

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 475**

51 Int. Cl.:

**B22D 11/11** (2006.01)  
**B22D 1/00** (2006.01)  
**B22D 11/00** (2006.01)  
**B22D 11/108** (2006.01)  
**C21C 7/00** (2006.01)  
**C21C 7/06** (2006.01)  
**C22C 38/00** (2006.01)  
**C22C 38/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2009 PCT/JP2009/062795**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2010 WO10008017**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2009 E 09797942 (1)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 2298470**

54 Título: **Método para producir una placa de acero con bajo contenido de carbono**

30 Prioridad:

**15.07.2008 JP 2008183740**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.04.2019**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)**  
**6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku**  
**Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**MIYAZAKI MASAFUMI;**  
**YAMAMURA HIDEAKI y**  
**MINETA SATORU**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 708 475 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**

Método para producir una placa de acero con bajo contenido de carbono

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un método para producir placas de acero con bajo contenido de carbono utilizadas para fabricar planchas de acero finas con bajo contenido de carbono, que son excelentes en facilidad de manejo y de moldeo, que tienen superficies, sobre las que es difícil que ocurran defectos.

**Técnica anterior**

10 El acero fundido refinado en un horno de conversión y/o en un contenedor de proceso en vacío contiene una cantidad excesiva de oxígeno disuelto. La cantidad excesiva de oxígeno disuelto se desoxida, en general, con un elemento desoxidante fuerte que tiene un a fuerte afinidad para el oxígeno, tal como Al. Este Al se convierte en alúmina después de realizar tal desoxidación y entonces la alúmina se agrega para formar aglomeraciones de alúmina gruesas que tienen diámetros de cientos de  $\mu\text{m}$  o más.

15 Planchas finas de acero se utilizan, por ejemplo, para paneles exteriores de vehículos que son sometidos a procesamiento severo. Por esta razón, la concentración de carbono en el acero para la plancha fina de acero se reduce a 0,05 % en masa o menos para mejorar la facilidad de manejo de la plancha fina de acero. Sin embargo, la concentración reducida de carbono conduce a una concentración alta del oxígeno disuelto después del refinado. Como resultado, se genera una gran cantidad de alúmina por desoxidación de Al y entonces se generan aglomeraciones de alúmina en gran des cantidades.

20 Si se generan aglomeraciones de alúmina en grandes cantidades, en el momento de la operación de la fundición continua, en la que se vierte acero fundido desde un crisol que contiene el acero fundido a moldes de fundición a través de una artesa de colada utilizando toberas de inmersión, las aglomeraciones de alúmina pueden depositarse sobre la tobera de inmersión. Estas aglomeraciones de alúmina bloquean la transferencia del acero fundido y perturban la operación de fundición continua. Este fenómeno se llama "obstrucción de la tobera".

25 Además, las aglomeraciones de alúmina causan defectos en la superficie en el momento de la producción de planchas de acero y perjudican gravemente las calidades de las planchas finas de acero. Por lo tanto, se requieren contramedidas, para reducir la cantidad de alúmina que causa aglomeraciones de alúmina.

30 Como una contramedida para reducir la cantidad de alúmina, el Documento de Patente 1 describe un método para eliminar alúmina por la adición de fundente para absorber inclusiones en una superficie de acero fundido. Además, como otra contramedida para reducir la alúmina, el Documento de Patente 2 describe un método para absorber y eliminar alúmina por la adición de fundente de CaO en el acero fundido. Sin embargo, con estos métodos, es extremadamente difícil eliminar suficientemente una gran cantidad de alúmina generada en acero fundido con bajo contenido de carbono.

35 Mientras tanto, como un método para suprimir la generación de alúmina (en lugar de eliminar la alúmina) existe un método para eliminar oxígeno disuelto después de un proceso de descarburación, desoxidando elementos distintos a Al. Por ejemplo, el Documento de Patente 3 describe un método para fundir acero fundido utilizado para planchas finas de acero, y en este método se utiliza Mg para desoxidación. Sin embargo, la presión de vapor de Mg es alta y el límite de elasticidad con respecto al acero fundido es significativamente bajo. Por esta razón, en un caso en el que sólo se utiliza Mg para desoxidar acero fundido con una alta concentración de oxígeno disuelto, tal como aceros con bajo contenido de carbono, se requiere una gran cantidad de Mg. Por lo tanto, a la vista del coste de fabricación, no se considera que el método anterior sea practicable.

40 Considerando los problemas anteriores con respecto a la desoxidación de acero fundido utilizando Al, el Documento de Patente 4 describe un método de uso de Ti, y La y/o Ce en combinaciones como elementos desoxidantes. De acuerdo con este método, las inclusiones contenidas en acero fundido desoxidado se convierten en inclusiones compuestas de óxido de Ti, y de óxido de La y/o de óxido de Ce. Puesto que estas inclusiones compuestas se dispersan finamente en el acero fundido en lugar de agregarse juntas, no se generará la aglomeración de alúmina gruesa mencionada anteriormente, es decir, que no ocurrirán ni la obstrucción de la tobera ni los defectos superficiales sobre la plancha de acero.

**Documentos de la técnica anterior****Documentos de patente**

50 Documento de Patente 1 Solicitud de Patente Japonesa no Examinada. Primera publicación N° H05-104219

Documento de Patente 2 Solicitud de Patente Japonesa no Examinada. Primera publicación N° S63-149057

Documento de Patente 3 Solicitud de Patente Japonesa no Examinada. Primera publicación N° H05-302112

Documento de Patente 4 Publicación PCT N° WO 03/002771 A1

El documento US 2007/0079910 A1 describe planchas de acero de medida fina con contenido ultra bajo de carbono, excelentes en condiciones de la superficie, aptitud de moldeo y de manejo, y un método para producirlas.

### Descripción de la invención

#### 5 Problemas que la invención debe resolver

Sin embargo, incluso en el método descrito en el Documento de Patente 4, el acero fundido puede estar sometido a oxígeno ambiental o a escoria en una artesa de colada en el momento del vertido del acero fundido desde un crisol que contiene el acero fundido hasta la artesa de colada.

10 Más específicamente, en el caso de que se utilicen Ti, y La y/o Ce como elementos desoxidantes para oxidar acero fundido, el Ti en el acero fundido es oxidado con preferencia y entonces, se incrementará la tasa de contenido de óxido de Ti en las inclusiones. Como resultado, la composición de la inclusión cambia desde la composición descrita anteriormente, en la que difícilmente ocurre la agregación, hasta una composición en la que la agregación ocurre frecuentemente, causando de esta manera obstrucción de la tobera y defectos de la superficie sobre la plancha de acero.

15 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de producción de un a placa fundida de acero con bajo contenido de carbono, que puede prevenir la obstrucción de la tobera y defectos de la superficie sobre una plancha de acero que son causados por inclusiones agregadas, utilizando Ti, y La y/o Ce como elementos desoxidantes para acero fundido, controlando el cambio de la composición de las inclusiones en el acero fundido debido a oxidación del acero fundido en una artesa de colada, y previniendo inclusiones a partir de la agregación.

#### 20 Medios para resolver los problemas

Para resolver los problemas descritos anteriormente, la presente invención emplea lo siguiente.

(1) Un método de producción de placa fundida de acero con bajo contenido de carbono de acuerdo con la invención, que incluye: añadir Ti a un acero fundido descarbonizado para tener una concentración de carbono de 0,05 % en masa o menos y posteriormente añadir al menos uno de La y Ce para ajustar una composición, y producir un acero fundido licuado utilizado para una placa de acero con bajo contenido de carbono que contiene, en % en masa, más que 0% e igual a o menos que 0,05% de carbono, más que 0% e igual a o menos que 0,01% de Si, más que 0% e igual a o menos que 0,5% de Mn, más que 0% e igual a o menos que 0,05% de P, más que 0% e igual a o menos que 0,02 % de S, más que 0% e igual a l menos que 0,01% de Al, más que 0,01% e igual a o menos que 0,4% de Ti; y en combinación, 0,001% o más y 0,01% o menos de al menos uno de La y Ce, y 0,004% o más y 0,02% o menos de oxígeno, y hierro como componente de base, y verter el acero fundido licuado en un molde de fundición a través de una artesa de colada, en el que se añade al menos uno de La y Ce en una cantidad total de 0,2 a 1,2 veces la masa del oxígeno incrementado en el acero fundido licuado mientras está contenido en la artes de colada al acero fundido licuado en la artesa de colada, de manera que se obtiene una placa de acero que tiene inclusiones que contienen óxidos de Ti y al menos uno de La y Ce como componentes esenciales, y de manera que se obtiene una composición de cada una de las inclusiones que tiene una relación en masa de 0,1 a 0,7, en términos de  $(La_2O_3+Ce_2O_3) \div TiO_n$  ( $n=1\sim 2$ ).

#### Efectos de la invención

De acuerdo con la presente invención en (1), la composición de inclusiones en acero fundido, que debe someterse a oxidación en una artesa de colada, se puede controlar dentro de un rango apropiado. Por lo tanto, es posible producir placas de acero con bajo contenido de carbono excelentes en facilidad de manejo y de moldeo, previniendo al mismo tiempo de una manera fiable la obstrucción de la tobera y defectos en la superficie del producto.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra procesos para producir acero con bajo contenido de carbono de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

#### 45 Forma de realización de la invención

A continuación se describirá en detalle una forma de realización de la presente invención.

En primer lugar, se explicará el rango de la composición de acero fundido desoxidado y el rango de la composición de inclusiones contenidas en el acero fundido desoxidado de acuerdo con la forma de realización de la presente invención junto con las razones para ello.

50 Los presentes inventores han evaluado experimentalmente la acción de agregación de inclusiones, utilizando, como desoxidantes a añadir a aceros fundidos, Al, Ti, La y Ce en sus combinaciones apropiadas. Se realizó análisis sobre inclusiones en acero fundido, refrigerando muestras del acero fundido y estudiando las inclusiones en el acero

utilizando SEM-EDX.

Como resultado, se ha confirmado que se agregaron inclusiones de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , inclusiones de  $\text{TiO}_n$  ( $n=1 \sim 2$ , lo mismo se aplica en adelante), inclusiones del compuesto  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ , inclusiones del compuesto  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  e inclusiones del compuesto  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$  con relativa facilidad. Además, se confirmó que, por el contrario, no se agregaron inclusiones del compuesto  $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ , inclusiones del compuesto  $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$  e inclusiones del compuesto  $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$ , sino que se dispersaron en el acero fundido como inclusiones finas en formas esféricas o en formas de husillo.

Una razón del fenómeno anterior puede sugerirse por el hecho de que  $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$  tienen energía de interfaz menor entre inclusiones y el acero fundido que la de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_n$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ . Es decir, que si la energía de interfaz es pequeña, se pueden presentar de manera fiable inclusiones en acero fundido, y se puede suprimir la agregación de las inclusiones.

Además, se ha confirmado a partir de experimentos que la agregación de inclusiones dependía de la relación de masa de  $\text{La}_2\text{O}_3\text{+Ce}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_n$ . Más específicamente, para suprimir la agregación de las inclusiones en acero fundido, si el valor con respecto a la relación de masa de  $\text{La}_2\text{O}_3 + \text{Ce}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_n$  contenidos en las inclusiones obtenidas a partir de la ecuación  $(\text{La}_2\text{O}_3 + \text{Ce}_2\text{O}_3) \div \text{TiO}_n$  (en adelante, este valor se puede describir como "índice de modificación") es 0,1 o más, se reduce la energía de interfaz entre las inclusiones y el acero fundido. Es decir, que se puede suprimir la agregación de las inclusiones. Debería indicarse que el índice de modificación es con preferencia 0,15 o más, y más preferido, 0,2 o más.

Mientras tanto, si el índice de modificación excede de 0,7, se reducirá el punto de fusión de las inclusiones y las inclusiones entrarán en un estado líquido en el acero fundido. Por lo tanto, las inclusiones se agregan con bastante frecuencia y forman inclusiones gruesas. Por esta razón, el índice de modificación debería ser 0,7 o menos. El índice de modificación es con preferencia 0,6 o menos y más preferentemente 0,5 o menos.

En el caso de realizar pre-oxidación con Al (como se describe más adelante), las inclusiones pueden contener no sólo Ti y La y/o Ce, sino también Al. Como resultado del estudio de este hecho, se ha confirmado a partir de experimentos que si la cantidad de óxidos de Al en las inclusiones no alcanza el 25 % en masa, no se pudo perturbar el efecto de supresión de agregación de las inclusiones.

De acuerdo con ello, en la presente invención, con respecto cada una de las inclusiones contenidas en acero fundido desoxidado, se generan productos de oxidación de Ti y La y/o Ce como componentes principales.

En el caso de no realizar pre-oxidación con Al, la cantidad total de óxidos de Ti y La y/o Ce en cada inclusión alcanza casi 100 % en masa. No obstante, incluso si se realiza la pre-oxidación con Al y están contenidos óxidos de Al en las inclusiones, es todavía posible considerar los productos de oxidación de Ti, y La y/o Ce como componentes principales.

Aquí se puede proponer como un criterio con respecto a los componentes principales un estado en el que las inclusiones contienen 75 % en masa o más de productos de oxidación de Ti, y La y/o Ce en total. En este estado, lo mismo que en el estado en el que la cantidad total de los productos de oxidación de Ti, y La y/o Ce no alcanza aproximadamente 100 % en masa, se puede suprimir la agregación de las inclusiones.

Puesto que todos de Ti, y La, y Ce son elementos desoxidantes, se reduce la concentración de oxígeno en acero fundido añadiendo estos elementos. Después de la reducción de la concentración de oxígeno, se incrementa la tensión de la superficie del acero fundido. Si la tensión de la superficie del acero fundido se incrementa demasiado, incluso si se controla el índice de modificación de la inclusión para que caiga dentro del rango descrito anteriormente, es imposible reducir suficientemente la energía de interfaz entre el acero fundido y las inclusiones. Como resultado, las inclusiones se agregan y forman inclusiones gruesas.

Mientras tanto, si la concentración de oxígeno en el acero fundido se incrementa demasiado, se genera una gran cantidad de inclusiones debido a desoxidación. Entonces se incrementa la probabilidad de colisión de las inclusiones, promocionando de esta manera las agregaciones.

Por lo tanto, se ha descubierto que la concentración de oxígeno tiene un rango apropiado definido por el límite superior y el límite inferior para prevenir suficientemente inclusiones a partir de engrosamiento, y con el fin de que la concentración de oxígeno caiga dentro del rango apropiado, existe un rango apropiado para la cantidad de elementos desoxidante. Más específicamente, como resultado de estudios experimentales, se ha descubierto que la agregación de las inclusiones se puede suprimir en una medida suficiente si la concentración de oxígeno del acero fundido está en un rango de 0,004 % en masa o más y 0,02% en masa o menos.

Básicamente, en la presente invención, se añade Ti y posteriormente, se añade uno o más de La y Ce. Por lo tanto, Ti es procesado en su mayor parte como un elemento para desoxidación y uno o más de La y Ce son procesados en su mayor parte como elementos para modificar la composición de las inclusiones. Por lo tanto, Ti se puede considerar como un elemento principal para desoxidación. Es decir, que para que el valor de la concentración de oxígeno en el acero fundido caiga dentro del rango mencionado anteriormente de 0,004 % en masa o más y 0,02 %

## ES 2 708 475 T3

en masa o menos, la cantidad de Ti en el acero debería caer dentro del rango de 0,01 % en masa o más y 0,4 % en masa o menos, considerando equilibrios de desoxidación.

5 Además, para que el índice de modificación de las inclusiones caiga dentro del rango apropiado mencionado anteriormente, la cantidad total de La y Ce en el acero debería caer dentro del rango de 0,001 % en masa o más y 0,01 % en masa o menos, que es menor que la cantidad de Ti en el acero.

A continuación se explicará la razón de la limitación con respecto a composiciones en la presente invención.

[C], [Si], [Mn], [P]

10 Los elementos de C, Si, Mn, y P mejoran la resistencia y la dureza de planchas de acero. Por lo tanto, para mejorar la facilidad de manejo y se moldeo de planchas de producto, los límites superiores de estos elementos se ajustan, respectivamente, a 0,05 % en masa, 0,01 % en masa, 0,5 % en masa, o 0,05 % en masa. Mientras tanto, los límites superiores de ellos se ajustan a más de 0 % en masa.

[S]

15 Un elemento S se convierte en sulfuro, tal como MnS, y se expande por proceso de laminación. El sulfuro expandido se convierte en el punto de partida de fractura en el momento del procesamiento de la plancha de producto, y de esta manera se deteriora la facilidad de manejo. El límite superior práctico se ajusta a 0,02 % en masa. Puesto que es preferible la cantidad menor, el límite inferior incluye 0 % en masa.

[Al]

20 Se añade un elemento Al, que es un elemento desoxidante fuerte, para ajustar la cantidad de [oxígeno] en acero fundido. No obstante, si se añade el Al excesivamente, se generará una gran cantidad de alúmina en el acero fundido para formas aglomeraciones de alúmina. Entonces esta aglomeración de alúmina puede causar la obstrucción de la tobera en el momento de la operación de fundición y puede generar defectos en la superficie sobre la plancha de producto. El límite superior práctico en el momento de realizar la pre-desoxidación con Al se ajusta a 0,01 % en masa. Puesto que no se añade Al en el caso de no realizar la pre-desoxidación, el límite inferior incluye 0 % en masa.

25 [Ti], [La], [Ce], [O]

Las limitaciones de los rangos con respecto a los elementos de Ti, La, Ce, y O y las razones de las mismas se han explicado anteriormente.

A continuación se explicará un proceso de desoxidación de acero fundido, un cambio de la composición de la inclusión debido a oxidación y un método para controlar la modificación.

30 Para mejorar la facilidad de manejo y de moldeo de los productos, acero fundido, en el que la cantidad de los elementos distintos a Fe se ajustan a: C: 0,05 % en masa o menos, Si: 0,01 % en masa o menos, Mn: 0,5 % en masa o menos, P: 0,05 % en masa o menos, S: 0,02 % en masa o menos, es descarbonizado en un horno convertidor y/o en un contenedor de procesamiento en vacío.

35 El oxígeno disuelto contenido en el acero fundido es desoxidado normalmente, principalmente, añadiendo Al. Como resultado, se genera una gran cantidad de alúmina, y los agregados de alúmina forman aglomeraciones de alúmina gruesas que tiene un diámetro de cientos de  $\mu\text{m}$  o más. Entonces, las aglomeraciones de alúmina pueden causar obstrucción de la tobera o defectos en la superficie sobre la plancha de acero en el momento de una operación de fundición continua.

40 Entonces, en la presente invención, el oxígeno disuelto después de la descarburación es desoxidado, principalmente, por desoxidantes distintos a Al para prevenir la generación de aglomeraciones de alúmina en grandes cantidades. Más específicamente, acero fundido es refinado en un horno de acero, tal como un horno convertidor o un horno eléctrico, y es sometido a una desgasificación en vacío y similar, reduciendo de esta manera la concentración de carbono en el acero fundido a 0,05 % en masa o menos. A este acero fundido se añaden Ti+La, Ti+Ce, o Ti+La+Ce y antes de una etapa de artesa de colada, se generan inclusiones compuestas de óxido de Ti, y de óxido de La y/o de óxido de Ce en el acero fundido.

45 Si la desoxidación se realiza sólo con Ti, se requiere una gran cantidad de Ti. Por lo tanto, para ajustar la cantidad del oxígeno disuelto antes de añadir Ti, se puede realizar también la pre-oxidación con una pequeña cantidad de Al. En este caso, deberían dejarse 1-10 minuto(s) después de añadir la pequeña cantidad de Al, para la flotación de la alúmina.

50 Entonces, para realizar la operación de fundición continua, el acero fundido contenido en un crisol es vertido desde el crisol en moldes de fundición a través de una artesa de colada, utilizando toberas de inmersión. En este instante, en general, para prevenir que el acero fundido en la artesa de colada sea expuesto a aire y se oxide en la artesa de colada, se puede cambiar la atmósfera en la artesa de colada a un gas inerte, tal como Ar, y se puede sellar la

superficie de acero fundido por un fundente fundido.

No obstante, industrialmente, es difícil y sustancialmente imposible cambiar completamente la atmósfera en la artesa de colada a atmósfera libre de oxígeno. Además, el acero fundido se puede oxidar por escoria mezclada en el acero fundido desde el crisol. Por lo tanto, la oxidación del acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada ocurre de manera inevitable hasta cierta extensión.

En particular, cuando se reduce la cantidad de fundición, por ejemplo, en el momento de la sustitución del crisol, se reduce el volumen de flujo del acero fundido a través de una artesa de colada. Por lo tanto, es probable que ocurra oxidación. En adelante, la oxidación de acero fundido mientras está contenido en una artesa de colada por la atmósfera o escoria se describe como "reoxidación".

La cantidad de reoxidación del acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada se define precisamente por la diferencia entre la cantidad de oxígeno contenido en el acero fundido que existe en una entrada de acero fundido localizada en una corriente ascendente de la artesa de colada, y la cantidad de oxígeno contenido en el acero fundido que existe en una salida de acero fundido localizada en una corriente descendente de la artesa de colada. No obstante, considerando el diseño del equipo, es difícil medir la cantidad de oxígeno contenido en el acero fundido en la entrada de acero fundido o en la salida de acero fundido de la artesa de colada. Por lo tanto, el acero fundido en el crisol, que contiene sustancialmente la misma cantidad de oxígeno que el de la corriente ascendente de la artesa de colada, y el acero fundido en la proximidad de la salida de la artesa de colada que contiene sustancialmente la misma cantidad de oxígeno que el de la corriente descendente de la artesa de colada, se pueden utilizar como puntos de medición prácticos y los valores medidos en estos puntos de medición se pueden usar para la evaluación.

La cantidad de Ti contenido en el acero fundido que tiene Ti como elemento desoxidante principal es mayor que la cantidad de La y/o Ce. Por lo tanto, Ti se oxida con preferencia por la reoxidación del acero fundido, y se genera óxido de Ti sustancialmente en proporción a la cantidad de reoxidación.

El óxido de Ti que se genera nuevamente por reoxidación significativa se convierte en  $TiO_2$ . Este  $TiO_2$  tiene una propiedad de agregación fuerte, por lo tanto, se agregan el  $TiO_2$  y las inclusiones compuestas de óxido de Ti, y de óxido de La y/o de óxido de Ce, que ya están presentes en el acero fundido antes de una etapa de crisol. Como resultado, se reducirá el índice de modificación de las inclusiones compuestas.

Este fenómeno es notable cuando se reduce la velocidad de fundición, por ejemplo en el momento de sustituir el crisol, como se ha mencionado anteriormente. Por esta razón, se ha reconocido que es difícil prevenir de una manera fiable la obstrucción de la tobera o los defectos de la superficie de la plancha de acero causados por las inclusiones agregadas, en una operación de fundición de larga duración.

El presente inventor, a la vista de estas circunstancias, ha descubierto que el deterioro del índice de modificación se puede suprimir añadiendo una cantidad apropiada de La y/o de Ce a una artesa de colada que contiene acero fundido, en el que el índice de modificación de las inclusiones se ha reducido por la reoxidación ocurrida en la artesa de colada, para reducir óxido de Ti en el acero fundido por La y/o Ce, y disminuir la cantidad de  $TiO_n$  en las inclusiones compuestas de óxido de Ti y óxido de La y/u óxido de Ce. A continuación se describirán los detalles.

La y Ce tienen fuerte capacidad de desoxidación en comparación con la de Ti. Por lo tanto,  $TiO_2$ , justo después de ser generado por reoxidación, sólo puede ser reducido por una cantidad pequeña de La o Ce. Aquí, si se reduce  $TiO_2$  parcialmente para modificar óxidos compuestos finos que tienen un diámetro de  $0,5 \mu m$  -  $30 \mu m$  tales como  $TiO_2-La_2O_3$ ,  $TiO_2-Ce_2O_3$ ,  $TiO_2-La_2O_3-Ce_2O_3$ , y el índice de modificación cae dentro del rango apropiado mencionado anteriormente, se puede prevenir la agregación de las inclusiones generadas por la reoxidación. Entonces, se pueden modificar las inclusiones en óxidos compuestos en formas esféricas o en forma de husillo.

Para la desoxidación, deberían añadirse uno o más de La y Ce al acero fundido en una cantidad requerida para la modificación, de acuerdo con la cantidad de  $TiO_2$  generada por la reoxidación.

La cantidad de  $TiO_2$ , que se genera por la reoxidación, se determina en base a la masa incrementada del oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada. De acuerdo con ello, utilizando la masa incrementada del oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada como un índice de gestión, se pueden añadir uno o más de La y Ce al acero fundido en una cantidad requerida para la modificación, en ase al índice de gestión.

Aquí, la masa incrementada del oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada se puede calcular multiplicando la cantidad de acero fundido suministrada a la artesa de colada (es decir, la cantidad vertida del acero fundido en la artesa de colada por unidad de tiempo) por la cantidad de reoxidación del acero fundido (es decir, la concentración de oxígeno incrementada en la artesa de colada por unidad de cantidad de acero fundido). La cantidad de la reoxidación del acero fundido se puede obtener utilizando sensores de oxígeno de circonio en los puntos de medición mencionados anteriormente para medir el valor del oxígeno en el acero fundido, y calculando la diferencia entre los valores medidos curso arriba de la artesa de colada y curso abajo de la artesa de colada.

Debería indicarse que la masa incrementada del oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada puede variar cuando se sustituye el crisol (es decir, durante cada una de las cargas). Además, incluso en la misma carga, la masa incrementada del oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada se puede variar de acuerdo con el cambio de las condiciones operativas. Por lo tanto, es preferible medir, utilizando el sensor de oxígeno de circonio y similar, la cantidad de oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada para cada una de las cargas, o cada vez que la condición operativa cambia con el fin de detectar la masa incrementada del oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada.

Para que el índice de modificación caiga dentro del rango apropiado descrito anteriormente (es decir, 0,1 o más y 0,7 o menos) añadiendo uno o más de La y Ce a la artesa de colada para reducir parcialmente el  $TiO_2$  generado por la reoxidación para modificarlos en óxidos compuestos tales como  $TiO_2-La_2O_3$ ,  $TiO_2-Ce_2O_3$  y  $TiO_2-La_2O_3-Ce_2O_3$ , al acero fundido, es necesario añadir al acero fundido uno o más de La y Ce en una cantidad total de 0,2 a 1,2 veces la masa de la masa incrementada del oxígeno en el acero fundido mientras está contenido en la artesa de colada, en base al cálculo utilizando la relación de peso molecular con respecto a antes y después de la modificación.

Uno o más de La y Ce se añaden con preferencia en una cantidad con una masa igual a 0,3 a 1,1 veces la masa del oxígeno incrementado, y más preferentemente de 0,4 a 0,9 veces la masa del oxígeno incrementado, con el fin de que el índice de modificación caiga dentro del rango descrito anteriormente.

Uno o más de La y Ce se pueden añadir utilizando un metal puro de uno o más de La y Ce, pero se puede utilizar también, por ejemplo, metal aleado que incluye uno o más de La y Ce, tal metal mixto. Si la concentración total del La y Ce en el metal aleado es mayor que 30 % en masa o más, no se perderán los efectos de la presente invención, incluso si se mezclan otras impurezas en el acero fundido en el momento de la adición de uno o más de La y Ce.

No obstante, debería indicarse que es importante ajustar la cantidad de metal aleado añadido de acuerdo con la concentración de La y/o Ce, para que la cantidad de La y/o Ce añadida caiga dentro un rango apropiado. Además, como un método de añadirlos, el metal se puede añadir directamente al acero fundido, pero teniendo en cuenta la pérdida debida a la escoria, es preferible suministrar continuamente el metal en una forma de alambre revestido con un tubo de hierro.

Además, la presente invención se puede emplear también para una operación de fundición en lingotes y una operación de fundición continua. Con respecto a la operación de fundición continua, la presente invención no sólo se puede emplear para una operación de fundición continua para producir placas normales en el espesor de aproximadamente 250 mm, sino también para una operación de fundición continua que utiliza una máquina de fundición que tiene moldes de fundición más finos para producir placas finas de un espesor de 150 mm o menos, y se pueden derivar efectos suficientes. Entonces se puede prevenir de una manera fiable una obstrucción de la tobera. Las placas de acero obtenidas por el método descrito anteriormente se pueden usar para producir planchas de acero utilizando un proceso de laminación en caliente y/o un proceso de laminación en frío.

#### Ejemplos

A continuación se describirán ejemplos relacionados con la presente invención y ejemplos comparativos con referencia al diagrama de flujo de la figura 1.

#### Ejemplo 1

Se produjeron 300 toneladas de acero fundido que contenía 0,0013 % en masa de C, 0,004 % en masa de Si, 0,25 % en masa de Mn, 0,009 % en masa de P y 0,006 % en masa de S a través de refinado en un horno de conversión y proceso en un desgasificador RH, y se prepararon en un crisol (S1 en la figura 1). Después de añadir Ti al acero fundido, se añadieron La y Ce al mismo (S3 en la figura 1). Entonces se obtuvo acero fundido que contenía 0,053 % en masa de Ti, 0,0007 % en masa de La, 0,0005 % en masa de Ce, y 0,0046 % en masa de oxígeno.

El acero fundido en el crisol se tomó como una muestra para estudiar inclusiones. Entonces se encontró que existían inclusiones en forma esférica o forma de husillo con un diámetro de  $0,5 \mu m$  -  $30 \mu m$ . Además, todas las inclusiones eran óxidos que consistían en  $TiO_2$ ,  $La_2O_3$ , y  $Ce_2O_3$ , y los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,16 o más y 0,58 o menos.

A partir del crisol, el acero fundido se vertió en una cantidad de 4,4 toneladas por minuto en moldes de fundición a través de una artesa de colada, utilizando toberas de inmersión. En el momento del vertido, se midió la concentración de oxígeno de acero fundido curso abajo de la artesa de colada (en la proximidad de la salida de la artesa de colada) con un sensor de oxígeno de circonio, y se encontró que la concentración de oxígeno era 0,0088 % en masa, es decir, que la concentración incrementada de oxígeno en la artesa de colada era 0,0042 % en masa.

Entonces, el metal aleado, que contenía 50 % en masa de La y 50 % en masa de Ce en una forma de alambre revestido con un tubo de acero, se añadió a la artesa de colada en una cantidad de 40 g/minuto, 80 g/minuto, o 200 g/minuto, de manera que la cantidad de adición de La+Ce al acero fundido era 0,22 veces, 0,43 veces o 1,08 veces la masa incrementada del oxígeno contenido en el acero fundido en la artesa de colada (es decir, un valor obtenido multiplicando 4,4 toneladas/minuto, que es la cantidad de acero fundido vertido en la artesa de colada en una unidad

de tiempo, por 0,0042 % en masa, que es la concentración de oxígeno incrementado en la artesa de colada en una cantidad unitaria del acero fundido) (S4 en la figura 1).

5 Empleando el método de fundición continua, este acero fundido fue fundido a una velocidad de fundición de 1,4 m/minuto para producir placas que tenían un espesor de 250 mm y una anchura de 1800 mm. En el momento de la fundición no se produjo obstrucción en la tobera de inmersión.

10 Las placas fundidas se cortaron a 8500 mm de longitud, como una unidad de bobina. Se realizó análisis sobre inclusiones en un área hasta 20 mm de profundidad desde una superficie de la placa. Como resultado, se encontró que en ninguna de las placas, a las que se había añadido metal aleado en la cantidad de 40 g, 80 g, o 200 g por minuto, existían inclusiones de óxido que consistían en  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ , y  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  en forma esférica o en forma de husillo con un diámetro respectivo de  $0,5 \mu\text{m}$  -  $30 \mu\text{m}$ . Los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,15 o más y 0,55 o menos.

15 Las placas obtenidas de esta manera se laminaron en caliente y posteriormente se laminaron en frío de una manera habitual. Entonces se obtuvieron bobinas de planchas de acero laminadas en frío, cada una de las cuales tenía un espesor de 0,7 mm y una anchura de 1800 mm. Las calidades de las superficies de las planchas de acero se observaron visualmente en una línea de inspección después de la laminación en frío, para evaluación del número de ocurrencias de defectos de la superficie por una bobina. Como resultado, se encontró que no se había generado ningún defecto en la superficie.

#### Ejemplo 2

20 Se produjeron 300 toneladas de acero fundido que contenía, respectivamente, 0,0013 % en masa de C, 0,004 % en masa de Si, 0,25 % en masa de Mn, 0,009 % en masa de P y 0,006 % en masa de S a través de refinado en un horno de conversión y proceso en un desgasificador RH, y se prepararon, respectivamente, en un primer crisol y en un segundo crisol (S1 en la figura 1). Entonces a cada uno de los crisoles que contenían el acero fundido, se añadieron 100 kg de Al para pre-oxidación y se sometieron a reflujo durante tres minutos, obteniendo de esta manera acero fundido que contenía 0,002 % en masa de Al y 0,012 % en masa de oxígeno (S2 en la figura 1).

25 Además, a cada uno de los aceros fundidos, se añadieron 200 g de Ti y se sometieron a reflujo durante un minuto y posteriormente se añadieron 40 kg de Ce al primer crisol, y se añadieron 40 g de La al segundo crisol (S3 en la figura 1). Entonces se obtuvieron aceros fundidos que contenían 0,033 % en masa de Ti y 0,01 % en masa de oxígeno, que contenían, además, La o Ce en la concentración de 0,005 % en masa.

30 Cada uno de los aceros fundidos en los crisoles se tomó como una muestra para estudiar inclusiones. Entonces se encontró que existían inclusiones en forma esférica o en forma de husillo con un diámetro de  $0,5 \mu\text{m}$  -  $30 \mu\text{m}$ . Además, todas las inclusiones eran óxidos que incluían 10 % en masa o menos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y el resto consistía en  $\text{TiO}_2$  y  $\text{La}_2\text{O}_3$ , o  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ . Los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,22 o más y 0,48 o menos.

35 A partir del crisol, el acero fundido se vertió en una cantidad de 4,4 toneladas por minuto en moldes de fundición a través de una artesa de colada, utilizando toberas de inmersión. En el momento del vertido, se midió la concentración de oxígeno de acero fundido curso abajo de la artesa de colada (en la proximidad de la salida de la artesa de colada) con un sensor de oxígeno de circonio, y se encontró que la concentración de oxígeno era 0,02 % en masa, es decir, que la concentración incrementada de oxígeno en la artesa de colada era 0,01 % en masa.

40 Entonces se añadió metal aleado que contenía La en la artesa de colada en la cantidad de 110 g/minuto o 485 g/minuto, de manera que la cantidad de adición de La al acero fundido en el primer crisol era 0,25 veces o 1,1 veces la masa incrementada de oxígeno en el acero fundido mientras estaba contenido en la artesa de colada (es decir, un valor obtenido multiplicando 4,4 toneladas/minuto, que es la cantidad de acero fundido vertido en la artesa de colada en una unidad de tiempo, por 0,01 % en masa, que es la concentración de oxígeno incrementado en la artesa de colada en una cantidad unitaria del acero fundido) (S4 en la figura 1).

45 Además, se añadió metal aleado que contenía Ce en la artesa de colada en la cantidad de 220g/minuto, de manera que la cantidad de adición de Ce al acero fundido en el segundo crisol era 0,5 veces la cantidad de la masa incrementada de oxígeno, de la misma manera (S4 en la figura 1). Empleando un método de fundición continua, se fundieron estos aceros a la velocidad de fundición de 1,4 m/minuto para producir placas con un espesor de 250 mm y una anchura de 1800 mm. En el momento de la fundición, no había ocurrido obstrucción en la tobera de inmersión.

50 Estas placas producidas de esta manera se laminaron en caliente y posteriormente se laminaron en frío de una manera habitual. Entonces se obtuvieron planchas de acero laminadas en frío que tenían un espesor de 0,7 mm y una anchura de 1800 mm. Las calidades de las superficies de las planchas de acero se observaron visualmente en una línea de inspección después de la laminación en frío, para evaluación del número de ocurrencias de defectos de la superficie por bobina. Como resultado, se encontró que no se generaron defectos en la superficie.

55 Además, se realizó análisis sobre inclusiones en la plancha de acero laminada en frío. Como resultado, se encontró que en ningún caso de adición de La o Ce existían inclusiones de óxido en una forma esférica o en una forma de

husillo incluyendo 10 % en masa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y el resto consistía en  $\text{TiO}_2$  y  $\text{La}_2\text{O}_3$ , o  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  en formas esféricas o en forma de husillos con un diámetro de  $0,5 \mu\text{m}$  -  $30 \mu\text{m}$ . Los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,2 o más y 0,45 o menos.

#### Ejemplo comparativo 1

5 Se produjeron 300 toneladas de acero fundido que contenía 0,0013 % en masa de C, 0,004 % en masa de Si, 0,25 % en masa de Mn, 0,009 % en masa de P y 0,006 % en masa de S a través de refinado en un horno de conversión y proceso en un desgasificador RH, y se prepararon en un crisol. Después de añadir Ti al acero fundido, se añadieron La y Ce al mismo. Entonces se obtuvo acero fundido que contenía 0,037 % en masa de Ti, 0,001 % en masa de La, 0,0008 % en masa de Ce, y 0,008 % en masa de oxígeno.

10 El acero fundido en el crisol se tomó como una muestra para estudiar inclusiones. Entonces se encontró que existían inclusiones en forma esférica o forma de husillo con un diámetro de  $0,5 \mu\text{m}$  -  $30 \mu\text{m}$ . Además, todas las inclusiones eran óxidos que consistían en  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ , y  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ , y los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,12 o más y 0,33 o menos.

15 A partir del crisol, el acero fundido se vertió en una cantidad de 4,4 toneladas por minuto en moldes de fundición a través de una artesa de colada, utilizando toberas de inmersión. En el momento del vertido, se midió la concentración de oxígeno de acero fundido curso abajo de la artesa de colada (en la proximidad de la salida de la artesa de colada) con un sensor de oxígeno de circonio, y se encontró que la concentración de oxígeno era 0,0165 % en masa, es decir, que la concentración incrementada de oxígeno en la artesa de colada era 0,0085 % en masa.

20 Empleando el método de fundición continua, este acero fundido fue fundido a una velocidad de fundición de 1,4 m/minuto para producir placas que tenían un espesor de 250 mm y una anchura de 1800 mm. En el momento de la fundición se produjo obstrucción en la tobera de inmersión y, por lo tanto, se forzó la terminación de la fundición y 100 toneladas del acero fundido permanecieron en el crisol.

25 Las placas fundidas se cortaron a 8500 mm de longitud, como una unidad de bobina. Se realizó análisis sobre inclusiones en un área hasta 20 mm de profundidad desde una superficie de la placa. Como resultado, se encontró que existían inclusiones de óxido que consistían en  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ , y  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  en forma esférica o en forma de husillo con un diámetro de  $0,5 \mu\text{m}$  -  $30 \mu\text{m}$ , que se agregaron a un estado de aglomeración agregada de más de  $150 \mu\text{m}$ . Los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,05 o más y 0,1 o menos.

30 Las placas obtenidas de esta manera se laminaron en caliente y posteriormente se laminaron en frío de una manera habitual. Entonces se obtuvieron bobinas de planchas de acero laminadas en frío que tenían un espesor de 0,7 mm y una anchura de 1800 mm. Las calidades de las superficies de las planchas de acero se observaron visualmente en una línea de inspección después de la laminación en frío, para evaluación del número de ocurrencias de defectos de la superficie por una bobina. Como resultado, se encontró que se generaron 5 defectos en la superficie por bobina.

#### Ejemplo comparativo 2

35 Se produjeron 300 toneladas de acero fundido que contenía 0,0013 % en masa de C, 0,004 % en masa de Si, 0,25 % en masa de Mn, 0,009 % en masa de P y 0,006 % en masa de S a través de refinado en un horno de conversión y proceso en un desgasificador RH, y se prepararon, respectivamente, en un primer crisol y en un segundo crisol. Entonces a cada uno de los crisoles que contenían el acero fundido, se añadieron 100 g de Al para pre-oxidación y se sometieron a reflujo durante tres minutos, obteniendo de esta manera acero fundido que contenía 0,002 % en masa de Al y 0,013 % en masa de oxígeno.

40 Además, a cada uno de los aceros fundidos se añadieron 200 g de Ti y se sometieron a reflujo durante un minuto y posteriormente se añadieron 40 kg de Ce al primer crisol, y se añadieron 40 kg de La al segundo crisol. Entonces se obtuvieron aceros fundidos que contenían 0,033 % en masa de Ti y 0,01 % en masa de oxígeno, que contenían, además, La o Ce en la concentración de 0,005 % en masa.

45 Cada uno de los aceros fundidos en los crisoles se tomó como una muestra para estudiar inclusiones. Entonces se encontró que existían inclusiones en forma esférica o en forma de husillo con un diámetro de  $0,5 \mu\text{m}$  -  $30 \mu\text{m}$ . Además, todas las inclusiones eran óxidos que incluían 10 % en masa o menos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y el resto consistía en  $\text{TiO}_2$  +  $\text{La}_2\text{O}_3$ , o  $\text{TiO}_2$  +  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ . Los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,22 o más y 0,48 o menos.

50 A partir del crisol, el acero fundido se vertió en una cantidad de 4,4 toneladas por minuto en moldes de fundición a través de una artesa de colada, utilizando toberas de inmersión. En el momento del vertido, se midió la concentración de oxígeno de acero fundido curso abajo de la artesa de colada (en la proximidad de la salida de la artesa de colada) con un sensor de oxígeno de circonio, y se encontró que la concentración de oxígeno era 0,02 % en masa, es decir, que la concentración incrementada de oxígeno en la artesa de colada era 0,01 % en masa.

55 Entonces se añadió metal aleado que contenía La en la artesa de colada en la cantidad de 65 g/minuto, de manera que la cantidad de La añadida al acero fundido en el primer crisol era 0,15 veces la masa incrementada de oxígeno

5 en el acero fundido mientras estaba contenido en la artesa de colada (es decir, un valor obtenido multiplicando 4,4 toneladas/minuto, que es la cantidad de acero fundido vertido en la artesa de colada en una unidad de tiempo, por 0,01 % en masa, que es la concentración de oxígeno incrementado en la artesa de colada en una cantidad unitaria del acero fundido). Además, se añadió metal aleado que contenía Ca en la artesa de colada en la cantidad de 600 g/minuto, de manera que la cantidad de adición de Ce al acero fundido en el segundo crisol era 1,36 veces la masa incrementada de oxígeno, de la misma manera.

10 Empleando el método de fundición continua, estos aceros fundidos fueron fundidos a una velocidad de fundición de 1,4 m/minuto para producir placas que tenían un espesor de 250 mm y una anchura de 1800 mm. En el momento de la fundición se produjo obstrucción en la tobera de inmersión y de esta manera se forzó la terminación y 50 toneladas del acero fundido permanecieron en el crisol.

15 Las placas obtenidas de esta manera se laminaron en caliente y luego se laminaron en frío de una manera habitual. Entonces se obtuvieron bobinas de planchas de acero laminadas en frío que tenían un espesor de 0,7 mm y una anchura de 1800 mm. Las calidades de las superficies de las planchas de acero se observaron visualmente en una línea de inspección después de la laminación en frío, para evaluación del número de ocurrencias de defectos de la superficie por una bobina. Como resultado, se encontró que, como una media de las placas, se generaron 5 defectos en la bobina añadida con La y se generaron 10 defectos en la bobina añadida con Ce.

20 Además, se realizó análisis sobre inclusiones en la plancha de acero laminada en frío. Como resultado, se encontró que en la bobina añadida con La existían inclusiones de óxido que incluían 10 % en masa o menos de  $Al_2O_3$  y el resto consistía en  $TiO_2$  y  $La_2O_3$ , en formas esféricas o en forma de husillos con un diámetro de  $0,5 \mu m$  -  $30 \mu m$ , en un estado de aglomeraciones agregadas con un tamaño de  $150 \mu m$ . Los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,05 o más y 0,1 o menos.

25 Se ha encontrado también que en la bobina añadida con Ce existían inclusiones de óxido expandidas que incluían 10 % en masa o menos de  $Al_2O_3$  y el resto consistía en  $TiO_2$  y  $Ce_2O_3$ , con un diámetro de  $1000 \mu m$  o más largo. Los índices de modificación de estas inclusiones caían dentro de un rango de 0,75 o más y 1,0 o menos.

#### 25 Aplicabilidad industrial

30 A partir de lo anterior, de acuerdo con la presente invención, es posible controlar la composición de las inclusiones en el acero fundido que fue reoxidado en la artesa de colada dentro de un rango apropiado. Por lo tanto, se pueden prevenir de una manera fiable la obstrucción de la tobera y los defectos en la superficie del producto y es posible producir de una manera fiable planchas de acero finas con bajo contenido de carbono en una operación de fundición de larga duración. Por lo tanto, la presente invención tiene aplicabilidad industrial excelente en una industria de fabricación de acero.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un método de producción de placa fundida de acero con bajo contenido de carbono, que comprende:

5 añadir Ti a un acero fundido descarbonizado para tener una concentración de carbono de 0,05 % en masa o menos y posteriormente añadir al menos uno de La y Ce para ajustar una composición, y producir un acero fundido licuado utilizado para una placa de acero con bajo contenido de carbono que contiene, en % en masa, más que 0% e igual a o menos que 0,05% de carbono, más que 0% e igual a o menos que 0,01% de Si, más que 0% e igual a o menos que 0,5% de Mn, más que 0% e igual a o menos que 0,05% de P, más que 0% e igual a o menos que 0,02 % de S, más que 0% e igual a o menos que 0,01% de Al, más que 0,01% e igual a o menos que 0,4% de Ti; y en combinación, 0,001% o más y 0,01% o menos que al menos uno de La y Ce, y 0,004% o más y 0,02% o menos de oxígeno, y hierro como componente de base; y

10 verter el acero fundido licuado en un molde de fundición a través de una artesa de colada, en el que se añade al menos uno de La y Ce en una cantidad total de 0,2 a 1,2 veces la masa del oxígeno incrementado en el acero fundido licuado mientras está contenido en la artes de colada al acero fundido licuado en la artesa de colada, de manera que se obtiene una placa de acero que tiene inclusiones que contienen óxidos de Ti y al menos uno de La y Ce como componentes esenciales, y de manera que

15 obtener una composición de cada una de las inclusiones que tiene una relación en masa de 0,1 a 0,7, en términos de  $(La_2O_3+Ce_2O_3) \div TiO_n$  (n=1~2).

FIG. 1

