



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 348 023**

51 Int. Cl.:
C21C 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02738877 .6**

96 Fecha de presentación : **28.06.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1408125**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.04.2004**

54 Título: **Chapa fina de acero en carbono, pieza colada de acero bajo en carbono y método para la producción de las mismas.**

30 Prioridad: **28.06.2001 JP 2001-196724**
23.01.2002 JP 2002-14451
18.03.2002 JP 2002-74561
28.05.2002 JP 2002-153302

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.11.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.11.2010

73 Titular/es: **NIPPON STEEL CORPORATION**
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es: **Kimura, Yoshiaki;**
Ohashi, Wataru;
Sasai, Katsuhiro;
Matsumiya, Tooru y
Nakashima, Junji

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 348 023 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).

DESCRIPCIONCampo técnico

La presente invención se refiere a chapa fina de acero bajo en carbono y a un desbaste de acero bajo en carbono que tienen una capacidad de ser trabajados y una conformabilidad excelentes y en los que difícilmente se forman defectos de superficie, y a un procedimiento para producirlos.

Además, el término "bajo en carbono" no define en particular en la presente invención un límite superior de una concentración de carbono, sino que significa que la concentración de carbono es relativamente baja en comparación con otros tipos de acero. Además, a causa de que una chapa fina de acero se usa para aplicaciones en las que se ha sometido en la conformación a una deformación particularmente fuerte, por ejemplo, chapas exteriores de automóviles, la chapa fina de acero debe tener capacidad de ser trabajada. Por tanto, la concentración de carbono debe ser de hasta 0,05% en masa, preferiblemente de hasta 0,01% en masa. El límite inferior de la concentración no está definido particularmente.

Técnica antecedente

Un acero fundido que ha sido refinado en un convertidor o un recipiente de tratamiento en vacío contiene una gran cantidad de oxígeno disuelto. Generalmente, el oxígeno en exceso se desoxida con aluminio, que es un elemento desoxidante que tiene una fuerte afinidad por el oxígeno. Sin embargo, por la desoxidación, el Al forma inclusiones de Al_2O_3 y las inclusiones se agregan para formar cúmulos groseros de alúmina, cada uno de ellos de un tamaño de como mínimo varios cientos de micrómetros. Los cúmulos de alúmina causan la generación de defectos superficiales durante la producción de la chapa fina de acero y deterioran en gran medida la calidad de la chapa fina de acero. En particular, para un acero fundido de bajo contenido de carbono como

material para una chapa fina de acero que tiene una concentración baja de carbono y, después del refino, una concentración alta de oxígeno disuelto, la cantidad de cúmulos de alúmina es muy grande. La proporción de los defectos superficiales generados en una chapa fina de acero producida con tal acero es extremadamente alta y es un problema importante a resolver el desarrollo de medidas para disminuir las inclusiones de Al_2O_3 .

Con el fin de disminuir las inclusiones de Al_2O_3 , hasta el momento se han propuesto y llevado a la práctica los procedimientos siguientes: un procedimiento descrito en la Publicación de Patente Japonesa no Examinada (Kokai) n°. 5-104219, que comprende añadir fundente para adsorber inclusiones en una superficie de acero fundido para eliminar inclusiones de Al_2O_3 ; y un procedimiento descrito en la Publicación de Patente Japonesa no Examinada (Kokai) n°. 63-149057, que comprende añadir fundente de CaO a un acero fundido con el chorro de vertido del acero fundido utilizado, con lo que se adsorben y eliminan las inclusiones de Al_2O_3 . Por otra parte, la Publicación de Patente Japonesa no Examinada (Kokai) n°. 5-302112 da a conocer, no como procedimiento para eliminar inclusiones de Al_2O_3 sino como procedimiento para que no se formen inclusiones de Al_2O_3 , un procedimiento para preparar un acero fundido para chapa fina de acero, que comprende desoxidar con Mg un acero fundido, no desoxidándose sustancialmente con Al el acero fundido.

Sin embargo, es muy difícil eliminar en gran cantidad inclusiones de Al_2O_3 formadas en un acero fundido bajo en carbono, por los procedimientos que se han explicado en lo anterior y de manera que no se formen defectos superficiales. A mayor abundamiento, cuando un acero fundido se desoxida con Mg no formándose inclusiones de Al_2O_3 , la presión de vapor del Mg es alta y el rendimiento de Mg en el acero fundido es muy bajo. Consecuentemente, se requiere una gran cantidad de Mg para desoxidar sólo con Mg

un acero fundido que tiene una concentración elevada de oxígeno disuelto, como es un acero bajo en carbono. Por tanto, no se puede decir que el procedimiento sea práctico cuando se toma en consideración el coste de producción.

5 La patente JP 11 323 426 no usa titanio y se refiere a un acero con un contenido de carbono de 0,05-0,20% en peso.

 A la vista de estos problemas, un objetivo de la presente invención es proporcionar una chapa fina de acero bajo en carbono y un desbaste de acero bajo en carbono en
10 el que se pueda evitar con seguridad la formación de defectos superficiales evitando la agregación de inclusiones en el acero fundido y dispersando finamente las inclusiones en la chapa fina o el desbaste de acero, y un procedimiento para producir la chapa fina y el desbaste de
15 acero.

Descripción de la invención

 La presente invención está definida por las reivindicaciones y se ha desarrollado para resolver los
20 problemas anteriores. Seguidamente se exponen aspectos de la invención:

(1) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque están dispersadas en ella inclusiones finas de óxido que tienen un
25 diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de inclusiones de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/cm².

(2) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque no menos de 60% en masa de
30 las inclusiones de óxido contienen como mínimo La y/o Ce.

(3) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque no menos de 60% en masa de
35 las inclusiones de óxido presentes en ella son inclusiones de óxido esféricas o de tipo de husillo que contienen como mínimo La y/o Ce.

- 5 (4) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque no menos de 60% en masa de laa inclusiones de óxido presentes en ella son inclusiones de óxido que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 .
- 10 (5) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en ella son inclusiones de óxido esféricas o de tipo de husillo que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 .
- 15 (6) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque están dispersadas en ella inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de inclusiones de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 y porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido contienen al
- 20 menos La y/o Ce.
- 25 (7) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque están dispersadas en ella inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de inclusiones de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 y porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido son inclusiones esféricas o del tipo de husillo que contienen al
- 30 menos La y/o Ce.
- 35 (8) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque están dispersadas en ella inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de inclusiones de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 y porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido son inclusiones

de óxido que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 .

5 (9) Una chapa fina de acero bajo en carbono caracterizada porque están dispersadas en ella inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de inclusiones de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 y porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido son inclusiones de óxido esféricas o de tipo de husillo que contienen no menos de 20% en masa de La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 .

10 (10) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque están dispersadas inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm en la capa superficial del desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm, siendo el número de inclusiones de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 .

20 (11) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en la capa superficial del desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm contienen al menos La y/o Ce.

25 (12) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en la capa superficial del desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm son inclusiones de óxido esféricas o del tipo de husillo que contienen al menos La y/o Ce.

30 (13) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en la capa

superficial del desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm son inclusiones de óxido que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 .

5 (14) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en la capa superficial del desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm son inclusiones de óxido
10 esféricas o de tipo de husillo que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 .

(15) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque en la capa superficial del
15 desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm están dispersadas inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de ellas de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 , y porque no menos de
20 60% en masa de las inclusiones de óxido contiene al menos La y/o Ce.

(16) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque en la capa superficial del
25 desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm están dispersadas inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de ellas de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 , y porque no menos de
30 60% en masa de las inclusiones de óxido son inclusiones esféricas o de tipo de husillo que contienen al menos La y/o Ce.

(17) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque en la capa superficial del
35 desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm están dispersadas inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm ,

5 siendo el número de ellas de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/cm², y porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido son inclusiones de óxido que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La₂O₃ y/o Ce₂O₃.

10 (18) Un desbaste de acero bajo en carbono caracterizado porque en la capa superficial del desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm están dispersadas inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 µm, siendo el número de ellas de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/cm², y porque no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido son inclusiones de óxido esféricas o de tipo de husillo que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La₂O₃ y/o Ce₂O₃.

15 (19) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; añadir al menos La y/o Ce para producir una concentración ajustada de oxígeno disuelto de 0,001 a 0,02% en masa; y colar el acero fundido.

20 (20) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; añadir Ti y al menos La y/o Ce; y colar el acero fundido.

25 (21) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; predesoxidar el acero fundido

añadiendo Al para producir una concentración de oxígeno disuelto de 0,01 a 0,04% en masa; añadir Ti y al menos La y/o Ce; y colar el acero fundido.

5 (22) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; predesoxidar el acero fundido
10 añadiendo Al y agitar el acero fundido durante al menos 3 minutos para producir una concentración de oxígeno disuelto de 0,01 a 0,04% en masa; añadir Ti en una cantidad de 0,003 a 0,4% en masa y al menos La y/o Ce en una
15 cantidad de 0,001 a 0,03% en masa; y colar el acero fundido.

(23) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido con un
20 aparato de desgasificación en vacío para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; añadir al menos La y/o Ce para producir una concentración ajustada de oxígeno disuelto de 0,001 a 0,02%; y colar el acero
25 fundido.

(24) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido con un
30 aparato de desgasificación en vacío para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; añadir Ti y al menos La y/o Ce; y colar el acero fundido.

(25) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las
35 etapas de: decarburar un acero fundido con un aparato de desgasificación en vacío para

5 producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; predesoxidar el acero fundido añadiendo Al para producir una concentración de oxígeno disuelto de 0,01 a 0,04% en masa; añadir Ti y al menos La y/o Ce; y colar el acero fundido.

10 (26) Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono, que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido con un aparato de desgasificación en vacío para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; predesoxidar el acero fundido añadiendo Al y agitar el acero fundido durante al menos 3 minutos para producir una 15 concentración de oxígeno disuelto de 0,01 a 0,04% en masa; añadir Ti en una cantidad de 0,003% a 0,4% en masa y al menos La y/o Ce en una cantidad de 0,001 a 0,03% en masa; y colar el acero fundido.

20 (27) El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones (19) a (26), en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuele en un molde que tiene una función de agitación electromagnética. 25

(28) El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones (19) a (26), en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuele usando un fundente de 30 molde que tiene una viscosidad no inferior a 4 poise a 1.300°C.

(29) El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones (19) a (26), en el que, durante la colada del acero fundido, 35

el acero fundido se cuela en un molde que tiene una función de agitación mecánica usando un fundente de molde que tiene una viscosidad no inferior a 4 poise a 1.300°C.

5 (30) El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones (19) a (26), en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuela por colada continua.

10 (31) El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones (19) a (26), en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuela por colada continua en un molde que tiene una función de agitación mecánica.

15 (32) El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones (19) a (26), en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuela por colada continua usando un fundente de molde que tiene una viscosidad no menor que 4 poise a 1.300°C.

20 (33) El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones (19) a (26), en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuela por colada continua en un molde que tiene una función de agitación electromagnética usando un fundente de molde que tiene una viscosidad no menor que 4 poise a 1.300°C.

Mejor modo de realizar la invención

35 Se explicará detalladamente La presente invención.

Un acero fundido decarburado con un convertidor y un recipiente de tratamiento en vacío contiene una gran cantidad de oxígeno disuelto. A causa de que la mayor parte del oxígeno disuelto usualmente disminuye por desoxidación con el Al añadido (reacción de acuerdo con la fórmula (1)), se forma también una gran cantidad de inclusiones de Al_2O_3 .



Estas inclusiones se agregan juntas inmediatamente después de la desoxidación para formar cúmulos groseros de alúmina, cada uno de ellos con un tamaño de varios cientos de micrómetros, para causar defectos superficiales durante la producción de una chapa fina de acero.

Con el fin de que no se formen cúmulos de alúmina, los presentes inventores han prestado atención a la eliminación de oxígeno disuelto por desoxidación del acero disuelto después de la decarburación con un agente de desoxidación que no es Al.

Los presentes inventores han ideado, como procedimiento de la invención, un procedimiento que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa por refinado del acero fundido con un horno de fabricación de acero tal como un convertidor o un horno eléctrico de fabricación de acero, y someter posteriormente el acero fundido a un proceso de desgasificación en vacío o similar; añadir al menos La y/o Ce para producir una concentración de oxígeno disuelto ajustada de 0,001 a 0,02% en masa; y colar el acero fundido. La frase "añadir al menos La y/o Ce" descrita aquí significa añadir La, añadir Ce o añadir ambos, La y Ce. La frase se usa seguidamente con el mismo significado. La idea fundamental de este procedimiento es dejar que quede oxígeno disuelto en cuantía tal que no tenga lugar la reacción de C con oxígeno para formar CO gas durante la colada y ajustar la energía superficial entre el acero fundido y las inclusiones por la acción del oxígeno disuelto de manera que se inhiba la

agregación de inclusiones y dispersando las inclusiones finas de La_2O_3 , inclusiones de Ce_2O_3 o inclusiones compuestas de La_2O_3 y Ce_2O_3 . Cuando se añade al menos La y/o Ce para permitir que quede oxígeno disuelto, no se forman
5 inclusiones en una cantidad que corresponde a la cantidad de oxígeno disuelto que queda.

Además, los presentes inventores han evaluado experimentalmente el comportamiento de agregación de inclusiones en un acero fundido variando la concentración
10 de oxígeno disuelto después de añadir al menos La y/o al acero fundido. Como resultado de ello han hecho los descubrimientos siguientes: incluso cuando se elimina sustancialmente el oxígeno disuelto por desoxidación con al menos La y/o Ce, se agregan difícilmente las inclusiones de
15 La_2O_3 , inclusiones de Ce_2O_3 o las inclusiones compuestas de La_2O_3 - Ce_2O_3 comparativamente con las inclusiones de tipo de alúmina; además, cuando la concentración de oxígeno disuelto se fija en 0,001% en masa o más, las inclusiones de La_2O_3 , las inclusiones de Ce_2O_3 o las inclusiones
20 compuestas de La_2O_3 - Ce_2O_3 se afinan al aumentar la concentración de oxígeno disuelto. Los anteriores fenómenos tienen lugar por las razones siguientes. Tanto el efecto de variar la composición de inclusiones del tipo de alúmina a inclusiones de La_2O_3 , inclusiones de Ce_2O_3 o inclusiones
25 compuestas de La_2O_3 - Ce_2O_3 como el efecto de aumentar la concentración de oxígeno disuelto en el acero fundido, rebajan significativamente la energía superficial entre las inclusiones y el acero fundido inhibiendo la agregación de inclusiones.

30 Cuando un acero fundido que contiene una gran cantidad de oxígeno disuelto se cuela después de la decarburación sin desoxidación, durante la solidificación se generan burbujas de CO rebajando marcadamente la colabilidad. Por tanto, se ha añadido convencionalmente un agente
35 desoxidante tal como Al a un acero fundido después de la decarburación para desoxidar el acero fundido en cuantía

tal que no quede sustancialmente oxígeno disuelto. Sin embargo, a causa de que un acero del que se requiere que tenga una alta capacidad de ser trabajado tiene una concentración baja de carbono, difícilmente tiene lugar una
5 reacción de formación de burbujas de CO según la fórmula (2)



durante la colada incluso aunque quede en alguna cuantía oxígeno disuelto en el acero fundido. El límite de la
10 concentración de oxígeno disuelto a la que no se generan burbujas de CO es de aproximadamente 0,006% en masa a una concentración de C de 0,04% en masa y de aproximadamente 0,01% en masa a una concentración de C de 0,01% en masa. Además, para un acero de ultrabajo carbono que tiene una
15 concentración aún más baja de C, no se generan burbujas de CO incluso aunque se deje oxígeno disuelto a una concentración de aproximadamente 0,015% en masa. Recientemente se ha equipado una máquina de colada continua con un aparato de agitación electromagnética dentro del
20 molde y no quedan atrapadas burbujas de CO en el desbaste a una concentración de oxígeno disuelto tan alta como, por ejemplo, 0,02% en masa cuando el acero fundido se agita durante la solidificación. Consecuentemente, se puede colar un acero fundido para chapa fina de acero que tiene una
25 concentración de C de hasta 0,01% en masa mientras se deja un contenido de oxígeno disuelto a una concentración de aproximadamente 0,02% en masa. Inversamente, cuando la concentración de oxígeno disuelto es superior a 0,02% en masa, incluso un acero fundido para chapa fina de acero
30 genera burbujas de CO.

Además, cuando se rebaja la concentración de oxígeno disuelto, la energía superficial entre un acero fundido y las inclusiones no se puede rebajar mucho. Como resultado de ello, incluso las inclusiones de La_2O_3 , las inclusiones
35 de Ce_2O_3 y las inclusiones compuestas de La_2O_3 - Ce_2O_3 se agregan gradualmente y las inclusiones se engrosan en

parte. El examen experimental concluye que se requiere al menos 0,001% en masa de oxígeno disuelto para evitar el engrosamiento de las inclusiones.

Consecuentemente, la concentración de oxígeno disuelto de un acero fundido, cuya concentración de carbono se ha fijado en 0,01% en masa o menos, se restringe a 0,001-0,02% en masa durante la adición de al menos Ce y/o La. Esto es, aunque la adición de al menos Ce y/o La es eficaz para afinar inclusiones, la adición de al menos Ce y/o La en gran cantidad rebaja marcadamente la concentración de oxígeno disuelto porque los elementos son agentes desoxidantes muy fuertes y se empeora el efecto de afino de la invención. Por tanto, se debe añadir al menos La y/o Ce en una cantidad tal que el oxígeno disuelto quede a una concentración de 0,001 a 0,02% en masa.

Seguidamente, los presentes inventores han desarrollado como otro aspecto de la invención un procedimiento que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de hasta 0,01% en masa de C refinando el acero fundido en un horno de producción de acero tal como un convertidor o un horno eléctrico, o sometiendo el acero fundido a un procedimiento de desgasificación en vacío o similar; añadir Ti y al menos La y/o Ce y colar el acero fundido.

Los presentes inventores han usado Al o Ti y al menos La y/o Ce en combinaciones adecuadas como agentes desoxidantes a añadir a aceros fundidos y han evaluado experimentalmente el comportamiento de agregación de estas inclusiones. Como resultado de ello, han descubierto lo siguiente: las inclusiones de Al_2O_3 , las inclusiones de TiO_n , las inclusiones compuestas de Al_2O_3 - La_2O_3 - Ce_2O_3 , las inclusiones compuestas de Al_2O_3 - La_2O_3 o las inclusiones compuestas de Al_2O_3 - Ce_2O_3 se agregan de forma relativamente fácil; a diferencia con las inclusiones anteriores, las inclusiones compuestas de TiO_n - La_2O_3 - Ce_2O_3 , las inclusiones compuestas de TiO_n - La_2O_3 o las inclusiones compuestas de

TiO_n-Ce₂O₃ se agregan difícilmente y están finamente dispersadas en los aceros fundidos. Los fenómenos anteriores se producen por las siguientes razones: la energía superficial entre un acero fundido y cualquiera de las inclusiones de TiO_n-La₂O₃-Ce₂O₃, TiO_n-La₂O₃ y TiO_n-Ce₂O₃ es mucho más baja comparativamente con la energía superficial entre un acero fundido y cualquiera de las inclusiones de Al₂O₃, TiO_n, Al₂O₃-La₂O₃-Ce₂O₃, Al₂O₃-La₂O₃ y Al₂O₃-Ce₂O₃, y se inhibe la agregación de las inclusiones. Sobre la base de estos descubrimientos, el oxígeno disuelto en un acero fundido disminuye por desoxidación con Ti, y se añade además al menos La y/o Ce para modificar las inclusiones de TiO_n en inclusiones compuestas de TiO_n-La₂O₃-Ce₂O₃, inclusiones compuestas de TiO_n-La₂O₃ o inclusiones compuestas de TiO_n-Ce₂O₃.

Como se ha descrito antes, las inclusiones se pueden dispersar finamente en un acero fundido modificando las inclusiones de óxido. Por tanto, la concentración de oxígeno disuelto en un acero fundido tras la adición de Ti y al menos La y/o Ce no está definida específicamente. Sin embargo, Ti, Ce y La son los tres agentes desoxidantes y la adición de los mismos a un acero fundido en gran cantidad rebaja mucho la concentración de oxígeno disuelto. Consecuentemente, se prefiere añadir Ti, Ce y La de manera que se produzca una concentración de oxígeno disuelto en el intervalo de 0,001 a 0,02% en masa porque se pueden lograr los efectos de rebajar la energía superficial del acero fundido y evitar la agregación de inclusiones.

Los presentes inventores han desarrollado además, como otro aspecto de la invención, un procedimiento que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa por refino del acero fundido en un horno para producir acero tal como un convertidor o un horno eléctrico, o sometiendo además el acero a un proceso de desgasificación en vacío o similar; predesoxidar el acero fundido añadiendo

Al para producir una concentración de oxígeno disuelto de 0,01 a 0,04% en masa; añadir Ti y al menos La y/o Ce, y colar el acero fundido.

5 A la vista del coste de producción, se considera un procedimiento más práctico. No se realiza la desoxidación completa con Al de un acero fundido después de la decarburación, sino que el acero fundido se predesoxida con Al de manera que quede oxígeno disuelto; se deja que floten las inclusiones de Al_2O_3 resultantes y se eliminan en un
10 período de tiempo corto en cuantía tal que las inclusiones no tengan efectos adversos, y el acero fundido se desoxida de nuevo con un elemento que no es Al. El procedimiento produce la mejora de la calidad de un producto de acero y la compatibiliza con la reducción del coste de producción.

15 Como se ha explicado antes, los presentes inventores han usado Al o Ti y al menos La y/o Ce en combinaciones adecuadas como agentes desoxidantes a añadir a aceros fundidos y han evaluado el comportamiento de agregación de estas inclusiones. Han alcanzado los resultados siguientes:
20 las inclusiones de Al_2O_3 , las inclusiones de TiO_n , las inclusiones compuestas de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, las inclusiones compuestas de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ o las inclusiones compuestas de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ se agregan de forma relativamente fácil; a diferencia con las inclusiones anteriores, las inclusiones
25 de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, las inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ o las inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$ se agregan difícilmente y están finamente dispersadas en los aceros fundidos. Los presentes inventores han sido capaces, sobre la base de los descubrimientos anteriores, de formar
30 inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ o inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$ que no contienen inclusiones de Al_2O_3 y dispersar las inclusiones en aceros fundidos por el procedimiento siguiente: en vez de desoxidar sólo con Ti un acero fundido
35 después de decarburar, el acero fundido se predesoxida primeramente con Al de manera que se elimine parte del

oxígeno fundido, y se deja que floten las inclusiones de Al_2O_3 , y se eliminan en un período de tiempo corto por agitación o un procedimiento similar en cuantía tal que las inclusiones de Al_2O_3 que quedan no ejerzan efectos adversos; el acero fundido se desoxida nuevamente con Ti, reduciéndose el oxígeno disuelto que queda; y se añade luego al menos La y/o Ce. De esta manera se pueden evitar con seguridad defectos superficiales en la chapa fina de acero evitando la formación de agregados de inclusiones en el acero fundido y dispersando finamente las inclusiones en la chapa fina de acero. No se define específicamente la concentración de las inclusiones de Al_2O_3 restantes tras la predesoxidación con Al que no ejerce efectos adversos en tanto se eviten los defectos superficiales de la chapa fina de acero. Sin embargo, usualmente, la concentración de inclusiones es, por ejemplo, de aproximadamente 50 ppm o menos.

A causa de que el La y el Ce tienen una capacidad de desoxidación muy alta en comparación con la del Ti, las inclusiones de TiO_n formadas después de añadir Ti se pueden modificar fácilmente en inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ o inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$ reduciendo las inclusiones de TiO_2 con una pequeña cantidad de Ce y/o La. Sin embargo, cuando la concentración de oxígeno disuelto tras la predesoxidación con Al supera el 0,04% en masa, después de añadir Ti se forma una gran cantidad de inclusiones de TiO_n . Como resultado, quedan inclusiones de TiO_n no modificadas aunque se añada La y/o Ce que tienden a formar cúmulos groseros de óxido de titanio. Por otra parte, cuando se aumenta la cantidad que se añade de Al para que disminuya la concentración de oxígeno disuelto después de la predesoxidación, se forma una gran cantidad de inclusiones de Al_2O_3 . Consecuentemente, con el fin de disminuir las inclusiones de Al_2O_3 que es probable que engrosen, se prefiere, en la medida posible, fijar una

concentración de oxígeno disuelto después de la desoxidación con Al de 0,01% en masa o más. Por tanto, en la presente invención, la concentración de oxígeno disuelto tras la predesoxidación con Al preferiblemente se ajusta a un intervalo de 0,01% a 0,04% en masa.

Además, Ti, Ce y La son agentes desoxidantes y su adición a un acero fundido en una gran cantidad disminuye mucho la concentración de oxígeno disuelto. Se prefiere añadir Ti, Ce y La para producir una concentración de oxígeno disuelto de 0,001 a 0,02% en masa porque se pueden alcanzar los efectos de rebajar la energía superficial del acero fundido y evitar la agregación de inclusiones.

Es deseable, además, no dejar que quede Al en el acero fundido con el fin de que no se formen inclusiones del tipo de alúmina que es probable que se agreguen. Sin embargo se puede dejar Al cuando la cantidad es pequeña. En este caso, se puede dejar que quede oxígeno disuelto en el acero fundido en una cantidad de como mínimo 0,001% en masa. De acuerdo con el cálculo termodinámico, la concentración de Al disuelto a 1.600°C sería de hasta 0,005% en masa.

Además, los presentes inventores han desarrollado, como un aspecto detallado de la invención, un procedimiento que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa mediante refinado del acero fundido en un horno de producción de acero tal como un convertidor o un horno eléctrico de fabricación de acero, o sometiendo el acero fundido a un proceso de desgasificación en vacío o similar; predesoxidar el acero fundido añadiendo Al al acero fundido y agitando el acero fundido durante al menos 3 minutos para obtener una concentración de oxígeno disuelto de 0,01 a 0,04% en masa; añadir al acero fundido Ti en una cantidad de 0,003 a 0,4% en masa y al menos La y/o Ce en una cantidad de 0,001 a 0,03% en masa, y colar el acero fundido.

El examen experimental ha aclarado que se puede dejar que flote la mayor parte de las inclusiones de Al_2O_3 y que se elimine fijando una concentración de oxígeno disuelto tras la adición de Al durante la predesoxidación de 0,01% en masa o más, y asegurando un tiempo de agitación de como

5 mínimo 3 minutos después de la adición de Al. En particular, cuando se emplea un aparato de desgasificación en vacío, comúnmente, el acero fundido circula como procedimiento de agitación después de la adición de Al.

10 Cuando el acero fundido se desoxida tras la predesoxidación añadiendo una pequeña cantidad de Ti, parte del oxígeno disuelto queda en el acero disuelto debido a la débil capacidad de desoxidación del Ti en comparación con el Al. Como se ha explicado antes, cuando la concentración

15 de oxígeno disuelto excede a 0,02% en masa en un acero fundido para chapas finas de acero que tienen una concentración de hasta 0,01% en masa, se generan burbujas de CO . Por tanto se debe añadir Ti al acero fundido para producir una concentración de oxígeno disuelto de hasta

20 0,02% en masa. El cálculo del equilibrio indica que la concentración de Ti es de como mínimo 0,003% en masa. Por otra parte, aunque el Ti es un agente desoxidante que tiene una capacidad de desoxidación relativamente débil, la adición de Ti al acero fundido en una cantidad grande

25 rebaja mucho la concentración de oxígeno disuelto en el acero fundido. Como resultado, incluso una adición posterior de al menos La y/o Ce difícilmente modifica las inclusiones del acero fundido en inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ o $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$. Por tanto, empeora

30 el efecto de afino de inclusiones de la invención. Por tanto, la concentración de Ti se debe fijar en 0,4% en masa o menos para que el oxígeno disuelto quede a una concentración de aproximadamente varias ppm. De la explicación anterior se puede concluir que, deseablemente,

35 la concentración de Ti se fija entre 0,003% en masa o más y 0,4% en masa.

La adición de al menos La y/o Ce es eficaz en el afino de inclusiones. Sin embargo, a causa de que el La y/o el Ce son fuertes agentes desoxidantes, reaccionan con los refractarios y el fundente del molde para contaminar el

5 acero fundido y deteriorar los refractarios y el fundente del molde. Por tanto, la cantidad a añadir de al menos La y/o Ce es como mínimo la cantidad necesaria para modificar las inclusiones de TiO_n así formadas y hasta una cantidad que no contamine el acero fundido por reacción de La y/o Ce

10 con los refractarios y el fundente del molde. Del examen experimental se concluye que el intervalo apropiado de la concentración de al menos La y/o Ce en el acero fundido es de como mínimo 0,001% en masa a 0,03% en masa. Además, no siempre se añaden La y/o Ce dentro de un aparato de

15 desgasificación en vacío y se pueden añadir al acero fundido después de añadir el Ti y antes de dejar que el acero fundido fluya al molde. Por ejemplo, se pueden añadir en una artesa. Además, se pueden añadir La y/o Ce usando La y/o Ce puros. También se pueden añadir en forma de una

20 aleación que contiene La y/o Ce, como puede ser mischmetal. Aun cuando se mezclen en el acero fundido otras impurezas en combinación con La y/o Ce, no se empeora el efecto de la presente invención siempre que la concentración total de La y/o Ce en la aleación sea de como mínimo 30% en masa.

25 Además, en el procedimiento anterior, el acero fundido se puede decarburar con un aparato de desgasificación en vacío.

Asimismo, el Ti, el Ce y el La son, todos ellos, agentes desoxidantes y su adición a un acero fundido en

30 gran cantidad disminuye mucho la concentración de oxígeno disuelto. Se prefiere añadir Ti, Ce y La para obtener una concentración de oxígeno disuelto de 0,001 a 0,02% en masa porque se pueden conseguir los efectos de rebajar la energía superficial del acero fundido y evitar la

35 agregación de inclusiones.

Cuando se cuela por colada continua un acero fundido de la presente invención, las inclusiones de La_2O_3 , las inclusiones de Ce_2O_3 , las inclusiones compuestas de La_2O_3 - Ce_2O_3 , las inclusiones compuestas de TiO_n - La_2O_3 , las inclusiones compuestas de TiO_n - Ce_2O_3 y las inclusiones compuestas de TiO_n - La_2O_3 - Ce_2O_3 se absorben en el fundente del molde a medida que transcurre el tiempo de colada y hay la posibilidad de que sea más baja la viscosidad del fundente del molde. La disminución de la viscosidad del fundente del molde promueve la inclusión del fundente y esta inclusión causa defectos debidos al fundente del molde. Por ello, cuando un acero fundido de la invención se ha de colar por colada continua, es eficaz diseñar antes una viscosidad del fundente del molde más alta teniendo en consideración la disminución de la viscosidad causada por la absorción de las inclusiones. Los resultados experimentales revelan que no se forman los defectos causados por el fundente del molde cuando la viscosidad del fundente del molde a 1300°C se ha fijado en 4 poise o más.

Además, el fundente del molde tiene la función de lubricar un movimiento entre el molde y el desbaste, no estando particularmente definido el límite superior de la viscosidad en tanto que no se empeore la función.

La presente invención se puede aplicar a la colada de lingotes y la colada continua. Para la colada continua, la presente invención se aplica no sólo a la colada continua de un desbaste ordinario que tiene un espesor de aproximadamente 250 mm, sino también a la colada continua de un desbaste delgado con una máquina de colada continua que tiene un molde menor, de por ejemplo 150 mm o menos, para poner de manifiesto efectos suficientes y obtener un desbaste que tiene muchísimos menos defectos superficiales.

Además, con los desbastes obtenidos por el procedimiento anterior se pueden producir chapas finas de acero mediante procedimientos convencionales tales como laminación en caliente y laminación en frío.

La evaluación del estado dispersado de las inclusiones en la capa superficial desde la superficie a una profundidad de 20 mm de un desbaste obtenido por el procedimiento de las presente invención ha dado los resultados siguientes: están dispersadas en esa zona dispersiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a 30 μm , siendo el número de inclusiones de no menos de 1.000 a 100.000 piezas/ cm^2 . Cuando las inclusiones están dispersadas como inclusiones finas de óxido según se ha explicado antes, se puede conseguir evitar defectos superficiales. El estado dispersado de las inclusiones se ha evaluado a partir de la distribución del tamaño de las partículas en una unidad de superficie observando con el microscopio óptico la superficie pulida de un desbaste o una chapa fina de acero a 100 aumentos y 1000 aumentos. El tamaño de partícula, esto es, el diámetro de una inclusión se obtiene midiendo los ejes mayor y menor y calculando con la fórmula

$$\text{tamaño de partícula (diámetro)} = (\text{eje mayor} \times \text{eje menor})^{1/2}$$

Los ejes mayor y menor usados aquí son los mismos usados para una elipse o similar.

Además, cuando no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en la capa superficial del desbaste desde la superficie a una profundidad de 20 mm contiene al menos La y/o Ce, se inhibe la agregación de inclusiones como se ha explicado antes y se logra el efecto de dispersar finamente las inclusiones.

Además, usualmente las inclusiones de óxido son esféricas o del tipo de husillo.

Además, cuando no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en la capa superficial de un desbaste desde la superficie a una profundidad de 20 mm son inclusiones de óxido que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce, preferiblemente no menos de 40% en

masa, más preferiblemente no menos de 55% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 , se produce el efecto de afino de las inclusiones como se ha explicado antes.

5 Además, las inclusiones de óxido usualmente son inclusiones de óxido esféricas o de tipo de husillo.

 A mayor abundamiento, los presentes inventores han prestado atención a la distribución de las inclusiones en la capa superficial desde la superficie a una profundidad
10 de 20 mm porque es muy posible que las inclusiones del intervalo indicado antes sean expuestas a la superficie después de la laminación y formen defectos superficiales.

 Además, una chapa fina de acero obtenida por deformación de un desbaste que tiene inclusiones de óxido
15 dispersadas de una composición y forma según se ha explicado antes, por ejemplo, una chapa fina obtenida por laminación en caliente, una chapa fina laminada en frío por laminación en frío de una chapa laminada en caliente y chapas finas similares, se definen en esta invención,
20 todas ellas, como chapa fina de acero.

 De la evaluación del estado dispersado de inclusiones en una chapa fina de acero se ha concluido que el estado dispersado es sustancialmente el mismo que el de inclusiones de óxido en la capa superficial de un desbaste
25 desde la superficie a una profundidad de 20 mm.

 Una chapa fina de acero obtenida por trabajado de un desbaste que tiene un estado dispersado, una composición y una forma de las inclusiones como se ha explicado antes, no tiene formados defectos superficiales. De los resultados
30 anteriores se deduce que, dado que con la presente invención se pueden dispersar finamente las inclusiones en un acero fundido, las inclusiones no causan la formación de defectos superficiales durante la producción de una chapa fina de acero y que se mejora mucho la calidad de una chapa
35 fina de acero.

Ejemplos

La presente invención se explicará haciendo referencia a ejemplos y ejemplos comparativos.

5 Ejemplo 1

Un acero fundido en la cantidad de 300 toneladas en un caldero, que se había refinado en un aparato de desgasificación en vacío del tipo de circulación obteniéndose una concentración de carbono de 0,003% en masa, se desoxidó con Ce de manera que la concentración de Ce fuera de 0,0002% en masa y una concentración de oxígeno disuelto de 0,0014% en masa. El acero fundido se coló por colada continua a desbaste de acero de un espesor de 250 mm y una anchura de 1.800 mm. El desbaste de acero se cortó para obtener desbastes de 8.500 mm de longitud (correspondiendo cada desbaste a una bobina). Cada desbaste así obtenido se laminó en caliente y en frío convencionalmente obteniéndose finalmente una bobina de 0,7 mm de espesor y anchura de 1.800 mm. Se examinó visualmente la chapa fina de acero laminada en frío en la línea de inspección tras la laminación en frío, y se evaluó la calidad del desbaste a partir del número de defectos superficiales formados por bobina. El resultado fue que no se encontraron defectos superficiales.

25

Ejemplo 2

Un acero fundido en la cantidad de 300 toneladas en un caldero, que se había refinado en convertidor y tratado en un aparato de desgasificación en vacío del tipo de circulación obteniéndose una concentración de carbono de 0,003% en masa, se desoxidó con Ti y Ce de manera que la concentración de Ti fuera de 0,008% en masa y la de Ce de 0,0001% en masa, siendo la concentración de oxígeno disuelto de 0,0022 en masa. El acero fundido se coló por colada continua a desbaste de un espesor de 250 mm y una anchura de 1.800 mm. El desbaste de acero se cortó para

35

obtener desbastes de 8.500 mm de longitud (correspondiendo cada desbaste a una bobina). Cada desbaste así obtenido se laminó en caliente y en frío convencionalmente obteniéndose finalmente una bobina de 0,7 mm de espesor y anchura de 1.800 mm. Se examinó visualmente la chapa fina laminada en frío en la línea de inspección tras a la laminación en frío, y se evaluó su calidad del desbaste a partir del número de defectos superficiales formados por bobina. El resultado fue que no se encontraron defectos superficiales.

10

Ejemplo 3

Se añadieron 100 kg de Al para predesoxidación a una carga de 300 toneladas de un acero fundido que se había refinado en convertidos y tratado con un aparato de desgasificación en vacío obteniéndose una concentración de carbono de 0,003% en masa; el acero fundido se hizo circular durante 3 minutos, obteniéndose una concentración de oxígeno disuelto de 0,02% en masa. Se añadieron 200 kg de Ti al acero fundido y el acero fundido se hizo circular durante 1 minuto. Posteriormente se añadieron los aditivos La, Ce y 40% en masa de La-60% en masa de Ce, cada uno en la cantidad de 40 kg, a tres aceros fundidos separados cada uno en un caldero, respectivamente. Como resultado, uno de los aceros fundidos tenía una concentración de Ti de 0,03% en masa y una concentración de Ce de 0,007% en masa. Otro acero fundido tenía una concentración de Ti de 0,03% en masa y una concentración de La de 0,007%. El otro acero fundido tenía una concentración de Ti de 0,03% en masa y una concentración de La y una concentración de Ce en total de 0,007% en masa. Cada acero fundido se coló por colada continua a desbaste de un espesor de 250 mm y una anchura de 1.800 mm. El fundente de molde usado durante la colada tenía una viscosidad de 6 poise. El desbaste de acero colado se cortó en desbastes de una longitud de 8.500 mm (correspondiendo cada uno a una bobina). Se examinaron las inclusiones de la capa superficial desde la superficie a

35

una profundidad de 20 mm del desbaste. Cada desbaste preparado por adición de Ce solo o La solo, o por adición del material compuesto de La-Ce tenía inclusiones finas de óxido de un diámetro de 0,5 a 30 μm dispersadas, siendo su número de 11.000 a 13.000 piezas/ cm^2 . El 75% en masa de las inclusiones finas de óxido eran inclusiones esféricas o del tipo de husillo que contenían no menos de 57% en masa de La_2O_3 solo, Ce_2O_3 solo o La_2O_3 y Ce_2O_3 en total. Cada desbaste así obtenido se laminó en caliente y en frío convencionalmente, obteniéndose finalmente una bobina de 0,7 mm de espesor y anchura de 1.800 mm. Se examinó visualmente la chapa fina laminada en frío en la línea de inspección tras la laminación en frío, y se evaluó la calidad de la chapa fina de acero sobre la base del número de defectos superficiales formados por bobina. El resultado fue que no se encontraron defectos superficiales en ninguna de las bobinas preparadas por adición de Ce solo o La solo, o por adición del material compuesto de La-Ce. Además, cuando se examinaron las inclusiones de cualquiera de las chapas finas de acero laminadas en frío, cada una de ellas preparada por adición de Ce solo o La solo o del material compuesto de La-Ce, la chapa fina de acero tenía inclusiones finas de óxido de un diámetro de 0,5-30 μm dispersadas en la chapa, siendo su número de 11.000 a 13.000 piezas/ cm^2 . El 75% en masa de las inclusiones finas de óxido eran inclusiones de óxido esféricas o del tipo de husillo que contenían no menos de 57% en masa de La_2O_3 solo, Ce_2O_3 solo o La_2O_3 y Ce_2O_3 en total.

30 Ejemplo 4

Se añadieron 150 kg de Al para predesoxidación a una carga de 300 toneladas en un caldero de un acero fundido que se había refinado en convertidor y tratado con un aparato de desgasificación en vacío obteniéndose una concentración de carbono de 0,005% en masa; el acero fundido se hizo circular durante 5 minutos, obteniéndose

una concentración de oxígeno disuelto de 0,012% en masa. Se añadieron 250 kg de Ti al acero fundido y el acero fundido se hizo circular durante 2 minutos. Posteriormente se añadieron los aditivos La, Ce y 40% en masa de La-60% en masa de Ce, cada uno en la cantidad de 100 kg, a tres aceros fundidos separados cada uno en un caldero, respectivamente. Como resultado, uno de los aceros fundidos tenía una concentración de Ti de 0,045% en masa y una concentración de Ce de 0,018% en masa. Otro acero fundido tenía una concentración de Ti de 0,045% en masa y una concentración de La de 0,018% en masa. El otro acero fundido tenía una concentración de Ti de 0,045% en masa y una concentración de La y una concentración de Ce en total de 0,018% en masa. Cada acero fundido se coló por colada continua a desbaste delgado de acero de un espesor de 70 mm y una anchura de 1.800 mm. El fundente de molde usado durante la colada tenía una viscosidad de 5 poise. El desbaste de acero colado se cortó en desbastes de una longitud de 10.000 mm (correspondiendo cada uno a una bobina). Se examinaron las inclusiones de la capa superficial desde la superficie a una profundidad de 20 mm del desbaste. Cada desbaste preparado por adición de Ce solo o La solo, o por adición del material compuesto de La-Ce, tenía inclusiones finas de óxido de un diámetro de 0,5 a 30 μm dispersadas en la zona, siendo su número de 12.000 a 14.000 piezas/ cm^2 . El 80% en masa de las inclusiones finas de óxido eran inclusiones esféricas o del tipo de husillo que contenían no menos de 60% en masa de La_2O_3 solo, Ce_2O_3 solo o La_2O_3 y Ce_2O_3 en total. Cada desbaste delgado así obtenido se laminó en caliente y en frío convencionalmente, obteniéndose finalmente una bobina de 0,7 mm de espesor y anchura de 1.800 mm. Se examinó visualmente la chapa fina de acero laminada en frío en la línea de inspección tras la laminación en frío, y se evaluó la calidad de la chapa fina de acero sobre la base del número de defectos superficiales presentes por bobina. El

resultado fue que no se encontraron defectos superficiales en ninguna de las bobinas, cada una preparada por adición de Ce solo o La solo, o por adición del material compuesto de La-Ce. Además, cuando se examinaron las inclusiones de cualquiera de las chapas finas de acero laminadas en frío, cada una de ellas preparada por adición de Ce solo o La solo o del material compuesto de La-Ce, la chapa fina de acero tenía inclusiones finas de óxido de un diámetro de 0,5-30 μm dispersadas, siendo su número de 12.000 a 14.000 piezas/cm². El 80% en masa de las inclusiones finas de óxido eran inclusiones de óxido esféricas o del tipo de husillo que contenían no menos de 60% en masa de La₂O₃ solo o Ce₂O₃ solo o La₂O₃ y Ce₂O₃ en total.

15 Ejemplo 5

Se añadieron 50 kg de Al para predesoxidación a una carga de 300 toneladas de un acero fundido que se había refinado en convertidor y tratado con un aparato de desgasificación en vacío obteniéndose una concentración de carbono de 0,001% en masa; el acero fundido se hizo circular durante 3 minutos, obteniéndose una concentración de oxígeno disuelto de 0,038% en masa. Se añadieron 80 kg de Ti al acero fundido y el acero fundido se hizo circular durante 2 minutos. Posteriormente se añadieron los aditivos La, Ce y 30% en masa de La-70% en masa de Ce, cada uno en la cantidad de 30 kg, a tres aceros fundidos separados cada uno en un caldero, respectivamente. Como resultado, uno de los aceros fundidos tenía una concentración de Ti de 0,01% en masa y una concentración de Ce de 0,005% en masa. Otro acero fundido tenía una concentración de Ti de 0,01% en masa y una concentración de La de 0,005% en masa. El otro acero fundido tenía una concentración de Ti de 0,01% en masa y una concentración de La y una concentración de Ce en total de 0,005% en masa. Cada acero fundido se coló por colada continua a desbaste de acero de un espesor de 250 mm y una anchura de 1.800 mm. El fundente de molde usado

durante la colada tenía una viscosidad de 8 poise. El desbaste de acero colado se cortó en desbastes de una longitud de 8.500 mm (correspondiendo cada uno a una bobina). Se examinaron las inclusiones de la capa superficial desde la superficie a una profundidad de 20 mm del desbaste. Cada desbaste preparado por adición de Ce solo o La solo, o por adición del material compuesto de La-Ce, tenía inclusiones finas de óxido de un diámetro de 0,5 a 30 μm dispersadas, siendo su número de 8.000 a 10.000 piezas/cm². El 75% en masa de las inclusiones finas de óxido eran inclusiones esféricas o del tipo de husillo que contenían no menos de 58% en masa de La₂O₃ solo, Ce₂O₃ solo o La₂O₃ y Ce₂O₃ en total. Cada desbaste así obtenido se laminó en caliente y en frío convencionalmente, obteniéndose finalmente una bobina de 0,7 mm de espesor y anchura de 1.800 mm. Se examinó visualmente la chapa fina laminada en frío en la línea de inspección tras la laminación en frío, y se evaluó la calidad de la chapa fina de acero sobre la base del número de defectos superficiales presentes por bobina. El resultado fue que no se encontraron defectos superficiales en ninguna de las bobinas preparadas por adición de Ce solo o La solo, o por adición del material compuesto de La-Ce. Además, cuando se examinaron las inclusiones de cualquiera de las chapas finas de acero laminadas en frío, cada una de ellas preparada por adición de Ce solo o La solo o del material compuesto de La-Ce, la chapa fina de acero tenía inclusiones finas de óxido de un diámetro de 0,5-30 μm dispersadas, siendo su número de 8.000 a 10.000 piezas/cm². El 75% en masa de las inclusiones finas de óxido eran inclusiones de óxido esféricas o del tipo de husillo que contenían no menos de 58% en masa de La₂O₃ solo o Ce₂O₃ solo o La₂O₃ y Ce₂O₃ en total.

35 Ejemplo comparativo 1

Se desoxidó en un caldero con Al un acero fundido que se había refinado en convertidor y tratado en un aparato de desgasificación en vacío del tipo de circulación obteniéndose una concentración de carbono de 0,003% en masa, resultando una concentración de Al de 0,04% en masa y una concentración de oxígeno disuelto de 0,0002% en masa. Por colado continua del acero fundido se obtuvo un desbaste que tenía un espesor de 250 mm y una anchura de 1.800 mm. El desbaste colado se cortó en desbastes de una longitud de 8.500 mm (correspondiendo cada uno a una bobina). Cada desbaste así obtenido se laminó convencionalmente en caliente y en frío obteniéndose finalmente una chapa fina de acero laminado en frío de un espesor de 0,7 mm y una anchura de 1.800 mm. La chapa fina de acero laminado en frío se examinó visualmente en la línea de inspección tras la laminación en frío y se evaluó la calidad del desbaste sobre la base del número de defectos superficiales presentes por bobina. Como resultado, el número medio de defectos superficiales presentes por bobina era de 5 piezas/bobina.

Ejemplo comparativo 2

Se desoxidó en un caldero con Al un acero fundido que se había refinado en convertidor y tratado en un aparato de desgasificación en vacío del tipo de circulación obteniéndose una concentración de carbono de 0,003% en masa, resultando una concentración de Al de 0,04% en masa y una concentración de oxígeno disuelto de 0,0002% en masa. Por colada continua del acero fundido se obtuvo un desbaste que tenía un espesor de 250 mm y una anchura de 1.800 mm. El desbaste de acero colado se cortó en desbastes de una longitud de 8.500 mm (correspondiendo cada uno a una bobina). Se examinaron las inclusiones de la capa superficial desde la superficie a la profundidad de 20 mm del desbaste. Se vió que estaban presentes en el desbaste inclusiones finas de óxido que tenían un diámetro de 0,5 a

30 μm de diámetro, siendo su número de sólo 500 piezas/cm².
98% de las inclusiones de óxido eran cúmulos de alúmina.
Cada desbaste así obtenido se laminó convencionalmente en
caliente y en frío obteniéndose finalmente una chapa fina
5 de acero laminado en frío de un espesor de 0,7 mm y una
anchura de 1.800 mm. La chapa fina de acero laminado en
frío se examinó visualmente en la línea de inspección tras
la laminación en frío y se evaluó la calidad del desbaste
sobre la base del número de defectos superficiales
10 presentes por bobina. Como resultado, el número medio de
defectos superficiales presentes por bobina era de 5
piezas/bobina. Además, cuando se examinaron las inclusiones
de la chapa fina laminada en frío, en el desbaste estaban
presentes inclusiones finas de óxido que tenían un diámetro
15 de 0,5 a 30 μm , siendo su número de 600 piezas/cm², de las
que el 98% en masa eran cúmulos de alúmina.

Aplicabilidad industrial

Como se ha explicado antes, a causa de que las
20 inclusiones de un acero fundido se pueden dispersar
finamente de acuerdo con la presente invención, se puede
evitar con seguridad que una chapa fina de acero bajo en
carbono tenga defectos superficiales y producirla teniendo
una capacidad de ser trabajada y una conformabilidad
25 excelentes.

30

35

REIVINDICACIONES

1. Una chapa fina de acero bajo en carbono que tiene un contenido de carbono de 0,01% en masa o menos, en la que no
5 menos de 60% en peso en masa de las inclusiones de óxido presentes son inclusiones de óxido que contienen no menos de 20% en masa de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 , chapa fina de acero que contiene inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, inclusiones compuestas de
10 $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ o inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$.
2. La chapa fina de acero bajo en carbono de la reivindicación 1, en la que las inclusiones de óxido son inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a
15 30 μm y están dispersadas en la chapa fina, siendo su número de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 .
3. La chapa fina de acero bajo en carbono de la reivindicación 1 o 2, en la que las inclusiones de óxido
20 son inclusiones de óxido esféricas o del tipo de husillo.
4. Un desbaste de acero bajo en carbono que tiene un contenido de carbono de 0,01% en masa o menos, en el que no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes
25 en la capa superficial del desbaste desde la superficie a la profundidad de 20 mm son inclusiones de óxido que contienen no menos de 20% en peso de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 , desbaste de acero bajo en carbono que contiene inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$,
30 inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ o inclusiones compuestas de $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$ en la capa superficial del desbaste.
5. El desbaste de acero bajo en carbono de la reivindicación 4, en el que los inclusiones de óxido son
35 inclusiones finas de óxido que tienen un diámetro de 0,5 a

30 μm que están dispersadas en la capa superficial del desbaste desde la superficie hasta la profundidad de 20 mm, siendo su número de no menos de 1.000 a menos de 100.000 piezas/ cm^2 .

5

6. El desbaste de acero bajo en carbono de la reivindicación 4 o 5, en el que las inclusiones de óxido son inclusiones de óxido esféricas o del tipo de husillo.

10

7. Un procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono que tiene un contenido de 0,01% en masa de carbono, en el que no menos de 60% en masa de las inclusiones de óxido presentes en el desbaste de acero bajo en carbono son inclusiones de óxido de no menos de 20% en

15

peso de al menos La y/o Ce en forma de La_2O_3 y/o Ce_2O_3 , procedimiento que comprende las etapas de: decarburar un acero fundido para producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa; predesoxidar el acero fundido añadiendo Al para obtener una concentración de oxígeno

20

disuelto de 0,01 a 0,04% en masa; añadir Ti en una cantidad de 0,003 a 0,4% en masa y al menos La y/o Ce en una cantidad de 0,001 a 0,03% en masa, y colar el acero fundido.

25

8. El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de la reivindicación 7, en el que la mencionada etapa de predesoxidación es predesoxidar el acero fundido añadiendo Al al acero fundido y agitando durante al menos 3 minutos para producir una concentración

30

de oxígeno disuelto de 0,01 a 0,04% en masa.

9. El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de la reivindicación 7 u 8, en el que la mencionada etapa de decarburación es decarburar un acero fundido con un aparato de desgasificación en vacío para

35

producir una concentración de carbono de hasta 0,01% en masa.

5 10. El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuela en un molde que tiene una función de agitación electromagnética.

10 11. El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuela usando un fundente de molde que tiene una viscosidad de no menos de 4 poise a
15 1.300°C.

20 12. El procedimiento para producir un desbaste de acero bajo en carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que, durante la colada del acero fundido, el acero fundido se cuela por colada continua.