nivelación de temperatura después de la colada y antes de la laminación creará precipitados óptimos para la resistencia. Un tratamiento con calcio puede evitarse porque los aceros altos en oxígeno no necesitan ningún tipo de ayuda para evitar la obstrucción en un fundidor de planchas delgadas. Alternativamente un fundidor de flejes (espesor del fleje fundido $< 10\text{ mm}$) puede usarse y la ventaja es aquí la alta velocidad controlada de solidificación.

En una modalidad del proceso la plancha o fleje de acero comprende

- como máximo 5 ppm de B, o en donde el acero comprende entre 10 y 30 ppm de B y/o
- como máximo 0,002 % de carbono y/o
- entre 0,0012 y 0,0030 % de nitrógeno.

En una modalidad el proceso comprende laminar en caliente la plancha a una temperatura por encima de Ar_3 para obtener un fleje laminado en caliente.

En una modalidad el proceso comprende

- laminar en frío el fleje laminado en caliente con una reducción por laminado en frío de entre 40 y 96 % para obtener un fleje laminado en frío intermedio;
- recocer el fleje laminado en frío intermedio;
- opcionalmente someter el fleje laminado en frío intermedio a un segundo laminado en frío hasta un espesor final de la lámina;
- opcionalmente cortar el fleje en láminas o blancos;

La invención se ilustrará ahora por medio de ejemplos no limitativos. Se produjeron planchas fundidas continuamente de los grados de acero enumerados en la Tabla 1. La Tabla 1 proporciona dos composiciones suaves de ULC (con y sin B) que muestran un reforzamiento ODS de 50 a 100 MPa después de someterlo a una laminación en frío convencional y

ES 2 561 090 T3

tratamiento de recocido. La Tabla 2 muestra composición de acero de alta resistencia por composición en 1/1000 % en peso excepto C, Ca y N en ppm, composición en el molde, excepto Ot y Oact.

Tabla 1: Composición en 1/1000 % en peso excepto C, N y B en ppm, composición en el molde, excepto Ot, Oact_RH y Oact.

ID de	C	Mn	P	S	Si	Al	Al _{sol}	N	Cu	Cr	Nb	Ni	V	Mo	Sn	B	Ti	Oact_RH	Oact	Ot
1138	20	181	11	9	1	3	<1	19	23	20	0	18	0	1	3	15	1	23	70	75
1140	15	175	12	8	0	1	<1	18	22	23	0	20	1	3	3	0	1	12	35	55

Oact_RH: actividad de oxígeno después de la desgasificación al vacío
 Oact : actividad de oxígeno en la artesa
 Ot: contenido de oxígeno total de la plancha

Tabla 2 Composición de acero de alta resistencia por composición en 1/1000 % en peso excepto C, N y Ca en ppm, composición en molde, excepto Ot y Oact.

Muestra	C ppm	Mn	P	S	Si	Al tot	Al _{sol}	Cu	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Ti	N ppm	Ca ppm	Oact	Ot
A	25	1267	15	8	3	3	0	25	23	20	5	25	1	1	28	0	24	78
B	21	2512	14	7	2	2	0	23	22	24	3	2	75	2	67	1	21	74
C	28	1176	15	8	3	3	0	18	19	23	1	10	2	25	48	0	19	47
D	35	2967	18	9	5	2	0	21	18	21	0	32	75	8	74	1	29	38
E	18	826	13	9	0	3	0	19	72	20	1	14	1	1	21	0	46	51
F	31	1245	26	8	2	2	0	24	26	18	1	31	2	1	35	26	23	62
G	32	1184	14	8	2	1	0 Zr = 0,0021	28	27	21	0	74	62	1	68	16	12	41
H	23	523	74	8	1	2	0	24	25	19	0	42	1	2	28	0	41	65
12713	30	524	3	4	4	3	0	7	30	13	5	1	1	1	19	1	41	65

Oact: actividad del oxígeno en la artesa
 Ot: contenido total de oxígeno de la plancha

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la producción de acero de alta resistencia dicho proceso que comprende:
- 5 - producir un fundido desgasificado al vacío en una etapa de fabricación de acero que comprende un tratamiento en cuchara de colada que comprende, en peso,
- como máximo 0,02 % de carbono,
 - como máximo 0,003 % de silicio
 - como máximo 0,010 % de nitrógeno,
 - 10 ◦ como máximo 0,10 % de fósforo,
 - como máximo 0,020 % de azufre,
 - al menos 0,15 % y como máximo 4 % de manganeso,
 - como máximo 0,0045 % de boro,
 - como máximo 0,03 % de titanio,
 - 15 ◦ como máximo 0,1 % de niobio,
 - como máximo 0,2% de vanadio,
 - como máximo 3 % de cromo,
 - como máximo 6 % de níquel,
 - como máximo 1,5 % de molibdeno,
 - 20 ◦ como máximo 0,005 % de calcio,
 - como máximo 0,006 % de zirconio,
 - como máximo 0,005 % de bario,
 - como máximo 0,005 % de estroncio,
 - como máximo 0,05 % en total de elementos de tierras raras, tal como el cerio,
 - 25 ◦ y hierro en equilibrio e impurezas inevitables,
- en donde un contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada se obtiene al medir el contenido de oxígeno real del fundido seguido por adición de una cantidad adecuada de aluminio y/o circonio en una forma adecuada para el fundido para unir oxígeno en donde el contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada es como máximo 100 ppm;
- 30 - añadir un segundo desoxidante, después que la actividad de oxígeno al final del tratamiento en cuchara de colada se alcanza como máximo de 100 ppm, para crear partículas finas y hacer descender el oxígeno disuelto en el acero en la cuchara hasta 10 ppm o inferior, en donde el segundo desoxidante es uno o más de Zr, Ca, Ba, Sr, Ti, Cr y Si;
- 35 - colar el acero así producido en un proceso de colada continua para formar una plancha o fleje;
- en donde dicho proceso proporciona una plancha, fleje o lámina de acero al carbono ultra bajo que comprende como máximo 0,002 % de aluminio soluble en ácido y como máximo 0,004 % de silicio y un contenido total de oxígeno de como máximo 150 ppm.
- 40
2. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde la plancha o fleje de acero comprende
- 45 - como máximo 0,008 % de carbono, preferentemente como máximo 0,0045 %.
3. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la plancha, fleje o lámina de acero comprende un contenido total de oxígeno de como máximo 100 ppm.
- 50
4. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado además porque, el contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada del fundido es al menos 10 ppm.
- 55
5. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde el contenido específico de oxígeno del fundido al final del tratamiento en cuchara de colada del fundido es como máximo 70 ppm, preferentemente como máximo 60 ppm.
- 60
6. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde el proceso proporciona un fleje o lámina de acero al carbono ultra bajo que comprende como máximo 0,001 % de aluminio soluble en ácido y/o como máximo 0,002 % de silicio.
7. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde el acero comprende como máximo 3 % de manganeso.
- 65

ES 2 561 090 T3

8. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde la plancha o fleje de acero comprende
- 5
- como máximo 5 ppm de B, o en donde el acero comprende entre 10 y 30 ppm de B y/o
 - como máximo 0,002 % de carbono y/o
 - entre 0,0012 y 0,0030 % de nitrógeno.
9. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde la plancha de acero se funde en un fundidor de plancha delgada o un fundidor de flejes.
- 10
10. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde la plancha o fleje de acero comprende
- 15
- laminar en caliente la plancha a una temperatura por encima de Ar3 para obtener un fleje laminado en caliente;
11. Proceso de acuerdo con la reivindicación 10 en donde las partículas finamente dispersas actúan como sitios de nucleación para la formación de ferrita que conduce a ferrita acicular y/o ferrita poligonal intragranular en el fleje laminado en caliente.
- 20
12. Proceso de acuerdo con la reivindicación 11 en donde las partículas finamente dispersas 10 se seleccionan de Zr, Ca, Ba, Sr, Ti, Cr, y/o Si, y forman óxidos.
13. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 que comprende
- 25
- laminar en frío el fleje laminado en caliente con una reducción por laminado en frío de entre 40 y 96 % para obtener un fleje laminado en frío intermedio;
 - recocer el fleje laminado en frío intermedio;
 - opcionalmente someter el fleje laminado en frío intermedio a una segunda laminación en frío hasta un espesor final de la lámina;
 - opcionalmente cortar los flejes en láminas o blancos;
- 30