



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

(11) PI 0721850-8 B1

(22) Data do Depósito: 25/07/2007

(45) Data de Concessão: 10/11/2015
(RPI 2340)



(54) Título: MÉTODO PARA FUNDIÇÃO CONTÍNUA DE LINGOTE COM PEQUENA SEÇÃO TRANSVERSAL.

(51) Int.Cl.: B22D 11/124; B22D 11/115; B22D 11/16; B22D 11/22

(30) Prioridade Unionista: 28/06/2007 JP 2007-170547

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

(72) Inventor(es): YUICHI TSUKAGUCHI, MASAYUKI KAWAMOTO, MASAHIRO HANAO, ATSUSHI HIRATA, HIROSHI HAYASHI

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA FUNDIÇÃO CONTÍNUA DE LINGOTE COM PEQUENA SEÇÃO TRANSVERSAL"**.

Campo Técnico

5 A presente invenção refere-se a um método para fundir continuamente um lingote fundido com uma pequena seção transversal (em seguida também referido simplesmente como "lingote" por concisão) de quaisquer dos vários graus de aço como, por exemplo, aço carbono, aço de liga baixa, aço de liga alta e aço inoxidável ao mesmo tempo em que reduz a
10 possibilidade de formação de porosidade central ao longo do centro do lingote e aperfeiçoa a qualidade interna dentro do lingote.

Técnica Anterior

 Em um processo como, por exemplo, processo de extrusão Ugine-Sejournet ou processo de fabricação de tubo Mannesmann por via de
15 um processo de rolo ou forjamento, para a fabricação de um tubo de aço inoxidável a partir de um lingote, produzido por fundição contínua como um material bruto, por exemplo, a parte interna do lingote de uso constitui a superfície interna do tubo. Portanto, o lingote para a fabricação de um tubo sem emenda é imperativamente requerido que seja de qualidade homogê-
20 nea e não apenas na superfície externa como também na parte interna e, portanto, é importante o controle de qualidade da parte interna do lingote. Se ocorrer porosidade central em um lingote obtido por fundição contínua e a extensão da mesma estiver acima de um limite de tolerância, o tubo de aço inoxidável produzido do lingote é frequentemente dotado de superfície
25 interna defeituosa, que são possivelmente rejeitados do ponto de vista de qualidade.

 Portanto, foi proposto um método de esfriamento secundário utilizando método de contração térmica durante o esfriamento do lingote com o propósito de reduzir a possibilidade da ocorrência de porosidade central no
30 lingote em um processo contínuo de fundição de lingote.

 Por exemplo, na Publicação do Pedido de Patente Japonês S62-61764 está descrito um método que compreende a sujeição da

superfície do lingote ao esfriamento de água forçado, seguindo a direção de fundição, em uma região variando do local de 2 a 15 m em frente à extremidade de depressão de núcleo líquido dentro do lingote na direção de fundição para a extremidade de depressão de núcleo líquido até um ponto em
5 que a contração do mesmo durante a solidificação se torne pelo menos a quantidade de contração em volume para ocasionar a contração da parte externa solidificada do lingote e, assim, reduzir a seção transversal do lingote, reduzindo por meio disso a extensão da segregação central.

Ademais, na Publicação do Pedido de Patente Japonês S62-
10 263855 está descrito um método que compreende abaixar sucessivamente a temperatura da superfície do lingote, seguindo a direção de fundição, em uma área se estendendo do local de 2 a 15 m em frente de uma depressão de núcleo líquido dentro do lingote na direção da fundição para a extremidade de depressão de núcleo líquido, para uma temperatura não abaixo da
15 temperatura de transformação A_3 do aço ou a temperatura de início T_A da transformação A_{cm} e não mais do que a temperatura efetiva da superfície do lingote T_V proporcionada por $T_a + (T_N - T_a) \times 0,3 = T_V$ em resposta ao progresso de solidificação do núcleo líquido de lingote para levar a parte externa solidificada do lingote a contrair e, assim, reduzir a seção transversal
20 do lingote e por meio disso reduzir a possibilidade da formação de porosidade central. Na equação acima, T_N é a temperatura da superfície do lingote resultante de um esfriamento de ar aberto após deixar a unidade de rolo mordida e T_a é a temperatura de superfície do lingote na qual tal média de esfriamento da parte externa solidificada que é necessária para compensar a
25 quantidade de contração durante a solidificação seja atingida.

Ademais, a Publicação do Pedido de Patente Japonês H02-15856 descreve um método que compreende sujeitar o lingote a esfriamento forçado, ao mesmo tempo em que o núcleo do lingote durante a fundição continua esteja em uma condição de fase solidificada suave, a fim de que
30 resulte em o núcleo suave ser sempre comprimido pela parte externa já completamente solidificada ao redor do núcleo devido à diferença na contração térmica entre o núcleo e a parte externa, para reduzir por meio disso a

possibilidade da formação de porosidade central.

Contudo, os métodos descritos na Publicação do Pedido de Patente Japonês S62-61764, na Publicação do Pedido de Patente Japonês S62-263855 e na Publicação do Pedido de Patente Japonês H02-15856, dentre outros, são dotados dos problemas que se seguem. Por exemplo, (1) quando é realizado esfriamento forçado no lado excessivamente a jusante do ponto da solidificação final, não há mais permissão de temperatura de resfriamento em um tempo quando a possibilidade de formação de porosidade central se torna realmente alta e o efeito de esfriamento diminui; (2) se o esfriamento for parado quando o núcleo do lingote ainda não estiver em um estado sólido, o retorno do aquecimento leva ao aumento da porosidade central ou rachadura interna; (3) as variações das condições apropriadas para obtenção dos efeitos de redução da porosidade central e segregação central são então muito limitadas, de maneira que distúrbios estranhos, por exemplo, ocasionam prontamente o desvio das condições de produção efetiva das variações apropriadas.

Anteriormente, a presente invenção propôs os métodos descritos nas Patentes Japonesas N^{os} 2.856.068, 3.405.490 e 3.401.785 e resumiu abaixo como tecnologias de aperfeiçoamento dos métodos descritos nas Publicações dos Pedidos de Patente Japoneses S-62-61764, S62-263855 e H02-15856.

O método proposto pela Patente Japonesa 2.856.068 é um método de esfriamento que compreende começar o esfriamento da superfície do lingote em uma densidade especificada de água de esfriamento no momento da chegada da proporção da fase sólida na parte central do lingote em 0,1-0,3 e continuar esfriamento de água nessa densidade de água de esfriamento até a chegada da proporção da fase sólida na parte central do lingote em um nível não abaixo de 0,8. O método proposto pela Patente Japonesa N^o 3.405.490 é um método para aperfeiçoar a qualidade interna que compreende começar o esfriamento da superfície do lingote sendo dotado de um diâmetro ou espessura que não exceda um valor especificado com água em uma quantidade específica dentro de uma variação especificada de

tempo de chegada da dita proporção de fase sólida na parte central do lingote em 0,2-0,8 e continuar o esfriamento de água com a quantidade específica acima de água até a solidificação completa. O método proposto pela Patente Japonesa Nº 3.401.785 é um método de esfriamento que compreende

5 ajustar a densidade da água de esfriamento da superfície do lingote para um valor dentro de uma variação especificada em um local de 0,1 a 2,0 m em frente à extremidade da depressão de núcleo líquido na direção da fundição até a chegada da proporção da fase sólida na parte central do lingote em um nível que não seja menor do que 0,99, ao mesmo tempo em que aumenta a

10 densidade da água de esfriamento em direção ao lado a jusante.

Portanto, a presente invenção realizou aperfeiçoamentos marcantes com relação aos problemas de (1) a (3) acima mencionados ao colocar em uso prático as tecnologias descritas nas Patentes Japonesas Nos. 2.856.068, 3.405.490 e 3.401.785. Contudo, ainda há espaço para aperfeiçoamento do ponto de vista tecnológico para obter os efeitos mais estáveis e

15 mais confiáveis do aperfeiçoamento da qualidade interna.

Descrição da Invenção

O objetivo da presente invenção, que foi feita em vista dos problemas comentados acima, é proporcionar um método para fundir continuamente um lingote com uma pequena seção transversal de quaisquer dos

20 vários graus de aço, como, por exemplo, aço carbono, aço de liga baixa, aço de liga alta e aço inoxidável em que possa ser reduzida a formação de porosidade central de maneira estável e confiável e possa ser exibido o efeito da qualidade do aperfeiçoamento.

A presente invenção colocou as tecnologias descritas nas Patentes Japonesas Nºs 2.856.068, 3.405.490 e 3.401.785 acima descritas, dentre outras, em uso prático e acumulou uma série de casos de aplicação. Ao mesmo tempo, a presente invenção avançou seus trabalhos de pesquisa e desenvolvimento para estabelecer um método de fundição contínua de um

25 lingote com uma pequena seção transversal em que o efeito do aperfeiçoamento da qualidade interna possa ser produzido com maior estabilidade e confiabilidade. Como um resultado, foram feitas as descobertas que se se-

30

guem de (a) a (h), que levaram à conclusão da presente invenção.

O método da invenção que utiliza a contração térmica resultante do esfriamento da superfície do lingote para levar à compressão do lingote é altamente eficaz na fundição contínua de um lingote de pequena seção transversal cuja área de seção transversal não é maior do que 500 cm^2 . Visto que, na fundição contínua acima mencionada, é usado um molde com uma pequena seção transversal e um sensor de corrente parasita para controle de nível de fundição é usado um molde, é necessário usar um bocal de imersão cilíndrico com um único orifício como o bocal para despejar aço fundido no molde.

Ajustando o movimento do aço moldado no molde pelo movimento eletromagnético, se torna possível aumentar a proporção de formação dos cristais equiaxiais na parte central do lingote e inibir o desenvolvimento da porosidade no centro do lingote e também permitir que a parte externa solidificada se desenvolva uniformemente. Para assegurar a formação de cristal axial que promove efeito do movimento eletromagnético acima mencionado, é necessário que o diâmetro interno do orifício único do bocal de imersão mencionado acima sob (a) não deve ser menor do que $40 \text{ mm } \Phi$ de maneira que a velocidade do fluxo de saída do aço fundido possa ser suprimida.

Para manter a estabilidade da parte externa solidificada e suprimir a variação da proporção de fase sólida no centro do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação, é necessário o controle do nível de aço fundido de precisão alta no molde e, para as medições do nível de aço fundido, o uso de um sensor de corrente parasita para controle do nível de aço fundido em um molde é apropriado, conforme mencionado acima sob (a). Com os outros sensores de nível de aço fundido do tipo de raio γ , o tipo termopar e assim por diante, a sensibilidade da detecção do nível de aço fundido é baixa e aquelas medições de nível de aço fundido de alta precisão que são requeridas na prática da invenção podem nunca ser realizadas pelos mesmos.

Para assegurar a produtividade da fundição e alcançar operações estáveis, é necessário proporcionar uma zona de esfriamento durante o pe-

ríodo final de solidificação na região do menisco do aço fundido no molde em uma distância de 15 a 45 m na direção da fundição. Para esfriamento de lingote suficiente e para evitar esfriamento e inútil e impedir deformações do lingote devido ao superesfriamento, é necessário que a zona de esfriamento
5 durante o período final de solidificação seja uma zona de esfriamento contínuo sendo dotada de uma extensão de 3 a 8 m.

É apropriado que a velocidade de fundição seja ajustada de maneira que a região na qual a proporção de fase sólida no centro do lingote seja de 0,3 a 0,99 seja incluída na zona de esfriamento durante o período
10 final de solidificação. Isso se deve ao fato de que uma vez que a porosidade no centro do lingote é dotada do ponto de iniciação da ocorrência na região na qual a proporção de fase sólida no centro do lingote é de 0,3 a 0,99 e cresce nessa região, é eficaz na prevenção da ocorrência de porosidade no centro do lingote para realizar esfriamento final na variação da proporção da
15 fase sólida acima mencionada.

É preciso que a quantidade específica de água de esfriamento na zona de esfriamento secundária seja de 0,1 a 0,8 litro (L)/kg- de aço e que a temperatura da superfície do lingote na entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação seja de 900 a 1200°C. Quando a
20 quantidade específica de água na zona de esfriamento secundária é menor, o lingote se torna abaulado devido à pressão hidrostática do aço fundido e torna-se difícil prever ou avaliar a proporção da fase sólida no centro do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação. Quando, ao contrário, a quantidade específica de água é excessiva, o esfriamento
25 não se torna mais uniforme e ocorrem prontamente flutuações na espessura da parte externa solidificada, com o resultado de que se torna difícil prever a proporção da fase sólida no centro do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação.

Quando a temperatura da superfície do lingote na entrada da
30 zona de esfriamento durante o período final de solidificação é mais baixa do que 900°C, ocorre a fase de transformação da fase γ para a fase α e a superfície do lingote se expande, de maneira que o efeito da redução da poro-

sidade é prontamente diminuído. Quando, de modo inverso, a temperatura da superfície do lingote na entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação é excessivamente alta, o esfriamento não mais se torna uniforme e o efeito da redução da porosidade se torna instável.

5 É necessário que a densidade da água de esfriamento na superfície do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação seja de 20 a 300 L/(min • m²). Isso se deve ao fato de que quando a densidade da água de esfriamento é mais baixa, o efeito do esfriamento é fraco demais para que os efeitos da invenção sejam satisfatoriamente produzidos e, quando a densidade da água de esfriamento é maior do que 300 L/min • m²), a temperatura da superfície do lingote é abaixada para uma extensão excessiva e a superfície do lingote se expande devido à fase de transformação da fase γ para a fase α e, assim, o efeito da redução da porosidade é prontamente diminuído.

15 O corte do lingote deve ser realizado em pelo menos 1 m a jusante da saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação. Isso se deve ao fato de que quando o lingote é cortado logo após a saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação, o lingote após o corte é prontamente inclinado devido ao fato de que as flutuações da temperatura da superfície do lingote conforme ocasionadas pelo esfriamento irregular durante o período final de solidificação ainda não foram reduzidas.

O ponto principal da presente invenção, que foi completamente baseada nas descobertas acima, consiste nos métodos de fundição contínua que se seguem especificados abaixo sob a numeração de (1) a (5).

25 (1) Um método para fundir continuamente um lingote com uma pequena seção transversal na qual o lingote é dotado de uma área em corte transversal de até 500 cm² e um bocal de imersão cilíndrico com um orifício único que não seja menor do que 40 mm no diâmetro interno é usado para despejar um aço fundido em um molde, caracterizado pelo fato de que: um
30 nível de superfície do aço fundido é medido usando um sensor de corrente parasita e o nível de aço fundido em um molde é controlado com base no valor assim medido, e o movimento do aço fundido no molde é ajustado pelo

provisão de movimento eletromagnético; é proporcionada uma zona de esfriamento durante o período final de solidificação, que é de 3 a 8 m de extensão e contínua na direção da fundição, na região do menisco do aço fundido no molde na área que está de 15 a 45 m afastada da mesma na direção da fundição, e é ajustada uma velocidade de fundição de maneira que a região na qual a proporção da fase sólida no centro do lingote é 0,3 a 0,99 pode ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação: o lingote é esfriado em uma zona de esfriamento secundária, situada no lado montante (na direção da fundição) com relação à zona de esfriamento durante o período final de solidificação, com a água de esfriamento em uma quantidade específica de 0,1 a 0,8 litro (L)/kg de aço para por meio disso ajustar a temperatura da superfície do lingote na entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação para 900 a 1200°C; o lingote é esfriado na zona de esfriamento durante o período final de solidificação em uma densidade de água de esfriamento na superfície do lingote de 20 a 300 litros (L)/(min • m²); e o lingote é cortado em um local de pelo menos 1 m a jusante (na direção da fundição) com relação à saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação (em seguida algumas vezes também referido como "um primeiro aspecto da invenção").

(2) O método de fundição contínua conforme descrito acima sob (1), caracterizado pelo fato de que as flutuações no nível da superfície do aço fundido no molde são controladas dentro de mais ou menos 10 mm (em seguida algumas vezes também referido como "um segundo aspecto da invenção").

(3) O método de fundição contínua conforme descrito acima sob (1) ou (2), caracterizado pelo fato de que o movimento eletromagnético é realizado ao mesmo tempo em que o aço fundido no molde é girado em um plano horizontal e o valor máximo de uma velocidade de fluxo tangencial do aço fundido é ajustado dentro da faixa de 0,2 a 0,8 m/s (em seguida algumas vezes também referido como "um terceiro aspecto da invenção").

(4) O método de fundição contínua conforme descrito acima sob qualquer numeração de (1) a (3), caracterizado pelo fato de que o ajuste da velocidade de fundição é realizado em resposta às alterações nos teores no

aço fundido de pelo menos três elementos selecionados dentre C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo e Ni e uma alteração significativa na temperatura e fundição (em seguida algumas vezes também referido como "um quarto aspecto da invenção").

5 (5) O método de fundição contínua conforme descrito acima sob qualquer numeração de (1) a (4), caracterizado pelo fato de que o esfriamento secundário do lingote é concluído em um local de pelo menos 2 m a montante (na direção da fundição) com relação à entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação (em seguida algumas vezes também referido como "um quinto aspecto da invenção").

10 O "sensor de corrente parasita para controle do nível de aço fundido no molde" conforme aqui referido é um sensor de distância de corrente parasita em amplo uso conforme usado para medição do nível de superfície de aço fundido de aço fundido e é sensor de nível de aço fundido de um rolo de transmissão e um rolo de recebimento. Esse tipo de sensor de
15 nível de aço fundido é caracterizado, dentro outros, pelo fato da alta precisão no nível de medição do nível de aço fundido.

 A "zona de esfriamento secundária" significa uma zona de esfriamento situada a jusante com relação à saída do molde e esfriando diretamente a superfície do lingote por pulverização.

20 A "proporção de fase sólida no centro do lingote" significa a fração da região de fase sólida com relação a toda região ocupada pela fase sólida e a fase líquida na parte central do lingote.

 O termo "alteração significativa" significa uma extensão de alteração em um fator operacional exercendo uma influência no índice de solidificação do lingote, por exemplo, uma composição de aço ou temperatura de
25 fundição, que seja suficiente para que essa influência chegue ou exceda um determinado nível prescrito. O valor do mesmo é determinado com base nas experiências operacionais e nos resultados de operação reais. Para os teores dos elementos C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo e Ni, é em torno de mais ou menos 0,001 a mais ou menos 0,01% por massa e, no caso da temperatura de
30 fundição, é em torno de mais ou menos 2 a mais ou menos 5°C. Será descrito posteriormente na numeração de 2 a 4 como refletir a alteração ou as al-

terações na velocidade de fundição.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é um diagrama esquemático ilustrando o método de fundição contínua da invenção para fundir um lingote com uma pequena seção transversal.

Melhores Modos para Realizar a Invenção

1. Constituição básica da invenção

Conforme anteriormente mencionado, a invenção consiste em um método para fundir continuamente um lingote com uma pequena seção transversal na qual o lingote é dotado de uma área em corte transversal de até 500 cm² e um bocal de imersão cilíndrico com um único orifício que não seja menor do que 40 mm no diâmetro interno é usado para verter um aço fundido em um molde, caracterizado pelo fato de que: é medido um nível de superfície de aço fundido usando um sensor de corrente parasita para controlar o nível de aço fundido em um molde e o nível de aço fundido é controlado com base no valor assim medido, e o movimento do aço fundido no molde é ajustado pelo provimento de movimento eletromagnético; uma zona de esfriamento durante o período final de solidificação, que é de 3 a 8 m de extensão e contínua na direção da fundição, é proporcionada na região variando do menisco do aço fundido no molde para uma área que está de 15 a 45 m afastada do mesmo na direção da fundição; e é ajustada uma velocidade de fundição de maneira que a região na qual a proporção da fase sólida no centro do lingote é de 0,3 a 0,99 possa ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação; o lingote é esfriado em uma zona de esfriamento secundária, situada no lado a montante em relação à zona de esfriamento durante o período final de solidificação, com a água de esfriamento em uma quantidade específica de 0,1 a 0,8 litro (L)/kg de aço para por meio disso ajustar a temperatura da superfície do lingote na entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação para 900 a 1200°C, que o lingote é esfriado na zona de esfriamento durante o período final de solidificação com uma água de esfriamento em uma densidade de 20 a 300 litros (L)/(min • m²) na superfície do lingote; e o lingote é cortado

em um local de pelo menos 1 m a jusante com relação à saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação. A matéria da invenção será descrita em maiores detalhes a seguir.

A figura 1 é uma descrição esquemática de uma seção transversal vertical para ilustrar o método de fundição contínua da invenção para fundir um lingote com uma pequena seção transversal. O aço fundido 2 contido em um "tundish" (um recipiente para despejar o aço fundido em um molde, com furos no fundo para evitar salpicos) 1 é despejado, através de um bocal de imersão 3, no molde 4 e esfriado com uma água de esfriamento dentro do molde com uma água de pulverização secundária pulverizada de um aparelho de esfriamento 11 (um grupo de bocais de pulverização) em uma zona de esfriamento secundária situada abaixo do molde para formar um lingote 9 ao mesmo tempo em que forma uma parte externa sólida 7. Aqui, o nível de superfície (altura) do aço fundido 6 no molde 4 é medido por meio de um sensor de corrente parasita 5 para controle de nível fundido e o nível de aço fundido é controlado com base no valor medido e, ao mesmo tempo, o aço fundido no molde, por exemplo, provido de um movimento eletromagnético por um aparelho de movimento eletromagnético 10 e o movimento do aço fundido é controlado por meio disso.

O lingote 9 contendo o aço fundido não solidificado 8 na parte central do mesmo é retirado na direção para direita na figura por uma unidade de rolo propulsor 12 e, após a solidificação completa como um resultado do esfriamento com água pulverizada de um aparelho de esfriamento 13 em uma zona de esfriamento durante o período final de solidificação, o lingote é cortado por um dispositivo de corte de lingote (maçarico de corte) 14.

2 Fundamentos para especificar elementos constitucionais e modos preferidos da modalidade

2.1 Primeiro aspecto da invenção

1) Área de seção em corte de até 500 cm²

É necessário que a área em corte transversal do lingote não seja maior do que 500 cm². Quando a área em corte transversal é maior do que 500 cm² é difícil produzir o resultado da invenção, a saber, o resultado da

compressão da parte interna do lingote utilizando contração térmica durante o esfriamento da superfície do lingote. O valor limite mais baixo para a área em corte transversal não está aqui especificado. Contudo, à luz do limite mais baixo para a área em corte transversal em fundição contínua usual, a área em corte transversal deve ser preferivelmente em torno de 150 cm² ou maior.

2) Uso de um bocal de imersão cilíndrico com um único orifício que não seja menor do que 40 mm no diâmetro interno

A razão pela qual é usado um bocal de imersão cilíndrico com um único orifício é que quando o aço fundido é derramado no molde de fundição contínua sendo dotado de uma pequena seção transversal desse tipo conforme mencionado acima é difícil usar um bocal de imersão cilíndrico sendo dotado de uma pluralidade de orifícios de saída e, para usar um sensor de corrente parasita para controle de nível de aço fundido no molde, que está descrito posteriormente, é necessário usar o bocal de imersão acima especificado. Ademais, a razão pela qual o diâmetro interno do orifício único não deve ser menor do que 40 mm é que quando o diâmetro interno é menor do que 40 mm, a velocidade do fluxo de saída se torna excessivamente alta e o resultado mencionado após o movimento eletromagnético para promover formação de cristal equiaxial diminui. O limite máximo para o diâmetro interno do orifício único não está especificado. Em vista do limite mais baixo para o diâmetro interno na fundição contínua usual de um lingote com uma pequena seção transversal, preferivelmente o diâmetro interno não deve ser maior do que 80 mm.

3) Uso de um sensor de corrente parasita para controle de nível de aço fundido em um molde

A razão pela qual é usado um sensor de corrente parasita de controle de nível de aço fundido em um molde é como se segue. Para permitir que a parte externa solidificada cresça de modo estável e eliminando a flutuação na proporção da fase sólida no centro do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação para produzir por meio disso os resultados da invenção em uma maneira estável, é necessário o uso de um sensor de corrente parasita para o controle do nível de aço moldado em

um molde pelo qual podem ser feitas medições de alta precisão. Com outros sensores de nível de fundição do tipo de raio γ , do tipo de acoplamento térmico e assim por diante, a percepção da detecção do nível de aço é baixa e aqueles níveis de alta precisão de fundição que são requeridos na prática da invenção podem nunca ser realizados.

4) Movimento eletromagnético do aço fundido em um molde

A seguir há duas razões pelas quais o movimento do aço fundido dentro do molde é ajustado por movimento eletromagnético. A primeira razão é que o resultado da inibição do desenvolvimento da porosidade central no centro do lingote pode ser produzido confiavelmente pelo ajuste do índice de fluxo de aço fundido pelo provimento de movimento eletromagnético para, por meio disso, promover a formação dos cristais equiaxiais no centro do lingote e, assim, aumentar o índice de cristal equiaxial. A segunda razão é que o resultado do crescimento uniforme da parte externa solidificada pode ser obtido pelo ajuste do movimento do aço fundido pelo provimento de movimento eletromagnético.

5) Disposição de uma zona de esfriamento longa de 3 a 8 m durante o período final de solidificação na região do menisco do aço fundido para um local de 15 a 45 m afastado do mesmo.

A razão pela qual uma zona de esfriamento durante o período final de solidificação é disposta na região variando do menisco para um local de 15 a 45 m afastado do mesmo é como se segue. Quando a distância do menisco para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação for mais curta do que 15 m, a velocidade de fundição se torna excessivamente baixa e a produtividade da fundição contínua diminui e, quando a distância do menisco para zona de esfriamento durante o período final de solidificação for maior do que 45 m, a velocidade de fundição se torna excessivamente alta e se torna difícil realizar operações de fundição estáveis. Aqui, a variação da velocidade de fundição não está especificada, mas é geralmente preferido, do ponto de vista da produtividade aperfeiçoada e operação estável, que a operação seja realizada dentro da variação em torno de 1,5 a 4,0 m/min.

A razão pela qual a extensão da zona de esfriamento durante o

período final de solidificação não deve ser mais curta do que 3 m é como se segue. Quando a extensão em questão é mais curta do que 3 m, não pode ser obtido esfriamento suficiente do lingote. A razão pela qual a extensão da zona de esfriamento durante o período final de solidificação deve ser de até 8 m é que a extensão que exceda 8 m não apenas torna a zona de esfriamento desnecessariamente longa como também permite a inclinação do lingote como um resultado de superesfriamento.

6) Ajuste da velocidade de fundição de maneira que a região na qual a proporção da fase sólida no centro do lingote seja de 0,3 a 0,99 possa ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação

A razão pela qual a velocidade de fundição é ajustada de maneira que a região na qual a proporção da fase sólida no centro do lingote seja de 0,3 a 0,99 possa ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação é como se segue. A porosidade central no centro do lingote é dotada do ponto de iniciação de ocorrência na região na qual a proporção de fase sólida no centro do lingote é de 0,3 a 0,99 e cresce nessa região. Portanto, é eficaz na prevenção da ocorrência de porosidade central no centro do lingote para realizar o esfriamento durante o período final de solidificação no período de solidificação no qual a proporção de fase sólida está dentro da faixa acima.

7) Quantidade específica de água de esfriamento de 0,1 a 0,8 L/kg de aço na zona de esfriamento secundária e temperatura da superfície do lingote de 900 a 1200°C na entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação

A razão pela qual a quantidade específica de água de esfriamento na zona de esfriamento de lingote secundária deve ser de 0,1 a 0,8 L/kg de aço é como se segue. Quando a quantidade específica de água na zona de esfriamento secundária é menor do que 0,1 L/kg de aço, o lingote torna-se abaulado devido à pressão hidrostática do aço fundido e a área de corte transversal do lingote se expande prontamente e, portanto, torna-se difícil prever ou avaliar a proporção de fase sólida no centro do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação. Quando, ao

contrário, a quantidade específica de água de esfriamento secundária é maior do que 0,8 L/kg de aço, o esfriamento se torna não mais uniforme e as flutuações na espessura da parte externa solidificada ocorrem prontamente, com o resultado de que se torna difícil a previsão da proporção de fase sólida no centro do lingote na zona de esfriamento secundária durante o período final de solidificação.

A razão pela qual a temperatura da superfície do lingote na entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação deve ser de 900 a 1200°C é como se segue. Quando a temperatura da superfície do lingote na entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação é menor do que 900°C, a temperatura da superfície do lingote se torna excessivamente diminuída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação e ocorre a fase de transformação da fase γ para a fase α e a superfície do lingote se expande, de maneira que o resultado da redução da ocorrência da porosidade central é prontamente diminuída, quando, ao contrário, a temperatura da superfície do lingote na entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação é mais alta, a saber, maior do que 1200°C, o esfriamento na zona de esfriamento durante o período final de solidificação se torna não mais uniforme e prontamente ocorre um esfriamento desigual e o efeito da redução da ocorrência da porosidade se torna instável.

8) Água de esfriamento com uma densidade de 20 a 300 L/(min • m²) na superfície do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação

A razão pela qual a densidade da água de esfriamento na superfície do lingote na zona de esfriamento no período final de solidificação deva ser de 20 a 300 L/(min • m²) é como se segue. Quando a densidade da água de esfriamento é menor do que 300 L/(min • m²), o efeito do esfriamento é fraco demais para os resultados da invenção serem inteiramente produzidos e, quando a densidade da água de esfriamento é maior do que 300 L/(min • m²), a temperatura da superfície do lingote é diminuída até um ponto excessivo, ocorre a fase de transformação da fase γ para a fase α e a superfície do lingote se expande e, assim, o efeito da redução da porosidade

central é prontamente diminuído.

9) Corte do lingote em um local de pelo menos 1 m a jusante com relação à saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação

A razão pela qual o corte do lingote é realizado em um local de pelo menos 1 m a jusante com relação à saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação é como se segue. Quando o lingote é cortado em um local dentro de 1 m logo após a saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação, o lingote após o corte é prontamente inclinado devido ao fato de que a desigualdade na temperatura da superfície do lingote conforme ocasionado pelo esfriamento desigual durante o período final de solidificação ainda não foi reduzida pela difusão térmica. Assim, para evitar a inclinação do lingote após o corte, é necessário cortar o lingote em um local de pelo menos 1 m a jusante com relação à saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação. É preferível e desejável que o corte do lingote seja completado em um local de pelo menos 3 m a jusante com relação à saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação. Isso se deve ao fato da distribuição da temperatura da superfície do lingote desigual resultando do esfriamento desigual na zona de esfriamento durante o período final de solidificação é então conferida suficientemente igual e uniforme devido à difusão térmica e o lingote é ainda mais impedido de inclinar.

2-2 Segundo aspecto da invenção

No segundo aspecto da mesma, a invenção é direcionada a um método de fundição contínua de acordo com o primeiro aspecto da invenção, caracterizado pelo fato de que as flutuações no nível de superfície do aço fundido no molde são controladas mais ou menos dentro de 10 mm, conforme descrito anteriormente.

A razão pela qual as flutuações no nível de superfície do aço fundido no molde são preferivelmente controladas dentro de mais ou menos 10 mm é que quando as flutuações no nível de superfície do aço fundido no molde se tornam maior do que mais ou menos 10 mm, o crescimento da parte externa solidificada se torna instável. Se o crescimento da parte externa

solidificada se tornar instável, as flutuações na proporção da fase sólida no centro do lingote na zona de esfriamento durante o período final de solidificação aumentarão e os resultados da invenção, a saber, o resultado da redução estável e confiavelmente reduzindo a ocorrência da porosidade central e o resultado do aperfeiçoamento da qualidade interna do lingote não será mais satisfatoriamente alcançado.

Para eliminar as quantidades de flutuação no nível da superfície de aço fundido mais ou menos dentro de 10 mm, tais medidas como o uso de um cilindro de escalonamento de responsabilidade alta no mecanismo de controle de índice de fluxo de aço fundido ou a seleção de um ganho de controle apropriado são requeridas, além da obtenção de informação altamente precisa a respeito do nível de superfície de aço moldado usando um sensor de corrente parasita para controle do nível de aço fundido em um molde.

2.3. Terceiro aspecto da invenção

No terceiro aspecto da mesma, a invenção é direcionada a um método de fundição contínua de acordo com o primeiro ou segundo aspecto da invenção, em que o movimento eletromagnético do aço fundido no molde é realizado ao mesmo tempo em que gira o aço fundido em um plano horizontal e a velocidade de fluxo de rotação máxima do aço fundido é ajustada para um nível dentro de uma faixa de 0,2 a 0,8 m/s.

A razão pela qual um fluxo rotativo em um plano horizontal é levado a formar pelo movimento eletromagnético é que é preferível do ponto de vista da eliminação das flutuações no nível de superfície do aço fundido para dispor um rolo eletromagnético de maneira que possa ser formado um fluxo tangencial em um plano horizontal na realização do movimento eletromagnético do aço fundido no molde. A razão pela qual o valor máximo da velocidade do fluxo rotativo do aço fundido conforme produzido pelo movimento magnético está preferivelmente dentro da faixa de 0,2 a 0,8 m/s é a que se segue. Quando a velocidade do fluxo acima mencionada é menor do que 0,2 m/s é difícil obter os resultados do movimento eletromagnético, a saber, o resultado da inibição da ocorrência da porosidade central pela promoção da formação de cristais equiaxiais e o resultado da permissão do

crescimento da parte externa solidificada uniformemente através do controle do movimento do aço fundido. Por outro lado, quando a velocidade do fluxo acima mencionado é maior do que 0,8 m/s, as flutuações no nível da superfície do aço fundido no molde aumentam de modo desfavorável até um ponto excessivo.

Aqui, o valor máximo da velocidade do fluxo rotativo indica a velocidade do fluxo do aço fundido em um local onde a velocidade do fluxo rotativo do aço fundido se torna máxima na região do espaço dentro do molde circundada pelo rolo disposto para movimento eletromagnético.

10 2-4 Quarto aspecto da invenção

No quarto aspecto da invenção, a mesma é direcionada a um método de fundição contínua de acordo com qualquer do primeiro ao terceiro aspectos da invenção, em que o ajuste da velocidade de fundição é realizado em resposta às mudanças significativas nos teores no aço fundido de pelo menos três elementos selecionados dentre C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo e Ni e uma alteração significativa na temperatura de fundição.

O ajuste da velocidade de fundição é preferivelmente realizado considerando a influência nos teores no aço fundido de pelo menos três elementos selecionados dentre C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo e Ni, e da temperatura de fundição no índice de solidificação. O índice de solidificação (mais precisamente, o índice do crescimento da parte externa solidificada) varia sob as influências da composição do aço fundido e da temperatura de fundição. De acordo com a experiência e as investigações da presente invenção, é preferível para prever o índice de solidificação do lingote com precisão adequada que os teores no aço fundido de pelo menos três elementos selecionados dentre C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo e Ni sejam considerados com relação à composição do aço fundido e a influência da temperatura de fundição seja considerada simultaneamente.

O índice de solidificação do lingote é influenciado pela diminuição do equilíbrio da temperatura de solidificação devido à segregação dos elementos componentes dissolvidos e às alterações na composição devido às alterações morfológicas da camada de óxido (escama) na superfície do

lingote, e a extensão das influências também varia dependendo das condições operacionais. A diminuição da temperatura de solidificação pode ser prevista, por exemplo, pela simulação numérica do processo de solidificação considerando a segregação dos elementos constituintes. Por outro lado, a

5 alteração na taxa de solidificação conforme ocasionada pelas alterações nos teores constituintes como resultante das alterações morfológicas da camada de óxido na superfície do lingote é difícil prever pelos cálculos e, portanto, é necessário deduzir a tendência com base nos exames de um grande número de lingotes. Por meio de um grande acúmulo dos resultados dos exames

10 quanto à relação acima e analisando o processo de solidificação pelo ajuste de dados usando esses resultados dos exames, é possível prever o índice de solidificação.

Do ponto de vista de levar o lingote apropriado na proporção de fase sólida no centro na zona de esfriamento durante o período final de solidificação com boa precisão, o ajuste da velocidade de fundição no quarto

15 aspecto da invenção é preferivelmente executado em cada tempo quando uma alteração ou alterações significativas em tais fatores resultantes no índice de solidificação à medida que sejam observados os teores constituintes acima mencionados e/ou a temperatura de fundição. Especificamente, os

20 valores analíticos para cada aquecimento (cada concha) no estágio final de refinamento, por exemplo, são usados como os teores constituintes no aço fundido e o valor da temperatura do aço fundido medido no "tundish" por 30 a 50 toneladas (t) de cada fundição de aço, por exemplo, é usado como a temperatura de fundição, e o ajuste é preferivelmente realizado em cada

25 tempo quando forem reconhecidas uma alteração ou alterações significativas nos fatores resultantes.

2-5. Quinto aspecto da invenção

No quinto aspecto da invenção, a mesma é direcionada a um método de fundição contínua de acordo com o primeiro ao quarto aspecto da

30 invenção, em que o esfriamento secundário do lingote é concluído em um local de pelo menos 2 m a montante em relação à entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação.

A razão pela qual é preferível concluir o esfriamento secundário do lingote em um local de pelo menos 2 m a montante em relação à entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação é que a conclusão do esfriamento secundário no local acima mencionado é desejável para tornar a temperatura da superfície do lingote uniforme e aumentando por meio disso o resultado do esfriamento durante o período final de solidificação. Mais preferivelmente, o esfriamento secundário é concluído em um local de pelo menos 5 m a montante em relação à entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação.

- 5
- 10 Conforme anteriormente explicado, é possível aumentar o resultado da redução da porosidade central pelo esfriamento durante o período final de solidificação e estabilizar a operação de fundição pela operação ao mesmo tempo aperfeiçoando as várias condições nas etapas de alimentação do aço fundido para o molde, esfriamento secundário, esfriamento durante o período final de solidificação, e corte do lingote.
- 15

(Exemplos)

- Para confirmar os resultados do método de fundição contínua da invenção, foram realizados os testes de fundição que se seguem e foram avaliados os resultados. As condições do teste e os resultados do teste estão ilustrados na Tabela 1, e as composições químicas do aço fundido usado em cada teste de fundição estão ilustradas na Tabela 2.
- 20

Tabela 1

Teste Nº	A	B	C
Classificação	Exemplo Inventivo	Exemplo comparativo	Exemplo comparativo
Tamanho do Molde (nominal)	190 mm ϕ	190 mm ϕ	310 mm ϕ
Área em corte transversal do lingote	280cm ²	280cm ²	750cm ²
Bocal de injeção	Orifício único, cilíndrico Diâmetro interno do orifício único 50mm ϕ	Nenhum	Orifício único, cilíndrico Diâmetro interno do orifício único 60mm ϕ
Sensor para nível de aço fundido no molde	Tipo de corrente parasita	Tipo de raio γ	Tipo de corrente parasita
Flutuação no nível do aço fundido no molde	Mais ou menos 4 mm	Mais ou menos 12 mm	Mais ou menos 3 mm
Movimento eletromagnético no molde	Movimento Horizontal Velocidade máxima do fluxo tangencial 0,4 m/s	Movimento Horizontal Velocidade máxima do fluxo tangencial 0,4 m/s	Movimento Horizontal Velocidade máxima do fluxo tangencial 0,5 m/s
Local da zona de estufamento durante o período final de solidificação	Distância do menisco = 27m-33m (Extensão 6m)	Distância do menisco = 27m-33m (Extensão 6m)	Distância do menisco = 27m-33m (Extensão 6m)

Tabela 1 (continuação)

Teste Nº	A	B	C
Classificação	Exemplo inventivo	Exemplo comparativo	Exemplo comparativo
Ajuste da velocidade de fundição	Ajuste considerando as composições químicas do aço fundido, C, Si, Mn, P, S, Mo e Ni analisadas no estágio final de refino em cada aquecimento.	Apenas uma velocidade de fundição (sem ajuste) seleccionada de acordo com as composições químicas típicas no aço fundido (C, Si, Mn, P, S, Cr)	-
	Ajuste com base na temperatura do aço fundido no "fundisil" medida por 30 ton. de fundição de aço.	para cada grau de aço.	
Densidade de água de estufamento durante o período final de solidificação	130L/(min.m ²)	130L/(min.m ²)	0
Distância da extremidade do estufamento secundário para iniciar o estufamento durante o período final de solidificação	19m	19m	-
Quantidade específica de água de estufamento secundária	0,4L/Kg.aço	0,4L/Kg.aço	0,6L/Kg.aço
Temperatura da superfície do lingote na entrada para a zona de estufamento durante o período final de solidificação	1100°C	1100°C	-
Distância da saída da zona de estufamento durante o período final de solidificação para o local do término do corte do lingote	3,5m	3,5m	-
Índice de deficiências na superfície interna do tubo sem emenda	0,1%	7,0%	-

Tabela 2

Composição química do aço (% por massa, o equilíbrio sendo Fe e impurezas)								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Sol.Al
0,12 – 0,14	0,28 – 0,32	0,55 – 0,63	0,008 – 0,014	0,002 – 0,006	1,07 – 1,11	0,31 – 0,37	0,20 – 0,24	0,003 – 0,006

Uma vez que a composição do aço fundido real variou de aquecimento para aquecimento, de maneira que a variação da flutuação em cada composição química do aço está fornecida na Tabela 2.

5 O teste N° A é um teste para um exemplo inventivo, uma vez que todas as exigências aqui prescritas são satisfeitas, é um teste no qual podem ser obtidos os lingotes com a porosidade central eliminada no centro do lingote.

10 Quanto às condições da fundição, a temperatura de fundição, a saber, os graus do superaquecimento para aço fundido (temperatura de aço fundido em "tundish" – temperatura líquida do aço), estava em 35 a 60°C, e a velocidade de fundição em uma fundição de estado firme era de 2,7 m/min na média. No Teste N° A, a velocidade de fundição foi ajustada dentro da faixa mais ou menos de 0,1 m/min com a precisão de 0,01 m/min de acordo com a composição do aço fundido e da temperatura de fundição de modo
15 que a região na qual a proporção de fase sólida no centro do lingote era de 0,3 a 0,99 poderia ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação.

20 Como um resultado, no Teste N° A a ocorrência de porosidade no centro do lingote poderia ser confiavelmente reduzida sob condições de operação estáveis e a qualidade interna do lingote poderia ser aperfeiçoada altamente confiável. Os tubos de aço sem emendas foram produzidos usando os lingotes assim fundidos e sujeitos ao exame da qualidade da superfície interna; o resultado foi magnífico, a saber, o índice de defeitos da superfície interna foi 0,1%.

O índice de defeitos da superfície interna foi determinado pela divisão do número de tubos considerados "em discordância" sob inspeção visual para superfície dentro do tubo pelo número total de tubos sujeitos à

inspeção visual e convertendo o quociente para o percentual correspondente.

Ao contrário, o Teste N° B é um teste para um exemplo comparativo fora das faixas prescritas no primeiro aspecto da invenção. No Teste N° B, o método de alimentação de aço fundido aberto foi empregado sem usar um bocal de imersão e, portanto, não pode ser aplicado o sensor de corrente parasita para controle do nível de aço fundido em um molde. Como um resultado, as flutuações no nível de superfície do aço fundido foram grandes e o crescimento da parte externa solidificada foi instável. Ademais, no Teste N° B, a velocidade de fundição foi meramente predeterminada para cada grau de aço, de maneira que as influências das flutuações na composição do aço fundido e/ou na temperatura de fundição para cada aquecimento não podem ser refletidas no ajuste da velocidade de fundição.

Como um resultado, no Teste N° B, o resultado para a redução da ocorrência da porosidade central no centro do lingote foi diminuído devido aos fatores instáveis e não confiáveis acima mencionados e, além disso, a operação se tornou instável e ocorreu com frequência a perfuração da parte externa solidificada. Ademais, os tubos sem emendas foram produzidos usando os lingotes assim fundidos e sujeitados ao exame de qualidade da superfície interna; os resultados foram inferiores, a saber, o índice de defeitos de superfície interna foi 7%.

O Teste N° C é um teste para um exemplo comparativo no qual a área em corte transversal era grande demais para satisfazer às exigências relevantes aqui prescritas e que é, portanto, inadequado para realizar o método de fundição contínua de acordo com a invenção. No Teste N° C, não foi aplicada a técnica de redução da ocorrência de porosidade devido ao esfriamento durante o período final de solidificação, de maneira que ocorreu a porosidade central maciça no centro do lingote.

Aplicabilidade Industrial

De acordo com o método da invenção para fundir continuamente um lingote com uma pequena seção transversal, a ocorrência de porosidade no centro do lingote pode ser reduzida de maneira estável e pode ser

aumentada a confiabilidade do aperfeiçoamento da qualidade interna do lingote pelo derramamento do aço fundido em um molde usando um bocal de imersão cilíndrico com um único furo, medindo o nível de superfície do aço fundido no molde usando um sensor de corrente parasita e controlando o

5 nível de superfície do aço fundido com base nos valores medidos, ajustando o movimento do aço fundido no molde por movimento eletromagnético, determinando o local e a extensão da zona de esfriamento durante o período final de solidificação, ajustando a velocidade de fundição de maneira que a região na qual a proporção de fase sólida no centro do lingote esteja dentro

10 de uma faixa especificada pode ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação e, além disso, aperfeiçoando a quantidade específica de água de esfriamento na zona de esfriamento de lingote secundária, a temperatura da superfície do lingote na entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação e a densidade da água de esfriamento na zona de esfriamento durante o período final de solidificação,

15 dentre outras coisas.

Portanto, o método da invenção serve como uma tecnologia capaz de ser amplamente aplicada como um método de fundição contínua por meio do qual pode ser aumentado o resultado da redução da ocorrência de

20 porosidade central devido ao esfriamento durante o período final de solidificação e a operação de fundição pode ser estabilizada como um resultado da realização da operação ao mesmo tempo em que aperfeiçoa várias condições operacionais através das etapas de alimentação do aço fundido no molde, esfriamento secundário, esfriamento durante o período final de solidificação, e corte do lingote.

25

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fundir continuamente um lingote com uma pequena seção transversal na qual o lingote é dotado de uma área em corte transversal de até 500 cm^2 e um bocal de imersão cilíndrico com um único orifício que não seja menor do que 40 mm no diâmetro interno é usado para despejar um aço fundido em um molde, caracterizado pelo fato de que:

um nível de superfície do aço fundido é medido usando um sensor de corrente parasita para controle de nível de aço fundido em um molde e o nível de aço fundido é controlado com base no valor assim medido, e o movimento do aço fundido no molde é ajustado pela aplicação de movimento eletromagnético;

uma zona de esfriamento durante o período final de solidificação, que é de 3 a 8 m de extensão e contínua na direção de fundição, é proporcionada na região variando do menisco do aço fundido no molde para a área que está 15 a 45 m afastada da mesma na direção de fundição, e a velocidade de fundição é ajustada de maneira que a região na qual a proporção de fase sólida no centro do lingote é de 0,3 a 0,99 possa ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação;

o lingote é esfriado em uma zona de esfriamento secundária, situada no lado a montante em relação à zona de esfriamento durante o período final de solidificação, com uma água de esfriamento em uma quantidade específica de 0,1 a 0,8 litro (L)/kg de aço para, por meio disso ajustar uma temperatura de superfície de lingote em uma entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação até 900 a 1200°C ;

o lingote é esfriado na zona de esfriamento durante o período final de solidificação com a água de esfriamento em uma densidade de 20 a 300 litros (L)/(min $\cdot \text{m}^2$) na superfície do lingote; e

o lingote é, cortado em um local de pelo menos 1 m a jusante em relação à saída da zona de esfriamento durante o período final de solidificação.

2. Método de fundição contínua, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as flutuações no nível de superfície do aço

fundido no molde são controladas dentro de mais ou menos 10 mm.

3. Método de fundição contínua, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o movimento eletromagnético é realizado ao mesmo tempo em que o aço fundido no molde é girado em um plano horizontal e o valor máximo da velocidade de fluxo tangencial do aço fundido é ajustado dentro da faixa de 0,2 a 0,8 m/s.

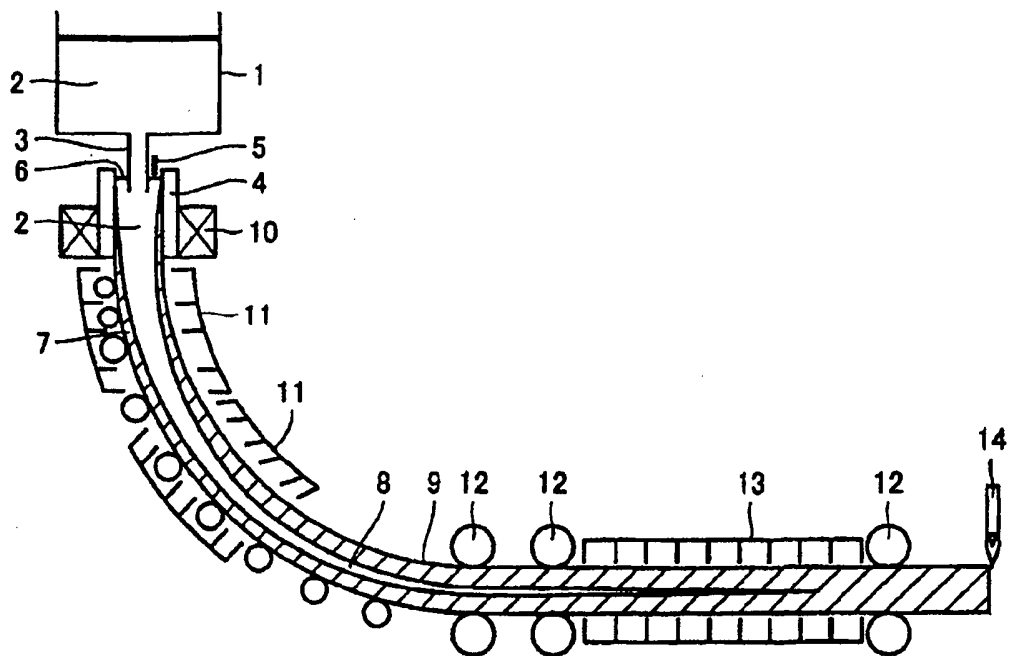
4. Método de fundição contínua, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o ajuste da velocidade de fundição é realizado em resposta às alterações significativas dos teores no aço fundido de pelo menos três elementos selecionados dentre C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo e Ni e uma alteração significativa na temperatura de fundição.

5. Método de fundição contínua, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o ajuste da velocidade de fundição é realizado em resposta às alterações significativas nos teores no aço fundido de pelo menos três elementos selecionados dentre C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo e Ni e uma alteração significativa na temperatura de fundição.

6. Método de fundição contínua, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o esfriamento secundário do lingote é finalizado no local de pelo menos 2 m a montante em relação à entrada na zona de esfriamento durante o período final de solidificação.

7. Método de fundição contínua, de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o esfriamento secundário do lingote é finalizado em um local de pelo menos 2 m a montante em relação à entrada da zona de esfriamento durante o período final de solidificação.

Fig.1



RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA FUNDIÇÃO CONTÍNUA DE LINGOTE COM PEQUENA SEÇÃO TRANSVERSAL"**.

A presente invenção refere-se a um método para fundir continuamente um lingote com uma pequena seção transversal na qual o lingote é dotado de uma área em corte transversal de até 500 cm² e um aço fundido é derramado em um molde usando um bocal de imersão cilíndrico com um único orifício, sendo caracterizado pelo fato de que o nível de aço fundido no molde é medido usando um sensor de corrente parasita para controlar o nível de aço fundido em um molde, o nível de aço fundido é controlado com base no valor assim medido, o movimento do aço fundido no molde é ajustado pela aplicação de movimento eletromagnético, uma zona de esfriamento durante o período final de solidificação é disposta dentro de uma variação de determinada região do menisco do local específico, uma velocidade de fundição é ajustada de maneira que a região na qual a proporção de fase sólida no centro do lingote é de 0,3 a 0,99 possa ser incluída na zona de esfriamento durante o período final de solidificação, e são aperfeiçoadas a quantidade específica da água de esfriamento secundário, a temperatura da superfície do lingote na entrada para a zona de esfriamento durante o período final de solidificação e a densidade da água de esfriamento na zona de esfriamento durante o período final de solidificação. Por meio disso, os lingotes com pequena seção transversal podem ser continuamente fundidos para vários graus de aço ao mesmo tempo em que reduz estável e confiavelmente a ocorrência de porosidade central no centro do lingote e aperfeiçoa a qualidade interna do lingote.