



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0910836-0 B1

(22) Data do Depósito: 15/07/2009

(45) Data de Concessão: 29/08/2017



(54) Título: MÉTODO DE PRODUÇÃO DE PLACA DE AÇO COM BAIXO TEOR DE CARBONO

(51) Int.Cl.: B22D 11/11; B22D 1/00; B22D 11/00; B22D 11/108; C21C 7/00; C21C 7/06; C22C 38/00; C22C 38/14

(30) Prioridade Unionista: 15/07/2008 JP 2008-183740

(73) Titular(es): NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION

(72) Inventor(es): MASAFUMI MIYAZAKI; HIDEAKI YAMAMURA; SATORU MINETA

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
"MÉTODO DE PRODUÇÃO DE PLACA DE AÇO COM BAIXO TEOR DE CARBONO".

Campo Técnico

[001] A presente invenção refere-se a um método para produzir confiavelmente placas de aço com baixo teor de carbono usadas para a fabricação de finas chapas de aço com baixo teor de carbono, que são excelentes em trabalhabilidade e moldabilidade e que possuem superfícies sobre as quais dificilmente ocorrem defeitos.

[002] É reivindicada prioridade para o Pedido de Patente Japonesa N°. 2008-183740, depositado em 15 de julho de 20 08, cujo teor é aqui incorporado como referência.

Técnica Antecedente

[003] Aço fundido refinado em um forno conversor e/ou em um recipiente de processamento a vácuo contém uma quantidade excessiva de oxigênio dissolvido. A quantidade excessiva de oxigênio dissolvido geralmente é desoxidada com um forte desoxidante que possui uma forte afinidade por oxigênio, tal como Al. Este Al se torna alumina depois da condução de tal desoxidação e então, a alumina se agrega para formar grandes aglomerados de aglomerados de alumina que possuem diâmetros de centenas de μm ou mais.

[004] As finas chapas de aço são usadas, por exemplo, para painéis externos de veículos que são sujeitos a um processamento rigoroso. Por esta razão, a concentração de carbono no aço para a fina chapa de aço é reduzida até 0,05 % em massa ou menos para melhorar a trabalhabilidade da fina chapa de aço. A reduzida concentração de carbono, entretanto, leva a uma alta concentração do oxigênio dissolvido após o refino. Como um resultado, é gerada uma grande quantidade de alumina is por desoxidação do Al e então, são gerados aglomerados de alumina em grandes quantidades.

[005] Se os aglomerados de alumina forem gerados em grandes quantidades, na ocasião da operação de lingotamento contínuo (“*continuous casting*”) em que o aço fundido é despejado de uma panela (“*ladle*”) que contém o aço fundido para os moldes de lingotamento passando por um distribuidor (“*tundish*”) com o uso de bocais de imersão, os aglomerados de alumina podem ser depositados no bocal de imersão. Estes aglomerados de alumina bloqueiam a transferência do aço fundido e perturbam a operação de lingotamento contínuo. Este fenômeno é denominado "entupimento do bocal".

[006] Além disso, os aglomerados de alumina causam defeitos nas superfícies na ocasião da produção de chapas de aço e prejudicam gravemente as qualidades das finas chapas de aço. Portanto, são necessárias medidas contrárias para reduzir a quantidade de alumina que provoca aglomerados de alumina.

[007] Como uma medida contrária para reduzir a quantidade de alumina, o Documento de Patente 1 divulga um método para a remoção de alumina por adição de um fundente para absorver as inclusões nas superfícies de um aço fundido. Além disso, como uma outra medida contrária para reduzir a alumina, o Documento de Patente 2 divulga um método para adsorver e remover alumina por adição de fundente de CaO ao aço fundido. Com estes métodos, entretanto, é extremamente difícil remover suficientemente uma grande quantidade de alumina gerada no aço fundido de baixo teor de carbono.

[008] Enquanto isso, como um método para conter a geração de alumina (em vez de remover a alumina), há um método para remover o oxigênio dissolvido depois de um método de descarbonização, pela desoxidação de elementos que não sejam o Al. Por exemplo, o Documento de Patente 3 divulga um método para redução do aço fundido usado para as finas chapas de aço e neste método, o Mg é usado para desoxidação. Entretanto, a pressão de vapor de Mg é alta e a propor-

ção de rendimento para o aço fundido é significativamente baixa. Por esta razão, em um caso em que for usado somente Mg para a desoxidação de aço fundido com uma alta concentração de oxigênio dissolvido tais como aços de baixo teor de carbono, é necessária uma grande quantidade de Mg. Portanto, em vista do custo de fabricação, o método acima não é considerado prático.

[009] Considerando-se os problemas acima em relação à desoxidação de aço fundido usando-se Al, o Documento de Patente 4 divulga um método de utilização de Ti e de La e/ou de Ce em combinações como elementos de desoxidação. De acordo com este método, as inclusões contidas no aço fundido desoxidado se tornam inclusões de composto de óxido de Ti e de óxido de La e/ou de óxido de Ce. Como estas inclusões de composto finamente dispersas no aço fundido em vez de se agregarem entre si, não será gerado o aglomerado grosso de alumina mencionado acima, isto é, não ocorrem nem entupimento do bocal nem defeitos nas superfícies da chapa de aço.

Documentos da Técnica Relacionada

Documentos de Patentes

[Documento de Patente 1] Pedido de Patente japonesa não Examinado, Primeira Publicação N.º H05-104219

[Documento de Patente 2] Pedido de Patente japonesa não Examinado, Primeira Publicação N.º S63-149057

[Documento de Patente 3] Pedido de Patente japonesa não Examinado, Primeira Publicação N.º H05-302112

[Documento de Patente 4] Publicação PCT N.º WO 03/002771 A1

Divulgação da Invenção

Problemas que a Invenção precisa Resolver

[0010] Entretanto, mesmo no método divulgado no Documento de Patente 4, o aço fundido pode ser sujeito à oxidação pelo oxigênio

ambiente ou pode formar escória em um distribuidor na ocasião do escoamento do aço fundido de uma panela que contém o aço fundido para o distribuidor.

[0011] Mais especificamente, no caso em que são usados Ti e La e/ou Ce como elementos de desoxidação para oxidar o aço fundido, o Ti no aço fundido é preferencialmente oxidado e então, a taxa de teor de óxido de Óxido de Ti inclusões irá aumentar. Como um resultado, a composição da inclusão varia da composição descrita acima em que dificilmente ocorre agregação, para uma composição em que frequentemente ocorre agregação, desse modo causando entupimento do bocal ou defeitos na superfície sobre a chapa de aço.

[0012] Um objetivo da presente invenção é fornecer um método para produzir placa de aço com baixo teor de carbono que possa evitar o entupimento do bocal e defeitos na superfície sobre uma chapa de aço que são causados por agregado de inclusões, por utilização de Ti e de La e/ou de Ce como elementos de desoxidação para o aço fundido, controlando a variação da composição das inclusões no aço fundido devido à oxidação do aço fundido em um distribuidor e evitando que as inclusões se agreguem.

Meios para Resolver os Problemas

[0013] Para resolver os problemas descritos acima, a presente invenção emprega o seguinte.

(1) Um método para produzir placa de aço com baixo teor de carbono de acordo com uma invenção que inclui: adição de Ti ao aço fundido descarbonizado para se ter uma concentração de carbono de 0,05% em massa ou menos e subsequentemente adição de pelo menos um de La e Ce para ajustar a composição e produzindo um aço fundido usado para uma placa de aço com baixo teor de carbono que contenha, em % em massa, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,05% de carbono, mais do que 0% e igual a ou menor do que

0,01% de Si, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,5% de Mn, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,05% de P, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,02% de S, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,01% de Al, mais do que 0,01% e igual a ou menor do que 0,4% de Ti e em combinação, 0,001% ou mais e 0,01% ou menos de pelo menos um de La e Ce e 0,004% ou mais e 0,02% ou menos de oxigênio e ferro como um componente base e despejando o aço fundido em um molde de lingotamento por meio de um distribuidor, em que pelo menos um de La e Ce em uma quantidade total de 0,2 a 1,2 vezes uma quantidade aumentada de oxigênio no aço fundido enquanto estiver contido no distribuidor é adicionado ao aço fundido no distribuidor, de modo a obter uma placa de aço que possui inclusões que contenham óxidos de Ti e pelo menos um de La e Ce como componentes principais e de modo a obter uma composição de cada uma das inclusões apresentam uma proporção em massa de 0,1 até 0,7, em termos de $(La_2O_3+Ce_2O_3) \div TiO_n$ ($n = 1\sim 2$).

Efeitos da invenção

[0014] De acordo com a presente invenção em (1), a composição de inclusões no aço fundido a ser sujeito à oxidação em um distribuidor pode ser controlada dentro de uma faixa apropriada. Portanto, é possível produzir placas de aço com baixo teor de carbono excelentes em capacidades de trabalho e moldagem enquanto se evita de modo confiável o entupimento do bocal e os defeitos na superfície do produto.

Breve Descrição de um Desenho

Figura1

[0015] A figura 1 é um fluxograma que ilustra métodos para a produção de aço com baixo teor de carbono de acordo com uma modalidade da presente invenção.

Modalidade da invenção

[0016] Aqui a seguir, será descrita em detalhe uma modalidade da presente invenção.

[0017] Em primeiro lugar, a faixa de composição de aço fundido desoxidado e a faixa de composição de inclusões contidas no aço fundido desoxidado de acordo com a modalidade da presente invenção serão explicadas juntamente com as razões das mesmas.

[0018] Os presentes inventores avaliaram experimentalmente a ação de união de inclusões, pela utilização, como desoxidantes a serem adicionados aos aços fundidos, Al, Ti, La e Ce em combinações apropriadas dos mesmos. Foi feita análise nas inclusões no aço fundido, pelo resfriamento de amostras do aço fundido e estudando as inclusões no aço com a utilização de SEM-EDX.

[0019] Como um resultado, foi confirmado que as inclusões de Al_2O_3 , as inclusões de TiO_n ($n = 1\sim 2$, o mesmo se aplica aqui a seguir), as inclusões do composto $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, as inclusões do composto $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ e as inclusões do composto $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ foram agregadas com relativa facilidade. Também foi confirmado que, ao contrário, as inclusões do composto $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, as inclusões do composto $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ e as inclusões do composto $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$ não foram agregadas porém dispersas no aço fundido como inclusões finas em formatos esféricos ou em formatos de agulhas.

[0020] Uma razão do fenômeno acima pode ser sugerida que $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_n\text{-La}_2\text{O}_3$ e $\text{TiO}_n\text{-Ce}_2\text{O}_3$ possuem menos energia na interface entre as inclusões e o aço fundido do que de Al_2O_3 , TiO_n , $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ e $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$. Isto é, se a energia na interface for pequena, as inclusões podem ser confiavelmente apresentadas no aço fundido e a agregação das inclusões pode ser suprimida.

[0021] Além disso, foi confirmado pelos experimentos que a união das inclusões dependia da proporção em massa de $\text{La}_2\text{O}_3\text{+Ce}_2\text{O}_3$ e

TiO_n. Mais especificamente, para suprimir a união das inclusões no aço fundido, se o valor referente à proporção em massa de La₂O₃+Ce₂O₃ e TiO_n contidos nas inclusões obtidas pela equação $(La_2O_3+Ce_2O_3) \div TiO_n$ (aqui a seguir, este valor pode ser descrito como "índice de modificação") é de 0,1 ou mais, a energia da interface entre as inclusões e o aço fundido diminui. Isto é, a união das inclusões pode ser suprimida. Devia ser observado que o índice de modificação é de preferência de 0,15 ou mais e mais preferivelmente, de 0,2 ou mais.

[0022] Enquanto isso, se o índice de modificação exceder 0,7, o ponto de fusão das inclusões vai diminuir e as inclusões vão entrar em um estado líquido no aço fundido. Portanto, as inclusões bastante frequentemente se agregam e formam inclusões grosseiras. Por esta razão, o índice de modificação devia ser de 0,7 ou menos. O índice de modificação é de preferência 0,6 ou menos e mais preferivelmente 0,5 ou menos.

[0023] No caso da realização da pré-desoxidação com Al (como descrito posteriormente), as inclusões podem conter não apenas Ti e La e/ou Ce, mas também Al. Como um resultado do estudo deste fato, foi confirmado por experimentos que se a quantidade de óxidos de Al nas inclusões não atingir 25% em massa, o efeito de supressão da união das inclusões não foi perturbado.

[0024] Consequentemente, na presente invenção, em relação a cada uma das inclusões contidas em aço fundido desoxidado, os produtos de oxidação de Ti e La e/ou Ce são gerados como componentes principais.

[0025] No caso de não se realizar a pré-desoxidação com Al, a quantidade total de óxidos de Ti e La e/ou Ce em cada inclusão atinge quase 100% em massa. Entretanto, mesmo se a pré-desoxidação com Al for realizada e os óxidos de Al estiverem contidos nas inclu-

sões, ainda é possível considerar os produtos de oxidação de Ti e La e/ou Ce como componentes principais.

[0026] Neste caso, como um critério em relação aos componentes principais, um estado em que as inclusões contêm 75% em massa podem ser propostos um ou mais dos produtos de oxidação de Ti e de La e/ou de Ce no total. Neste estado, como o mesmo para o caso que uma quantidade total dos produtos de oxidação de Ti e La e/ou Ce não atingir em torno de 100% em massa, a união das inclusões pode ser suprimida.

[0027] Como todos de Ti, La e Ce são elementos de desoxidação, a concentração de oxigênio no aço fundido é diminuída por adição destes elementos. Diminuindo-se a concentração de oxigênio, aumenta a tensão superficial do aço fundido. Se a tensão superficial do aço fundido aumentar demasiadamente, mesmo se o índice de modificação da inclusão for controlado para diminuir para dentro da faixa descrita acima, é impossível reduzir suficientemente a energia da interface entre o aço fundido e as inclusões. Como resultado, as inclusões se unem e formam inclusões maiores.

[0028] Enquanto isso, se a concentração de oxigênio no aço fundido aumentar demasiadamente, uma grande quantidade de inclusões é gerada devido à desoxidação. Então, aumenta a probabilidade de colisão das inclusões, desse modo promovendo agregações.

[0029] Portanto, foi descoberto que a concentração de oxigênio apresenta uma faixa apropriada definida pelo limite superior e pelo limite inferior para evitar suficientemente que as inclusões se tornem de tamanho maior e para que uma concentração de oxigênio fique dentro da faixa apropriada, há uma faixa apropriada para a quantidade de elementos de desoxidação. Mais especificamente, como um resultado de um estudo experimental, foi descoberto que a união das inclusões pode ser suficientemente suprimida se a concentração de oxigênio do

aço fundido ficar em uma faixa de 0,004% em massa ou mais e 0,02% em massa ou menos.

[0030] Basicamente, na presente invenção, é adicionado Ti e subsequentemente, é adicionado um ou mais de La e Ce. Assim, o Ti é principalmente utilizado como um elemento para desoxidação e um ou mais de La e Ce é principalmente utilizado como elementos para modificar a composição das inclusões. Portanto, o Ti pode ser considerado como um elemento principal para desoxidação. Isto é, para que o valor da concentração de oxigênio no aço fundido fique dentro da faixa mencionada acima de 0,004% em massa ou mais e 0,02% em massa ou menos, a quantidade de Ti no aço precisava ficar dentro da faixa de 0,01% em massa ou mais e 0,4% em massa ou menos, considerando equilíbrio na desoxidação.

[0031] Além disso, para que o índice de modificação das inclusões permaneça dentro da faixa apropriada mencionada acima, a quantidade total de La e Ce no aço precisava ficar dentro da faixa de 0,001% em massa ou mais e 0,01% em massa ou menos, que é menor do que a quantidade de Ti no aço.

[0032] A seguir, a razão da limitação em relação às composições na presente invenção será explicada a seguir.

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

[0033] Os elementos de C, Si, Mn e P melhoram a dureza das chapas de aço. Portanto, para melhorar a trabalhabilidade e moldabilidade das chapas do produto, os limites superiores destes elementos são respectivamente ajustados até 0,05% em massa, 0,01% em massa, 0,5% em massa ou 0,05% em massa. Enquanto isso, os limites inferiores dos mesmos são ajustados até mais do que 0% em massa.

[S]

[0034] Um elemento S se torna sulfeto tal como MnS e é expandido pelo método de laminação. O sulfeto expandido se torna um ponto

de partida de fratura na ocasião do processamento da chapa de produto e assim deteriora a trabalhabilidade. O limite superior prático é ajustado até 0,02 % em massa . Como é preferível a menor quantidade, o limite inferior inclui 0 % em massa .

[Al]

[0035] Um elemento Al, que é um forte elemento de desoxidação, é adicionado para ajustar a quantidade de [oxigênio] no aço fundido. Entretanto, se o Al for adicionado excessivamente, uma grande quantidade de alumina será gerada no aço fundido para formar aglomerado de alumina. Então, este aglomerado de alumina pode causar entupimento na ocasião (time) da operação de lingotamento e gera defeitos nas superfícies sobre a chapa do produto. O limite superior prático na ocasião de realização da pré-desoxidação com Al é ajustado até 0,01 % em massa. Como o Al não é adicionado no caso de não realização da pré-desoxidação, o limite inferior inclui 0 % em massa .

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

[0036] As limitações das faixas em relação aos elementos Ti, La, Ce e O e as razões das mesmas são explicadas acima.

[0037] A seguir, serão explicados o método de desoxidação de aço fundido, a variação da composição da inclusão devido a uma oxidação e um método para controlar a modificação.

[0038] Para melhorar a trabalhabilidade e moldabilidade dos produtos, o aço fundido em que é ajustada a quantidade de elementos sem ser o Fe são ajustadas para: C: 0,05% em massa ou menos, Si: 0,01% em massa ou menos, Mn: 0,5% em massa ou menos, P: 0,05% em massa ou menos, S: 0,02% em massa ou menos, é descarbonizado em um forno conversor e/ou em um recipiente de processamento a vácuo.

[0039] O oxigênio dissolvido contido no aço fundido é usualmente desoxidado, principalmente, por adição de Al. Como um resultado, é

gerada uma grande quantidade de alumina e de agregados de alumina para formar grandes aglomerados de alumina que possuam um diâmetro de centenas de μm ou mais. Então, os aglomerados de alumina podem causar enchimento do bocal ou defeitos nas superfícies sobre a chapa de aço na ocasião de uma operação de lingotamento contínuo.

[0040] Então, na presente invenção, o oxigênio dissolvido depois da descarburização é desoxidado, principalmente, por agentes de remoção de oxigênio sem ser o Al de modo a evitar a geração de aglomerados de alumina em grandes quantidades. Mais especificamente, o aço fundido é refinado em um forno para aço tal como um forno conversor ou um forno elétrico e é sujeito a uma desgaseificação a vácuo e similares, reduzindo desse modo a concentração de carbono no aço fundido até 0,05% em massa ou menos. A este aço fundido, são adicionados Ti+La, Ti+Ce, ou Ti+La+Ce e antes de um estágio em um distribuidor, as inclusões de compostos óxido de Ti e óxido de La e/ou óxido de Ce são gerados aço fundido.

[0041] Se a desoxidação for realizada apenas com Ti, é necessária uma grande quantidade de Ti. Desse modo, para o ajuste da quantidade do oxigênio dissolvido antes da adição de Ti, também pode ser realizada a pré-desoxidação com uma pequena quantidade de Al. Neste caso, deviam ser permitidos 1-10 minuto (s) depois que for adicionada a pequena quantidade de Al, para flutuação de alumina.

[0042] Então, para a realização da operação de lingotamento contínuo, o aço fundido contido em uma panela é despejado da panela para os moldes de lingotamento por meio de um distribuidor, que usa bocais de imersão. Nesta ocasião, de modo geral, para evitar que seja exposto ao ar o aço fundido no distribuidor e oxidado no distribuidor, a atmosfera no distribuidor pode ser trocada para um gás inerte tal como Ar e as superfícies do aço fundido podem ser seladas por um fundente

fundido.

[0043] Entretanto, industrialmente, é difícil e substancialmente impossível mudar completamente a atmosfera no distribuidor para atmosfera livre de oxigênio. Além disso, o aço fundido pode ser oxidado por escória misturada no aço fundido da panela. Portanto, a oxidação do aço fundido enquanto contido no distribuidor ocorre inevitavelmente até certo ponto.

[0044] Em particular, quando diminui a velocidade da fundição, por exemplo, na ocasião da substituição da panela, o volume de fluxo do aço fundido através de um distribuidor diminui. Portanto, o tempo de residência do aço fundido enquanto contido no distribuidor é aumentado, isto é, o aço fundido é exposto a uma atmosfera e à escória durante um longo período de tempo. Portanto, é provável que ocorra a oxidação. Aqui a seguir, a oxidação de aço fundido enquanto contido em um distribuidor pela atmosfera ou pela escória é descrito como "reoxidação".

[0045] A quantidade de reoxidação do aço fundido enquanto contido no distribuidor é definida com precisão pela diferença entre a quantidade de oxigênio contido no aço fundido que existe na entrada do aço fundido localizada a montante do distribuidor e a quantidade de oxigênio contido no aço fundido que existe na saída do aço fundido localizada a jusante do distribuidor. Entretanto, considerando-se o projeto do equipamento, é difícil medir a quantidade de oxigênio contido no aço fundido na entrada do aço fundido ou na saída do aço fundido do distribuidor. Portanto, o aço fundido na panela que contenha substancialmente a mesma quantidade de oxigênio que aquela a montante do distribuidor e o aço fundido na vizinhança da saída do distribuidor que contém substancialmente a mesma quantidade de oxigênio que aquela a jusante do distribuidor pode ser usada como pontos de medição prática e os valores medidos nestes pontos de medição podem ser

usados para a avaliação.

[0046] A quantidade de Ti contido no aço fundido que tem o Ti como elemento de desoxidação principal é maior do que a quantidade de La e/ou de Ce. Desse modo, Ti é preferencialmente oxidado pela reoxidação do aço fundido e o óxido de Ti é gerado substancialmente em proporção à quantidade de the reoxidação.

[0047] O óxido de Ti que é recém-gerado por reoxidação significativa se torna TiO_2 . Este TiO_2 tem uma forte propriedade de aglutinação, portanto, o TiO_2 e as inclusões de composto de óxido de Ti e de óxido de La e/ou de óxido de Ce que já são apresentados no aço fundido antes de um estágio da panela são aglomerados. Como um resultado, o índice de modificação das inclusões do composto será diminuído.

[0048] Este fenômeno é notável quando diminui a velocidade de fundição, por exemplo, na ocasião da substituição da panela como mencionado acima. Por esta razão, foi reconhecido que é difícil evitar confiavelmente o entupimento do bocal ou os defeitos das superfícies da chapa de aço causados pelas inclusões aglutinadas, em uma operação de fundição em uma corrida longa.

[0049] O presente inventor, em vista destas circunstâncias, descobriu que a deterioração do índice de modificação pode ser suprimida pela adição de uma quantidade apropriada de La e/ou de Ce a um distribuidor que contém o aço fundido em que o índice de modificação das inclusões foi diminuído pela reoxidação ocorrida no distribuidor, para a redução do óxido de estanho no aço fundido por La e/ou Ce e diminuindo a quantidade de TiO_n nas inclusões de composto de óxido de Ti e de óxido de La e/ou de óxido de Ce. Aqui a seguir, serão descritos os detalhes.

[0050] La e Ce têm forte capacidade de desoxidação em comparação com Ti. Portanto, o TiO_2 logo depois de ter sido gerado por reo-

xidação pode ser reduzido apenas por uma pequena quantidade de La ou Ce. Neste caso, se o TiO_2 for parcialmente reduzido para modificar os finos óxidos que possuem um diâmetro de $0,5 \mu\text{m}$ - $30 \mu\text{m}$ tais como $\text{TiO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2\text{-Ce}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3$ e o índice de modificação depois da modificação fica dentro da faixa apropriada mencionada acima, pode ser evitada a união das inclusões geradas pela reoxidação. Então, as inclusões podem ser modificadas a óxidos em formatos esféricos ou em formatos de agulha.

[0051] Para a desoxidação, um ou mais de La e Ce precisavam ser adicionados ao aço fundido em uma quantidade necessária para a modificação, de acordo com a quantidade de TiO_2 gerada pela reoxidação.

[0052] A quantidade de TiO_2 , que é gerada pela reoxidação, é determinada baseada na massa do oxigênio aumentada no aço fundido enquanto contido no distribuidor. Conseqüentemente, a utilização da massa aumentada do oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor como um índice de controle, podem ser adicionados um ou mais de La e Ce ao aço fundido em uma quantidade para a modificação, baseada no índice de controle.

[0053] Neste caso, a massa aumentada do oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor pode ser calculada multiplicando-se a quantidade do aço fundido fornecido ao distribuidor (isto é, a quantidade do aço fundido despejada para o distribuidor por unidade de tempo) pela quantidade de reoxidação do aço fundido (isto é, a concentração de oxigênio aumentou no distribuidor por unidade de quantidade de aço fundido). A quantidade da reoxidação do aço fundido pode ser obtida usando-se sensores de zircônia para oxigênio nos pontos de medição mencionados acima para medir o valor do oxigênio no aço fundido e para calcular a diferença entre os valores medidos a montante do distribuidor e a jusante do distribuidor.

[0054] Devia ser observado que a massa aumentada do oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor pode variar quando a panela for substituída (isto é, para cada uma das cargas). Além disso, mesmo na mesma carga, a massa aumentada do oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor pode variar de acordo com a variação das condições de operação. Portanto, é preferível medir, usando-se o sensor de zircônia para oxigênio e similares, a quantidade de oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor para cada uma das cargas ou toda vez que mudar a condição da operação para captar a massa aumentada de oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor.

[0055] Para que o índice de modificação fique dentro da faixa apropriada descrita acima (isto é, 0,1 ou mais e 0,7 ou menos) por adição de um ou mais de La e Ce no distribuidor de modo a reduzir parcialmente o TiO_2 gerado pela reoxidação para modificação dos mesmos a compostos óxidos tais como $TiO_2-La_2O_3$, $TiO_2-Ce_2O_3$ e $TiO_2-La_2O_3-Ce_2O_3$, ao aço fundido, é necessário adicionar ao aço fundido, uma ou mais de La e Ce em uma quantidade com uma massa igual a 0,2 a 1,2 vez a massa aumentada do oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor, baseado no cálculo que usa a proporção de peso molecular em relação a antes e depois da modificação.

[0056] Um ou mais de La e Ce é de preferência adicionado em uma quantidade com uma massa igual a 0,3 até 1,1 vez a massa de oxigênio aumentada e mais preferivelmente, 0,4 a 0,9 vez a massa de oxigênio aumentada, para que o índice de modificação fique dentro da faixa descrita acima.

[0057] Um ou mais de La e Ce pode ser adicionado usando-se um metal puro de um ou mais de La e Ce, porém, por exemplo, metal em liga que inclua um ou mais de La e Ce tal como metal "mish" (liga de cério, lantânio e didímio (mistura de praseodímio e neodímio)) pode

ser usado da mesma forma. Se a concentração total de La e Ce no metal em liga for mais do que 30 % em massa ou mais, os efeitos da presente invenção não serão perdidos mesmo se outras impurezas foram misturadas no aço fundido na ocasião da adição de um ou mais de La e Ce.

[0058] Entretanto, devia ser observado que é importante ajustar a quantidade de metal em liga adicionada de acordo com a concentração de La e/ou Ce, de modo que a quantidade de La e/ou Ce adicionada fique dentro da uma faixa apropriada. Além disso, como um método de adição dos mesmos, o metal pode ser adicionado diretamente ao aço fundido, porém levando em conta que a perda foi devida a escória, é preferível fornecer continuamente o metal em uma forma de fio revestido com um tubo de ferro.

[0059] Além disso, a presente invenção também pode ser empregada para uma operação de fundição de lingote e uma operação de lingotamento contínuo. Como para a operação de lingotamento contínuo, a presente invenção pode ser empregada não apenas para uma operação de lingotamento contínuo para a produção de placas normais na espessura de em torno de 250 mm, porém também para uma operação de lingotamento contínuo que usa uma máquina de lingotamento que possui moldes de lingotamento mais finos para produzir finas placas de uma espessura de 150 mm ou menos e suficientes efeitos podem ser derivados. Então, de modo confiável pode ser evitado o entupimento do bocal. As placas de aço obtidas pelo método descrito acima podem ser usadas para a produção de chapas de aço usando-se um método de laminação a quente e/ou um método de laminação a frio.

Exemplos

[0060] Aqui a seguir, serão descritos exemplos e exemplos comparativos relativos à presente invenção com referência a um fluxogra-

ma na figura 1.

Exemplo 1

[0061] 300 toneladas de aço fundido contendo 0,0013% em massa de C, 0,004% em massa de Si, 0,25% em massa de Mn, 0,009% em massa de P e 0,006% em massa de S foram produzidas por refino em um forno conversor e um método em um desgaseificador à temperatura ambiente e foram preparadas em uma panela (S1 na figura 1). Depois da adição de Ti ao aço fundido, foram adicionados La e Ce (S3 na figura 1). Então, o aço fundido contendo 0,053% em massa de Ti, 0,0007% em massa de La, 0,0005% em massa de Ce e 0,0046% em massa de oxigênio foi obtido.

[0062] O aço fundido na panela foi considerado como uma amostra para estudo de inclusões. Então, foi descoberto que existiam inclusões no formato esférico ou no formato de agulha que tem um diâmetro de 0,5 μm - 30 μm . Além disso, todas as inclusões eram óxidos que consistem em TiO_2 , La_2O_3 e Ce_2O_3 e os índices de modificação destas inclusões ficam dentro de uma faixa de 0,16 ou mais e 0,58 ou menos.

[0063] O aço fundido em uma quantidade de 4,4 toneladas por minuto foi despejado da panela em moldes de lingotamento por um distribuidor, que usa bocais de imersão. Na ocasião do derramamento, a concentração de oxigênio de aço fundido a jusante do distribuidor (na vizinhança da saída do distribuidor) foi medida com um sensor de zircônia para oxigênio e foi descoberto que a concentração de oxigênio era de 0,0088 % em massa, isto é, a maior concentração de oxigênio no distribuidor era de 0,0042% em massa .

[0064] Então, o metal em liga que contém 50 % em massa de La e 50% em massa de Ce em uma forma de fio revestida com um tubo de aço foi adicionado ao distribuidor em uma quantidade de 40 g/minuto, 80 g/ minutos ou 200 g/minutos, de modo que a quantidade de La+Ce adicionada ao aço fundido se torna 0,22 vez, 0,43 vez ou 1,08 vez a

massa aumentada do oxigênio contido no aço fundido no distribuidor (isto é, um valor obtido multiplicando 4,4 toneladas/minuto que é uma quantidade do aço fundido despejada para o distribuidor em uma unidade de tempo, por 0,0042 % em massa que é a maior concentração de oxigênio no distribuidor em uma quantidade unitária do aço fundido) (S4 na figura1).

[0065] Empregando um método de lingotamento contínuo, este aço fundido foi moldado a uma velocidade de fundição de 1,4 m/minuto para a produção de placas que possuem uma espessura de 250 mm e uma largura de 1800 mm. Na ocasião da fundição, não ocorreu entupimento no bocal de imersão.

[0066] As placas moldadas foram cortadas a 8500 mm de comprimento, como uma unidade de bobina. Foi feita análise em inclusões em uma área de até 20 mm de profundidade de uma superfície da placa. Como um resultado, foi descoberto que em qualquer uma das placas ao qual foi adicionado metal em liga em uma quantidade de 40 g, 80 g, ou 200 g por minuto, existiam inclusões de óxido que consistem em TiO_2 , La_2O_3 e Ce_2O_3 no formato esférico ou no formato de agulha cada uma tendo um diâmetro de 0,5 μm - 30 μm . Os índices de modificação destas inclusões ficou em uma faixa de 0,15 ou mais e 0,55 ou menos.

[0067] As placas obtidas desse modo foram laminadas a quente e subsequentemente laminadas a frio, de uma maneira usual. Então, foram obtidas bobinas de chapas laminadas a frio cada uma tendo uma espessura de 0,7 mm e uma largura de 1800 mm. As qualidades das superfícies da chapa de aço foram observadas visualmente em uma linha de inspeção depois da laminação a frio, para avaliar o número de ocorrências de defeitos nas superfícies por bobina. Como um resultado, foi descoberto que nenhum efeito nas superfícies foi gerado.

Exemplo 2

[0068] 300 toneladas de aço fundidos contendo respectivamente 0,0013 % em massa de C, 0,004% em massa de Si, 0,25% em massa de Mn, 0,009% em massa de P, 0,006% em massa de S foram produzidas por refino em um forno conversor e em um método em um desgaseificador à temperatura ambiente e foram respectivamente preparadas em uma primeira panela e em uma segunda panela (S1 na figura 1). Então, a cada uma das panelas que contém o aço fundido, foram adicionados 100 kg de Al para pré-desoxidação e deixados em refluxo durante três minutos, obtendo desse modo o aço fundido que contém 0,002% em massa de Al e 0,012% em massa de oxigênio (S2 na figura 1).

[0069] Além disso, a cada aço fundido, foram adicionados 200 kg de Ti e deixados em refluxo durante um minuto e subsequentemente, foram adicionados 40 kg de Ce à primeira panela e 40 kg de La foram adicionados à segunda panela (S3 na figura 1). Então, foram obtidos aços fundidos contendo 0,033% em massa de Ti e 0,01% em massa de oxigênio, que além disso contêm La ou Ce na concentração de 0,005% em massa.

[0070] Cada um dos aços fundidos nas panelas foi considerado como uma amostra para estudo de inclusões. Então, foi descoberto que existiam inclusões no formato esférico ou no formato de agulha que têm um diâmetro de 0,5 μm - 30 μm . Além disso, todas as inclusões eram óxidos que incluem 10% em massa ou menos de Al_2O_3 e o restante consistia em TiO_2 e La_2O_3 ou Ce_2O_3 . Os índices de modificação destas inclusões ficaram dentro de uma faixa de 0,22 ou mais e de 0,48 ou menos.

[0071] O aço fundido em uma quantidade de 4,4 toneladas por minuto foi despejado da panela nos moldes de lingotamento por um distribuidor, usando bocais de imersão. Na ocasião do derramamento, uma concentração de oxigênio de aço fundido a jusante do distribuidor

(na vizinhança da saída do distribuidor) foi medida com um sensor de zircônia para oxigênio e foi descoberto que a concentração de oxigênio era de 0,02 % em massa, isto é, a maior concentração de oxigênio no distribuidor era de 0,01 % em massa .

[0072] Então, foi adicionado metal em liga que contém La ao distribuidor em uma quantidade de 110 g/minuto ou de 485 g/minuto, de modo que a quantidade de adição de La para o aço fundido na primeira panela se torne 0,25 vez ou 1,1 vezes a massa aumentada de oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor (isto é, um valor obtido por multiplicação de 4,4 toneladas/minuto que é a quantidade do aço fundido despejada no distribuidor em uma unidade de tempo, por 0,01 % em massa que é a concentração de oxigênio aumentada no distribuidor em uma quantidade unitária do aço fundido) (S4 na figura1).

[0073] Além disso, o metal em liga que contém Ce foi adicionado ao distribuidor em uma quantidade de 220 g/minuto, de modo que a quantidade de adição de Ce ao aço fundido na segunda panela se torne 0,5 vez a quantidade da massa de oxigênio aumentada, da mesma maneira (S4 na figura1). Empregando um método de lingotamento contínuo, estes aços fundidos foram moldados à velocidade de fundição de 1,4 m/minuto para a produção de placas que possuem uma espessura de 250 mm e uma largura de 1800 mm. Na ocasião da fundição, não tinha ocorrido entupimento no bocal de imersão.

[0074] Estas placas produzidas desse modo foram laminadas a quente e subsequentemente laminadas a frio, de uma maneira usual. Então, foram obtidas bobinas de chapas de aço laminadas a frio que têm uma espessura de 0,7 mm e uma largura de 1800 mm. As qualidades das superfícies da chapa de aço foram observadas visualmente em uma linha de inspeção depois da laminação a frio, para avaliar o número de ocorrências de defeitos na superfície por bobina. Como um

resultado, foi descoberto que não foram gerados defeitos nas superfícies.

[0075] Além disso, foi feita uma análise nas inclusões na chapa de aço laminada a frio. Como um resultado, foi descoberto que em qualquer caso de adição de La ou de Ce, existiam inclusões de óxido em um formato esférico ou em um formato de agulha que inclui 10% em massa ou menos de Al_2O_3 e o restante consistindo em TiO_2 e La_2O_3 ou TiO_2 e Ce_2O_3 em formatos esféricos ou em formatos de agulha tendo um diâmetro de 0,5 μm - 30 μm . Os índices de modificação destas inclusões ficam dentro de uma faixa de 0,2 ou mais e 0,45 ou menos.

Exemplo comparativo 1

[0076] 300 toneladas de aço fundido contendo 0,0013% em massa de C, 0,004% em massa de Si, 0,25% em massa de Mn, 0,009% em massa de P e 0,006% em massa de S foram produzidas por refino em um forno conversor e pelo método em um desgaseificador à temperatura ambiente e foi preparado em uma panela. Depois da adição de Ti ao aço fundido, foram adicionados La e Ce. Então, foi obtido o aço fundido que contém 0,037% em massa de Ti, 0,001% em massa de La, 0,0008% em massa de Ce e 0,008% em massa de oxigênio.

[0077] O aço fundido na panela foi considerado como uma amostra para estudar as inclusões. Então, foi descoberto que existiam inclusões no formato esférico ou no formato de agulha cada uma tendo um diâmetro de 0,5 μm - 0,30 μm . Além disso, todas as inclusões foram óxidos que consistiam em TiO_2 , La_2O_3 e Ce_2O_3 e os índices de modificação destas inclusões ficaram dentro de uma faixa de 0,12 ou mais e 0,33 ou menos.

[0078] Da panela, o aço fundido em uma quantidade de 4,4 toneladas por minuto foi despejado em moldes de lingotamento por meio de um distribuidor, usando bocais de imersão. Na ocasião de derramamento, a concentração de oxigênio de aço fundido a jusante do dis-

tribuidor (na vizinhança da saída do distribuidor) foi medida com um sensor de zircônia para oxigênio e foi descoberto que a concentração de oxigênio era de 0,0165 % em massa, isto é, a maior concentração de oxigênio no distribuidor era de 0,0085 % em massa.

[0079] Empregando um método de lingotamento contínuo, este aço fundido foi moldado a uma velocidade de lingotamento de 1,4 m/minuto para produzir placas que tenham uma espessura de 250 mm e uma largura de 1800 mm. Na ocasião do lingotamento, o entupimento ocorreu no bocal de imersão e desse modo, o lingotamento foi forçado para ser terminado e 100 toneladas do aço fundido estava permanecendo na panela.

[0080] As placas moldadas foram cortadas até 8500 mm de comprimento, como uma unidade de bobina. Foi feita análise nas inclusões em uma área de até 20 mm em profundidade da superfície da placa. Como um resultado, foi descoberto que existiam inclusões de óxido que consistem em TiO_2 , La_2O_3 e Ce_2O_3 em um formato esférico ou em um formato de agulha que possui um diâmetro de 0,5 μm - 30 μm , em um estado de aglomerado aglutinado que tenha mais do que 150 μm foram unidas. O índice de modificação destas inclusões ficou dentro de uma faixa de 0,05 ou mais e de 0,1 ou menos.

[0081] As placas obtidas desse modo foram laminadas a quente e subsequentemente laminadas a frio, de uma maneira usual. Então foram obtidas bobinas de chapas de aço laminadas a frio que possuem uma espessura de 0,7 mm e uma largura de 1800 mm. As qualidades das superfícies da chapa de aço foram observadas visualmente em uma linha de inspeção depois da laminação a frio, para avaliar o número de ocorrências de defeitos nas superfícies por bobina. Como um resultado, foi descoberto que foram gerados 5 defeitos nas superfícies por bobina.

Exemplo comparativo 2

[0082] 300 toneladas de aço fundido contendo respectivamente 0,0013% em massa de C, 0,004% em massa de Si, 0,25% em massa de Mn, 0,009% em massa de P e 0,006% em massa de S foram produzidas por refino em um forno conversor e em um método em um desgaseificador à temperatura ambiente e foram preparadas respectivamente em uma primeira panela e em uma segunda panela. Então, a cada uma das panelas que contém o aço fundido, foram adicionados 100 kg de Al para pré-desoxidação e deixados em refluxo durante três minutos, obtendo desse modo o aço fundido que contém 0,002% em massa de Al e 0,013% em massa de oxigênio.

[0083] Além disso, a cada um dos aços fundidos, foram adicionados 200 kg de Ti e deixados em refluxo durante um minuto e subsequentemente, foram adicionados 40 kg de Ce à primeira panela e foram adicionados 40 kg de La à segunda panela. Então, foram obtidos aços fundido contendo 0,033% em massa de Ti e 0,01% em massa de oxigênio, que, além disso, contém La ou Ce na concentração de 0,005% em massa.

[0084] Cada um dos aços fundidos nas panelas foi retirado como uma amostra para o estudo de inclusões. Então, foi descoberto que existiam inclusões nos formatos esféricos ou em formatos de agulha que possuem um diâmetro de 0,5 μm - 30 μm . Além disso, todas as inclusões foram de óxidos inclusive 10% em massa ou menos de Al_2O_3 e o restante consistindo em $\text{TiO}_2+\text{La}_2\text{O}_3$ ou $\text{TiO}_2+\text{Ce}_2\text{O}_3$. Os índices de modificação destas inclusões ficam dentro de uma faixa de 0,22 ou mais e de 0,48 ou menos.

[0085] Da panela, o aço fundido em uma quantidade de 4,4 toneladas por minuto foi despejado em moldes de lingotamento por meio de um distribuidor, usando bocais de imersão. Na ocasião do derramamento, a concentração de oxigênio de aço fundido a jusante do distribuidor (na vizinhança da saída do distribuidor) foi medida com um

sensor de zircônia para oxigênio e foi descoberto que a concentração de oxigênio era de 0,02% em massa, isto é, a concentração de oxigênio aumentada no distribuidor era de 0,01% em massa .

[0086] Então, o metal em liga que contém La foi adicionado ao distribuidor em uma quantidade de 65 g/minuto de modo que a quantidade de La adicionada ao aço fundido na primeira panela se torna 0,15 vez a massa aumentada de oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor (isto é, um valor obtido multiplicando 4,4 toneladas/minuto que é a quantidade do aço fundido despejado no distribuidor em uma unidade de tempo, por 0,01% em massa que é a concentração de oxigênio aumentada no distribuidor em uma quantidade unitária do aço fundido). Além disso, o metal em liga que contém Ce foi adicionado ao distribuidor em uma quantidade de 600 g/minuto, de modo que a adição da quantidade de Ce ao aço fundido na segunda panela se torna 1,36 vez a massa de oxigênio aumentada, da mesma maneira.

[0087] Empregando um método de lingotamento contínuo, estes aços fundidos foram moldados à velocidade de fundição de 1,4 m/minuto para produzir placas que possuem uma espessura de 250 mm e uma largura de 1800 mm. Na ocasião da fundição, o entupimento estava ocorrendo no bocal de imersão e desse modo, foi forçado o término da fundição e 50 toneladas do aço fundido permaneceram na panela.

[0088] As placas obtidas desse modo foram laminadas a quente e então laminadas a frio de uma maneira usual. Então, foram obtidas bobinas de chapas de aço laminadas a frio que possuem uma espessura de 0,7 mm e uma largura de 1800 mm. As qualidades das superfícies da chapa de aço foram observadas visualmente em uma linha de inspeção depois da laminação a frio, para avaliar o número de ocorrências de defeitos nas superfícies por uma bobina. Como um resulta-

do, foi descoberto que, como uma média de placas, foram gerados 5 defeitos na bobina à qual foi adicionado La e 10 defeitos foram gerados na bobina à qual foi adicionado Ce.

[0089] Além disso, foi feita uma análise nas inclusões na chapa de aço laminada a frio. Como um resultado, foi descoberto que na bobina à qual foi adicionado La existiram inclusões de óxido que fornecem 10 % em massa ou menos de Al_2O_3 e o restante consistindo em TiO_2 e La_2O_3 em formatos esféricos ou em formatos de agulhas que possuem um diâmetro de 0,5 μm - 30 μm , em um estado de aglomerados agregados que possuem um tamanho de 150 μm . Estes índices de modificação destas inclusões ficam dentro de uma faixa de 0,05 ou mais e 0,1 ou menos.

[0090] Também foi descoberto que na bobina com Ce adicionado, existiam inclusões de óxido expandido que incluem 10% em massa ou menos de Al_2O_3 e o restante consistindo em TiO_2 e Ce_2O_3 , que possuem um diâmetro de 1000 μm ou maior. Os índices de modificação destas inclusões ficam dentro de uma faixa de 0,75 ou mais e de 1,0 ou menos.

Aplicabilidade Industrial

[0091] Pelo que se viu antes, de acordo com a presente invenção, é possível controlar a composição das inclusões no aço fundido que foi reoxidado no distribuidor dentro de uma faixa apropriada. Portanto, o entupimento do bocal ou os defeitos na superfície dos produtos podem ser evitados confiavelmente e é possível produzir confiavelmente finas chapas de aço com baixo teor de carbono em uma operação de fundição de corrida longa. Portanto, a presente invenção tem excelente aplicabilidade industrial em uma indústria de fabricação de aço.

REIVINDICAÇÃO

1. Método para produzir uma placa de aço com baixo teor de carbono, caracterizado pelo fato de que compreende:

adicionar Ti a um aço fundido descarbonizado para ter uma concentração de carbono de 0,05% em massa ou menos e subsequentemente a adição de pelo menos um de La e Ce para ajustar a composição e produzir o aço fundido usado para uma placa de aço com baixo teor de carbono, que contém, em % em massa, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,05% de carbono, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,01% de Si, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,5% de Mn, mais do que 0% e igual a ou menor do que 0,05% de P, mais do que 0 % e igual a ou menor do que 0,02% de S, mais do que 0 % e igual a ou menor do que 0,01% de Al, mais do que 0,01% e igual a ou menor do que 0,4% de Ti, e em combinação, 0,001% ou mais e 0,01% ou menos de pelo menos um de La e Ce, e 0,004% ou mais e 0,02% ou menos de oxigênio, e ferro como um componente base; e

despejar o aço fundido em um molde de lingotamento por meio de um distribuidor, em que

pelo menos um de La e Ce em uma quantidade total de 0,2 a 1,2 vezes uma quantidade aumentada de oxigênio no aço fundido enquanto contido no distribuidor é adicionada ao aço fundido no distribuidor, de modo a obter uma placa de aço que possua inclusões contendo óxidos de Ti e pelo menos um de La e Ce como componentes principais e de modo a fazer com que a composição de cada uma das inclusões tenha uma proporção em massa de desde 0,1 até 0,7, em termos de $(La_2O_3+Ce_2O_3) \div TiO_n$ ($n = 1 \sim 2$).

FIG. 1

