



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

(11) PI 0721846-0 B1

(22) Data do Depósito: 25/07/2007

(45) Data de Concessão: 23/08/2016



(54) Título: MÉTODO PARA O LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE LINGOTE COM PEQUENA SEÇÃO TRANSVERSAL

(51) Int.Cl.: B22D 11/128; B22D 11/16; B22D 11/20; B22D 11/22

(30) Prioridade Unionista: 27/06/2007 JP 2007-168853

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

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

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA O LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE LINGOTE COM PEQUENA SEÇÃO TRANSVERSAL"**.

Campo da Técnica

[001] A presente invenção refere-se a um método para o lingotamento contínuo de um lingote com uma pequena seção transversal, no qual a força de fricção entre o molde e o lingote impede a ocorrência de aderência, tornando possível a realização de operações estáveis em um lingotamento de aço contínuo.

Antecedentes da Técnica

[002] Na técnica, vários dispositivos relacionados à condição de oscilação de molde foram contemplados como tecnologias para aumentar a lubricidade no molde em um lingotamento contínuo. Por exemplo, na Publicação do Pedido de Patente Japonês N° S61-20653 e na Publicação do Pedido de Patente Japonês N° S60-87955, é descrito um método de oscilação de molde que utiliza uma onda de oscilação não-sinusoidal, na qual a velocidade ascendente do molde é inferior à velocidade descendente e, na Publicação do Pedido de Patente Japonês N° H06-15425, é descrito um método de oscilação no qual a frequência ou amplitude de oscilação do molde é controlada de modo que um tempo de faixa negativa apropriada pode ser mantido para cada tipo de aço. Além disso, a Publicação do Pedido de Patente Japonês N° H08-19845 descreve uma técnica de oscilação que envolve uma onda de oscilação de alta velocidade igual ou maior que 40 mm/s durante o período ascendente na oscilação do molde, e a Publicação de Pedido de Patente Japonês N° H08-187562 descreve um método que compreende o aumento da amplitude de oscilação de acordo com o aumento da velocidade de lingotamento, ao mesmo tempo mantendo a frequência da oscilação de molde dentro de uma determinada faixa.

[003] No entanto, todas as invenções acima citadas tratam ape-

nas de dispositivos relativos à condição da oscilação de molde e, portanto, cada qual terá naturalmente os seus próprios limites com relação ao efeito da redução da força de fricção entre o molde e o lingote.

[004] A respeito desse problema, os presentes inventores propuseram, na Patente Japonesa Nº 3.298.586, uma substituição da tecnologia por um aperfeiçoamento na lubrificação apenas por meio da oscilação acima mencionada. Sendo assim, os presentes inventores propuseram uma máquina de lingotamento contínuo, na qual é utilizado um mecanismo tendo um jogo estrutural, ou uma possibilidade de livre movimento incorporada ao mecanismo de acionamento para cilindros puxadores, a fim de diminuir a velocidade de retirada durante o movimento ascendente do molde e aumentar a velocidade de retirada durante o movimento descendente do molde e, assim, reduzir a força de fricção entre o molde e o lingote no molde. Com o uso da máquina de lingotamento contínuo descrita acima no citado documento, torna-se possível reduzir notavelmente a força de fricção em questão. Para a produção deste efeito estável, no entanto, existe ainda espaço para aperfeiçoamentos do ponto de vista tecnológico.

Descrição da Invenção

[005] A presente invenção, desenvolvida com vista aos problemas acima discutidos, tem como objetivo prover um método para o lingotamento contínuo de um lingote com uma pequena seção transversal, no qual os efeitos da invenção descrita na acima citada Patente Japonesa Nº 3.298.586 poderão ser produzidos de uma maneira mais estável com base nas descobertas obtidas nos subsequentes desenvolvimentos tecnológicos em relação à redução da força de fricção entre um molde e um lingote.

[006] Os presentes inventores avançaram suas pesquisas e trabalhos de desenvolvimento no sentido de solucionar os problemas acima e estabelecer um método para o lingotamento contínuo de um

lingote com uma pequena seção transversal de acordo com que os efeitos da invenção descrita na acima citada Patente Japonesa Nº 3.298.586 poderão ser produzidos de uma maneira mais estável e, como um resultado, chegaram às seguintes descobertas (a) a (g). Estas descobertas conduziram, em seguida, à conclusão da presente invenção.

[007] O mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada, conforme descrito no acima citado Documento de Patente Japonesa Nº 6, é adequado para aplicação na execução do método de lingotamento contínuo utilizando uma máquina de lingotamento contínuo do tipo curvada ou uma máquina de lingotamento contínuo do tipo vertical. Isso porque, quando o mecanismo é aplicado a tal máquina de lingotamento, conforme acima mencionada, a força de fricção na zona de curvatura de lingote é baixa e os movimentos do lingote em associação à oscilação do molde são prontamente transmitidos aos cilindros puxadores a jusante em lingotamento.

[008] Ao utilizar um mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada, que torna a velocidade de retirada do lingote, durante o período ascendente da oscilação de molde, mais lenta que a velocidade média de retirada, e, durante o período descendente da oscilação de molde, mais rápida que a velocidade média de retirada, torna-se possível reduzir a força de fricção máxima entre o molde e o lingote. Isto porque a força de fricção aumenta durante o período ascendente da oscilação de molde, durante a qual a velocidade relativa (diferença de velocidade) entre o molde e o lingote aumenta, e diminui durante o período descendente da oscilação de molde, durante a qual a velocidade relativa diminui e, portanto, ao diminuir a velocidade de retirada do lingote durante o período ascendente da oscilação de molde e ao aumentar a velocidade de retirada do lingote durante o período descendente da oscilação de molde, torna-se possível reduzir a força de

fricção máxima.

[009] Tão adequado quanto o mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada acima mencionado de acordo com o item (b) é um mecanismo que compreende peças elásticas independentes ou em combinação com amortecedores entre os motores para o acionamento dos cilindros puxadores de uma velocidade correspondente para uma velocidade de retirada desejada e cilindros puxadores, tendo ainda um jogo estrutural nas direções do acionamento e do acionamento inverso. Isso porque tal mecanismo é simples e pode ser projetado de uma maneira compacta.

[0010] Tão adequado quanto o mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada acima mencionado de acordo com o item (c) é um mecanismo no qual a quantidade de jogo provocado pelo deslocamento da posição neutra do jogo na direção do acionamento do lingote ou na direção do acionamento inverso é de 2 a 30 mm na direção do acionamento e de 2 a 30 mm na direção do acionamento inverso, cada qual sobre uma base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador, e que tem uma função tal que a força de reação das peças elásticas para retornar para a posição neutra aumenta em resposta ao aumento do jogo incorrido pelo deslocamento da posição neutra.

[0011] É necessário que a área em seção transversal do lingotamento-alvo do lingote não seja superior a 700 cm^2 e que o comprimento do lingote a partir do menisco do molde ao local do corte do lingote não seja maior que 50 m. Quando a área em seção transversal ou o comprimento do lingote excede o valor dado acima, a massa do lingote a partir do molde até os cilindros puxadores se torna grande e a força de fricção dentro do molde se torna relativamente fraca em comparação à força inercial do lingote, com o resultado de que os efeitos da invenção dificilmente são produzidos.

[0012] É necessário que a quantidade de água de resfriamento secundária para o lingote não seja maior que 0,8 litro (L) /kg de aço e que a velocidade de lingotamento não seja menor que 1,5 m/min. Quando a quantidade específica de água de resfriamento secundária ou a velocidade de lingotamento está fora da faixa acima, a temperatura média do lingote a partir do molde até os cilindros puxadores diminui e a expansão elástica e a contração do lingote se torna menor, de modo que a força de fricção dentro do molde não possa ser suprimida a uma quantidade suficiente apenas pela provisão do mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada conforme acima mencionado de acordo com os itens (a) a (d) apenas.

[0013] É necessário que a amplitude de oscilação seja de $\pm 1,5$ a $\pm 4,0$ mm. Isso para a obtenção do efeito de se promover o consumo de um lubrificante, como, por exemplo, um pó de molde, entre a superfície do lingote e o molde e impedir variações indesejadas na velocidade de retirada. Além disso, é necessário que a frequência de oscilação não seja maior que 450 cpm (ciclos/minuto). Isso para que o movimento do lingote siga a oscilação.

[0014] A essência da presente invenção, que se completa com base nas descobertas acima, consiste no seguinte método de lingotamento contínuo. Ou seja, a mesma consiste em: "Um método para o lingotamento contínuo de um lingote com uma pequena seção transversal, no qual o lingote tem uma área em seção transversal não superior a 700 cm^2 e uma máquina de lingotamento contínuo do tipo curva-da ou do tipo vertical é usada ao mesmo tempo em que oscila o molde no sentido ascendente e descendente, caracterizado pelo fato de que: a máquina de lingotamento é provida com um mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada, em que o mecanismo compreende peças elásticas independentes ou em combinação com amortecedores entre os motores para o acionamento de cilindros puxadores a uma

velocidade correspondente a uma velocidade de retirada desejada, e cilindros puxadores para a retirada ou suporte do lingote, o mecanismo tem um jogo estrutural nas direções do acionamento e do acionamento inverso de tal maneira que a quantidade de um deslocamento provocado pelo jogo a partir da posição neutra do jogo na direção do acionamento do lingote ou do acionamento inverso é de 2 a 30 mm na direção do acionamento e de 2 a 30 mm na direção do acionamento inverso, cada qual sobre uma base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador, e o mecanismo tem uma função tal que a força de reação das peças elásticas para retorno à posição neutra aumenta em resposta ao aumento do deslocamento provocado pelo jogo a partir da posição neutra, que o acionamento de cada motor é transmitido aos cilindros puxadores via o mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada para, assim, tornar a velocidade de retirada do lingote durante o período ascendente de oscilação de molde mais lenta que a velocidade média de retirada e, durante o período descendente de oscilação de molde, mais rápida que a velocidade média de retirada; e parâmetros operacionais são definidos de tal modo que o comprimento do lingote a partir do menisco do molde para o local do corte do lingote não seja maior que 50 m, a quantidade de água de resfriamento secundária específica não seja maior que 0,8 litro/kg de aço, a velocidade de lingotamento não seja menor que 1,5 m/min, a amplitude de oscilação seja de $\pm 1,5$ a $\pm 4,0$ mm e a frequência de oscilação não seja maior que 450 cpm".

[0015] O termo "velocidade de retirada desejada", conforme usado no presente documento, significa uma velocidade de retirada do lingote comum determinada com base nas condições operacionais de um lingotamento contínuo.

[0016] O termo "peça elástica" significa um corpo tendo propriedades tais que, quando deformado sob a ação de uma força externa, o

mesmo gera tensão sobre o lado interno e, quando a força externa é removida, o mesmo volta a sua forma original. O termo inclui molas, tais como molas espirais e molas de chapa e borrachas, tais como borrachas naturais e borrachas sintéticas, entre outras.

[0017] O termo "posição neutra do jogo estrutural" significa a posição onde a força de reação exercida pelas peças elásticas é zero (0) nas direções do acionamento e do acionamento inverso de cada motor dentro da faixa de tolerância do jogo estrutural.

Breve Descrição dos Desenhos

[0018] A figura 1 é uma representação esquemática de um exemplo da implementação do método de lingotamento contínuo da presente invenção usando uma máquina de lingotamento contínuo do tipo curvada.

[0019] A figura 2 é uma ilustração mostrando um exemplo de oscilação de molde.

[0020] A figura 3 é uma ilustração mostrando um exemplo da relação entre uma oscilação de molde e a velocidade de retirada de lingote.

Melhores Modos de se Executar a Invenção

Constituição Básica da Invenção

[0021] Conforme mencionado acima, a presente invenção consiste em um método para o lingotamento contínuo de um lingote com uma pequena seção transversal, no qual o lingote tem uma área em seção transversal não superior a 700 cm^2 e uma máquina de lingotamento contínuo do tipo curvada ou do tipo vertical é usada ao mesmo tempo oscilando um molde no sentido ascendente e descendente, caracterizado pelo fato de que: a máquina de lingotamento é provida com um mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada, em que o mecanismo compreende peças elásticas independentes ou em combinação com amortecedores entre os motores para o acionamento de cilin-

dros puxadores de uma velocidade correspondente para uma velocidade de retirada desejada e cilindros puxadores, o mecanismo tem um jogo estrutural nas direções do acionamento e do acionamento inverso de tal maneira que a quantidade de deslocamento provocado pelo jogo a partir da posição neutra do jogo na direção do acionamento ou do acionamento inverso do lingote é de 2 a 30 mm na direção do acionamento e 2 a 30 mm na direção do acionamento inverso, cada qual sobre uma base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador, e o mecanismo tem ainda uma função tal que a força de reação das peças elásticas para retorno à posição neutra aumenta em resposta ao aumento do deslocamento provocado pelo jogo a partir da posição neutra; o acionamento de cada motor é transmitido para os cilindros puxadores via o mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada, por meio do que: a velocidade de retirada do lingote durante o período ascendente da oscilação de molde se torna mais lenta que a velocidade média de retirada e durante o período descendente de oscilação do molde, mais rápida que a velocidade média de retirada; e os parâmetros operacionais são definidos de tal modo que o comprimento do lingote a partir do menisco para o local do corte do lingote não seja maior que 50 m, a quantidade de água de resfriamento secundária específica não seja maior que 0,8 litros/kg de aço, a velocidade de lingotamento não seja menor que 1,5 m/min, a amplitude de oscilação é de $\pm 1,5$ a $\pm 4,0$ mm, e a frequência de oscilação não seja maior que 450 cpm. A seguir, a matéria da presente invenção é descrita em mais detalhes.

[0022] A figura 1 é uma representação esquemática de um exemplo de implementação do método de lingotamento contínuo da presente invenção usando uma máquina de lingotamento contínuo do tipo curvada. O aço líquido 2 contido em uma panela intermediária 1 é despejado, através de um bocal de imersão 3, em um molde 4 que se

movimenta no sentido ascendente e descendente de uma maneira oscilante e resfriado com uma água de resfriamento dentro do molde e com uma água de borrifação secundária borrifada a partir de um grupo de bicos borrifadores de resfriamento secundário (não mostrados) de modo a formar uma casca solidificada 5 e, em seguida, um lingote 6. O lingote 6 é retirado na direção indicada pela seta X na figura por meio de cilindros puxadores acionados de modo a girar, e cortado por meio de um dispositivo de corte de lingote (maçarico de corte) 9.

[0023] Os cilindros puxadores 7 giram em função de uma força de acionamento transmitida a partir de um mecanismo de acionamento de cilindro puxador 8 e libera o lingote 6. O mecanismo de acionamento de cilindro puxador 8 compreende motores para o acionamento dos cilindros puxadores 7 em uma velocidade correspondente a uma velocidade de retirada desejada, e peças elásticas independentes ou em combinação com amortecedores entre os motores e os cilindros puxadores, e é equipado com um mecanismo para oscilação da velocidade de retirada tendo um jogo estrutural nas direções do acionamento e acionamento inverso.

[0024] Conforme acima descrito, este mecanismo para oscilação da velocidade de retirada tem um jogo estrutural nas direções do acionamento e acionamento inverso e tem uma função tal que a força de reação das peças elásticas para retorno à posição neutra aumenta em resposta ao aumento no deslocamento provocado pelo jogo a partir da posição neutra do jogo. Sendo assim, como um resultado de tal ação, a velocidade de retirada do lingote 6 pelos cilindros puxadores 7 é passivamente reduzida ou aumentada em resposta às mudanças da força de fricção do molde conforme exercida sobre o lingote 6, onde a força aumenta ou diminui de acordo com a ascensão ou descensão do molde 4 devido à oscilação de molde.

[0025] A figura 2 mostra um exemplo da oscilação de molde. Du-

rante o período de ascensão do molde 4, o molde se movimenta no sentido ascendente, em seguida passa pela posição neutra (posição de referência) e sobe ainda para a posição mais alta superior (+a). Durante o período de descensão do molde 4, o molde se movimenta no sentido descendente, passa pelo ponto neutro e ainda descende para a posição mais baixa (-a). Desta maneira, o molde 4 realiza um movimento de oscilação periódico.

[0026] Um exemplo da relação entre oscilação de molde e velocidade de retirada do lingote é mostrado na figura 3. Nesta figura, a "velocidade média de retirada do lingote", ou seja, velocidade média de lingotamento" é a acima mencionada "velocidade de retirada desejada" determinada com base nas condições operacionais e é uma velocidade descendente, conforme mostrado na figura.

[0027] Devido ao aumento ou diminuição na "velocidade de oscilação de molde" na figura acima em associação a uma ascensão ou descensão do molde 4, a força de fricção entre o molde 4 e o lingote 6 (mais precisamente, a casca solidificada 5) muda e a força de fricção do molde conforme exercida sobre o lingote 6 aumenta ou diminui. Esta mudança da força de fricção do molde é transmitida via o lingote 6 para os cilindros puxadores 7, de modo que a velocidade de rotação dos cilindros puxadores seja passivamente reduzida ou aumentada. Como um resultado, a velocidade de retirada real do lingote é menor que a velocidade média de retirada durante o período ascendente de oscilação de molde e se torna maior que a velocidade média de retirada durante o período descendente de oscilação de molde, conforme ilustrado na mesma figura pela curva "exemplo do aumento e diminuição da velocidade de retirada do lingote na prática da presente invenção". Desta maneira, a força de fricção entre o molde e o lingote pode ser estavelmente reduzida.

2. Bases para a especificação dos elementos constitucionais e modos

preferidos de modalidade

2.1 Tipo de máquina de lingotamento

[0028] A presente invenção é aplicada a um modo de operação no qual a área de lingote em seção transversal é relativamente pequena e a velocidade de lingotamento é relativamente alta em um lingotamento contínuo geral no qual o molde é oscilado no sentido ascendente e descendente.

[0029] O motivo pelo qual a máquina de lingotamento contínuo a ser usada na prática da presente invenção é limitada a uma máquina de lingotamento contínuo do tipo curvada ou do tipo vertical é que, no caso de uma máquina de lingotamento contínuo de um tipo de curvatura vertical (constituída de um segmento reto vertical e de um segmento curvado), a força de fricção na seção curvada é grande e o movimento do lingote em associação à oscilação de molde é dificilmente transmitido aos cilindros puxadores.

2.2 Padrão de velocidade de retirada de lingote apropriado

[0030] Ao empregar um padrão de tal modo que a velocidade de retirada do lingote seja mais lenta que a velocidade média de retirada durante o período ascendente de oscilação de molde e a velocidade de retirada do lingote seja mais rápida que a velocidade média de retirada durante o período descendente de oscilação de molde, se torna possível diminuir o valor máximo da força de fricção entre o molde e o lingote. De acordo com as descobertas obtidas pela presente invenção, a força de fricção entre o molde e o lingote depende da diferença de velocidade entre ambos (velocidades relativas). Sendo assim, a força de fricção aumenta durante o período ascendente de oscilação de molde durante o qual as velocidades relativas de ambos aumentam e, durante o período descendente de oscilação de molde durante o qual as velocidades relativas de ambos abaixam, a força diminui. Desse modo, ao diminuir a velocidade de retirada do lingote durante o pe-

ríodo ascendente de oscilação de molde e ao aumentar a velocidade de retirada do lingote durante o período descendente de oscilação de molde, se torna possível nivelar a força de fricção entre o molde e o lingote e abaixar a força de fricção máxima entre o molde e o lingote.

[0031] Quando se dá atenção apenas às velocidades relativas do molde e do lingote, o mesmo efeito conforme acima mencionado deverá ser obtido ao se reduzir a amplitude de oscilação ou frequência no sentido de baixar a velocidade de oscilação. No entanto, quando apenas a amplitude de oscilação ou frequência é reduzida, o efeito intrínseco da oscilação, ou seja, o efeito de se promover o consumo de um lubrificante, tal como um pó de molde, entre o molde 4 e o lingote 6 (mais precisamente, a casca solidificada 5) é reduzido e a força de fricção dentro do molde é bastante aumentada.

[0032] Em contrapartida, quando o método da presente invenção é empregado, a força de fricção dentro do molde é estável e seguramente reduzida. Isso acontece presumivelmente devido ao fato de a alimentação de um lubrificante, tal como um pó de molde, ser promovida devido à mudança da velocidade de retirada do lingote.

2.3 Mecanismo para a oscilação da velocidade de retirada de lingote e quantidade de jogo

[0033] Adequadamente utilizado como o mecanismo para respectivamente reduzir e aumentar a velocidade de retirada do lingote durante os períodos ascendente e descendente de oscilação de molde na prática da presente invenção é um mecanismo que compreende motores para o acionamento dos cilindros puxadores 7 a uma velocidade correspondente a uma velocidade de retirada desejada, e um jogo estrutural nas direções do acionamento e acionamento inverso conforme disposto entre os cilindros puxadores 7 para a retirada ou suporte do lingote 6. O motivo para isso é o fato de tal mecanismo ser simples e poder ser desenhado de uma maneira compacta e não re-

querer nenhuma operação de controle complicada.

[0034] Além disso, este mecanismo precisa ter uma função tal que a força de reação das peças elásticas para retorno à posição neutra aumente a quantidade de deslocamento provocado pelo jogo a partir da posição neutra do jogo. Isto se dá porque tal função poderá suprimir as variações indesejadas de velocidade de retirada. A função acima pode ser realizada com facilidade mediante o emprego de um mecanismo dotado de peças elásticas independentes ou em combinação com os amortecedores.

[0035] É apropriado que a quantidade de deslocamento provocado pelo jogo na direção do acionamento ou do acionamento inverso a partir da posição neutra do jogo seja de 2 a 30 mm na direção do acionamento e de 2 a 30 mm na direção do acionamento inverso, cada qual sobre uma base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador. Quando a quantidade de deslocamento provocado pelo jogo é menor que 2 mm na direção do acionamento ou na direção do acionamento inverso sobre a base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador, os efeitos da presente invenção se tornam menores. Quando a quantidade de deslocamento provocado pelo jogo é superior a 30 mm na direção do acionamento ou na direção do acionamento inverso sobre a base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador, as variações na velocidade de retirada se tornam desnecessariamente grandes e, deste modo, prejudicam a condição de uma operação estável.

2.4 Área em seção transversal e comprimento do lingote-alvo:

[0036] É necessário que a área em seção transversal do lingote-alvo não seja maior que 700 cm^2 e que o comprimento do lingote 6 a partir do menisco 10 do molde 4 para o local 9 de corte do lingote 6 não seja maior que 50 m. Quando a área em seção transversal do lingote 6 é superior a 700 cm^2 ou quando o comprimento do lingote 6 a

partir do menisco 10 para o local de corte de lingote 9 é superior a 50 m, a massa do lingote 6 a partir do molde 4 até os cilindros puxadores 7 se torna grande e a força de fricção dentro do molde se torna relativamente fraca em comparação à força inercial do lingote, com o resultado de os efeitos da presente invenção serem dificilmente produzidos.

2.5 Quantidade de água de resfriamento secundária e velocidade de lingotamento

[0037] É necessário que a quantidade de água de resfriamento secundária específica não seja maior que 0,8 l/kg de aço e que a velocidade de lingotamento não seja menor que 1,5 m/min. Os motivos para isso são como seguem.

[0038] Quando a quantidade de água de resfriamento secundária específica é superior a 0,8 l/kg de aço, ou quando a velocidade de lingotamento é inferior a 1,5m/min, a temperatura média do lingote 6 a partir do molde 4 até os cilindros puxadores 7 diminui e o lingote 6 se solidifica. A fim de impedir que o lingote 6 se solidifique, a temperatura média do lingote 6 a partir do molde 4 até os cilindros puxadores 7 é de preferência não menor que 1100°C. A temperatura média do lingote 6, conforme referida ao presente caso, indica a temperatura média da casca completamente solidificada. O lingote em uma condição normal de lingotamento se expande elasticamente e se contrai em resposta ao aumento ou à diminuição da força de fricção no interior do molde, e este fenômeno de expansão e contração, em associação à oscilação, aumenta ou diminui a velocidade de retirada da casca solidificada 5 do molde 4 e, assim, serve para reduzir o valor máximo da força de fricção do molde 4. Quando, no entanto, o lingote se solidifica, conforme acima mencionado, a expansão elástica e contração do lingote diminuem, de modo que o valor máximo da força de fricção do molde tende a aumentar. Sob tais condições, torna-se difícil suprimir a força de fricção do molde a uma extensão suficiente mesmo com a incorpora-

ção do mecanismo para oscilação da velocidade de retirada a ser usado na prática da presente invenção entre os motores e os cilindros puxadores.

[0039] O limite inferior para a quantidade de água de resfriamento secundária específica não é particularmente explicitado. À luz de um valor limite inferior em um lingotamento contínuo normal, no entanto, esta faixa de preferência inclui cerca de 0,1 l/kg de aço ou níveis maiores. Da mesma forma, o limite superior da velocidade de lingotamento não é particularmente especificado. Em vista do valor limite superior em um lingotamento contínuo normal, no entanto, esta faixa de preferência inclui cerca de 5,0 m/min ou níveis mais baixos.

2.6 Amplitude e frequência de oscilação de molde

[0040] É necessário que a amplitude de oscilação seja de $\pm 1,5$ a $\pm 4,0$ mm. Quando a amplitude de oscilação é menor que $\pm 1,5$ mm, o efeito intrínseco na oscilação, ou seja, o efeito de se promover o consumo de um lubrificante, tal como um pó de molde, entre o molde e o lingote é reduzido e a força de fricção dentro do molde é muito aumentada, de modo que, mesmo quando o método da presente invenção é aplicado, torna-se difícil suprimir a força de fricção do molde a uma extensão suficiente. Por outro lado, quando a amplitude de oscilação é superior a $\pm 4,0$ mm, o movimento do lingote, associado à oscilação, se torna excessiva e a velocidade de retirada tende a variar desnecessariamente.

[0041] É necessário que a frequência de oscilação de molde não seja maior que 450 cpm (ciclos/minuto). Isto porque quando a frequência de oscilação é superior a 450 cpm, torna-se difícil fazer com que o movimento do lingote siga a oscilação. O limite inferior para a frequência de oscilação não é particularmente especificado. Em vista da faixa de velocidade de lingotamento especificada no presente documento e um limite inferior geral para a faixa de frequência de oscilação, no en-

tanto, a faixa de frequência de preferência inclui cerca de 100 cpm ou níveis mais altos.

Exemplos

[0042] De modo a confirmar os efeitos do método de lingotamento contínuo da presente invenção, os seguintes testes de lingotamento foram realizados e seus resultados foram avaliados. As condições de teste e os resultados de teste são mostrados na tabela 1.

Tabela 1

Nº de teste	A	B	C	D
Classificação	Exemplo Inventivo	Exemplo Comparativo	Exemplo Inventivo	Exemplo Comparativo
Tipo de máquina de lingotamento contínuo	Curvada	Curvada	Vertical	Vertical
Velocidade média de retirada (m/min)	3,0	3,0	1,8	1,8
Quantidade de aumento e diminuição de velocidade de retirada em um período ascendente/descendente de oscilação de molde	$\pm 0,7$	Menor que $\pm 0,1$	$\pm 0,4$	Menor que $\pm 0,1$
Mecanismo para oscilação da velocidade de retirada	Acoplamento da torção elástica com mola espiral embutida	Nenhum	Acoplamento da torção elástica com chapa de borracha em forma de disco embutida	Nenhum
Jogo estrutural na direção de acionamento no mecanismo para oscilação da velocidade de retirada (base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador, mm)	± 15	-	± 5	-

Tamanho nominal do molde (mm)	190 Ø	190 Ø	100 × 600	100 × 600
Área de lingote em seção transversal (cm ²)	280	280	600	600
Comprimento do lingote a partir do menisco até o dispositivo de corte de lingote (m)	40	40	4	4
Quantidade de água de resfriamento secundária específica (l/kg de aço)	0,4	0,4	0,6	0,6
Amplitude de oscilação (mm)	± 2,3	± 2,3	± 3,0	± 3,0
Frequência de oscilação (cpm)	250	250	180	180
Composição do aço fundido (% em massa)	1,0% de C – 0,2% de Si – 0,6% de Mn – 1,0% de Cr – 0,5% de Mo – 0,01% de Al		0,05% de C – 0,1% de Si – 0,4% de Mn – 0,05% de Al	
Força de fricção máxima entre lingote e molde*	70	100 (referência)	85	100 (referência)

[0043] (Obs.): * indica que o valor dado é um valor relativo em relação ao valor obtido sem a incorporação do mecanismo para oscilação da velocidade de retirada da presente invenção, sendo considerado 100.

[0044] Os testes N^{os} A e C são testes para os exemplos típicos da presente invenção, atendendo às condições especificadas no presente documento e os testes N^{os} B e D são testes para os exemplos comparativos, que não conseguem atender às condições especificadas no presente documento. Em cada um dos testes N^{os} A, B, C e D, a temperatura média do lingote 6 a partir do molde 4 até os cilindros puxadores 7 não foi menor que 1100°C.

[0045] O teste N^o A é um teste no qual o método de lingotamento da presente invenção foi realizado mediante o uso de uma máquina de

lingotamento contínuo do tipo curvada para lingote redondo. No teste N° A, um acoplamento de torção elástica com uma mola espiral embutida foi incorporado no eixo de retirada de cada motor de acionamento de cilindro puxador e o teste de lingotamento foi realizado diferentemente de acordo com as mesmas condições de teste apresentadas no teste N° B, que é um teste comparativo. Devido ao efeito do acoplamento de torção elástica acima mencionado, o mecanismo para oscilação da velocidade de retirada usado no teste N° A mostrou um deslocamento provocado pelo jogo de ± 15 mm na direção do acionamento sobre uma base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador. O teste do teste N° A simultaneamente atendeu a todos os demais requisitos igualmente especificados no presente documento.

[0046] Como um resultado, no teste N° A, o efeito de redução da força de fricção entre o molde e o lingote foi satisfatoriamente produzido e um melhor resultado foi obtido, ou seja, a força de fricção máxima entre o molde e o lingote foi menor 30 % em comparação ao teste N° B, que é um exemplo comparativo.

[0047] No teste N° C, o método de lingotamento da presente invenção foi testado mediante o uso de uma máquina de lingotamento contínuo piloto do tipo vertical. No teste N° C, um acoplamento de torção elástica que transmite a força de acionamento via uma chapa de borracha em forma de disco foi incorporado na porção de extremidade da engrenagem de redução de cada eixo de acionamento de cilindro puxador e o teste de lingotamento foi realizado diferentemente de acordo com as mesmas condições de teste do teste N° D, que é um exemplo comparativo. Este acoplamento de torção elástica tinha um tampão mecânico que limitava a quantidade de deslocamento provocado pelo jogo. Devido ao efeito do acoplamento de torção elástica acima mencionado, o mecanismo para oscilação da velocidade de reti-

rada utilizado no teste N° C mostrou um deslocamento provocado pelo jogo de ± 5 mm na direção do acionamento sobre a base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador. O teste no teste N° C simultaneamente atendeu igualmente a todos os outros requisitos especificados no presente documento.

[0048] Como um resultado, no teste N° C, também, foi produzido um efeito de redução da força de fricção entre o molde e o lingote e a força de fricção máxima entre o molde e o lingote pode ser reduzida em 15 % em comparação com o teste N° D, que é um exemplo comparativo.

Aplicabilidade Industrial

[0049] Ao se prover um mecanismo para oscilação da velocidade de retirada tendo um jogo estrutural dentro de uma faixa especificada na direção do acionamento e na direção do acionamento inverso entre cada motor para o acionamento de cilindros puxadores, e cilindros puxadores e, ao mesmo tempo, otimizando a área de lingote em seção transversal, o comprimento de lingote a partir do menisco para o local do corte do lingote, a quantidade de água de resfriamento secundária específica para o lingote, a velocidade de lingotamento, a amplitude de oscilação e a frequência de oscilação em um método de lingotamento contínuo envolvendo a oscilação do molde no sentido ascendente e descendente de acordo com o método da presente invenção, torna-se possível produzir uma velocidade de retirada de lingote durante o período ascendente da oscilação de molde mais lenta que a velocidade média de retirada, e uma velocidade de retirada do lingote durante o período descendente de oscilação de molde mais rápida que a velocidade média de retirada e, desta maneira, reduzir estavelmente a força de fricção entre o molde e o lingote.

[0050] Sendo assim, o método da presente invenção pode ser amplamente aplicado ao campo do lingotamento como um método de

lingotamento contínuo que pode produzir lingotes de alta qualidade sob condições operacionais estáveis, e ao mesmo tempo evitar que o lingote se adira ao molde como um resultado da provisão de um mecanismo simples para oscilação da velocidade de retirada.

REIVINDICAÇÃO

1. Método para o lingotamento contínuo de um lingote (6) com uma pequena seção transversal, no qual o lingote (6) tem uma área de seção transversal não superior a 700 cm^2 e uma máquina de lingotamento contínuo do tipo curvada ou do tipo vertical é usada enquanto oscila o molde (4) em um sentido ascendente e descendente, em que a velocidade de retirada do lingote (6) durante o período ascendente de oscilação do molde (4) fica mais lenta que a velocidade média de retirada e mais rápida durante o período descendente de oscilação do molde (4) que a velocidade média de retirada, o método caracterizado pelo fato de que:

- a máquina de lingotamento é provida com um mecanismo para oscilação da velocidade de retirada, em que o mecanismo compreende peças elásticas independentes ou em combinação com amortecedores entre os motores para acionamento de cilindros puxadores de uma velocidade correspondente para uma velocidade de retirada desejada, e os cilindros puxadores, o mecanismo tem um jogo estrutural nas direções de acionamento e acionamento inverso de tal maneira que a quantidade de deslocamento provocado pelo jogo a partir de uma posição neutra do jogo estrutural na direção do acionamento ou acionamento inverso do lingote (6), é de 2 a 30 mm na direção do acionamento e de 2 a 30 mm na direção do acionamento inverso, cada qual em uma base equivalente ao comprimento circunferencial do cilindro puxador (7), e o mecanismo tem ainda uma função tal que a força de reação das peças elásticas para retorno à posição neutra aumenta em resposta ao aumento do deslocamento provocado pelo jogo a partir da posição neutra;

- o acionamento de cada motor é transmitido aos cilindros puxadores (7) através do mecanismo para oscilação da velocidade de retirada, por meio do que:

- são definidos parâmetros operacionais de tal modo que o comprimento do lingote (6) a partir do menisco para o local do corte do lingote (6) não seja maior que 50 m, a quantidade específica de água de resfriamento secundário não seja maior que 0,8 litro/kg de aço, a velocidade de lingotamento não seja menor que 1,5 m/min, a amplitude de oscilação seja de $\pm 1,5$ a $\pm 4,0$ mm, e a frequência de oscilação não seja maior que 450 cpm.

FIG.1

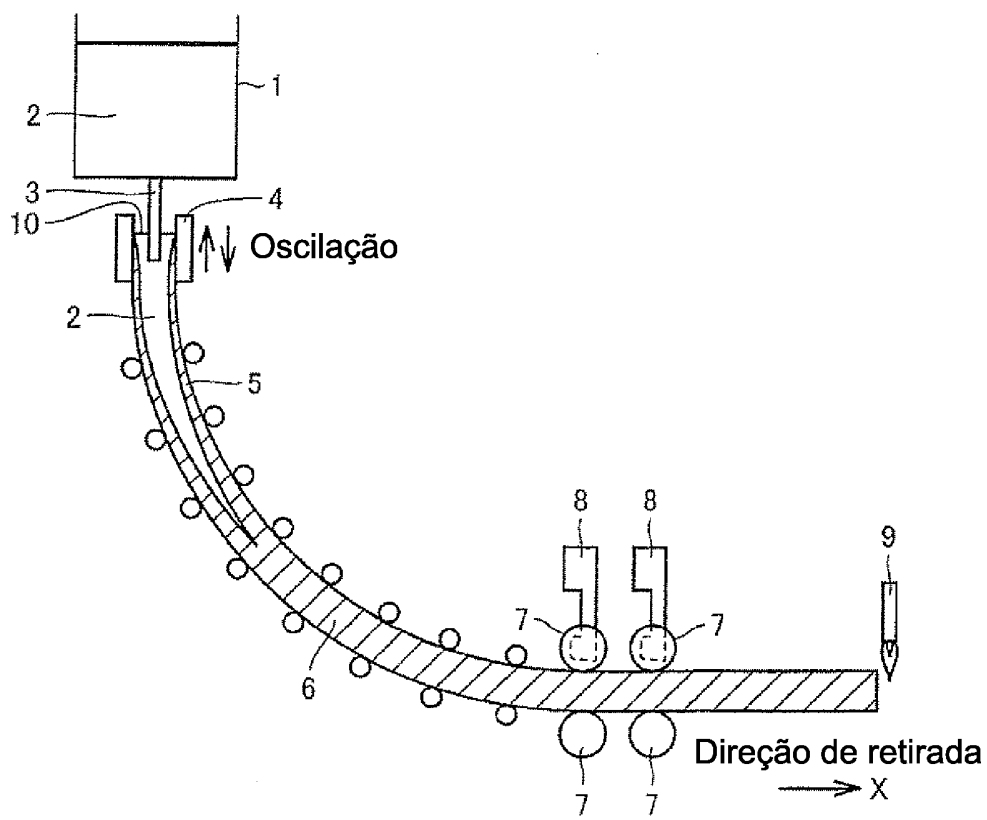


FIG. 2

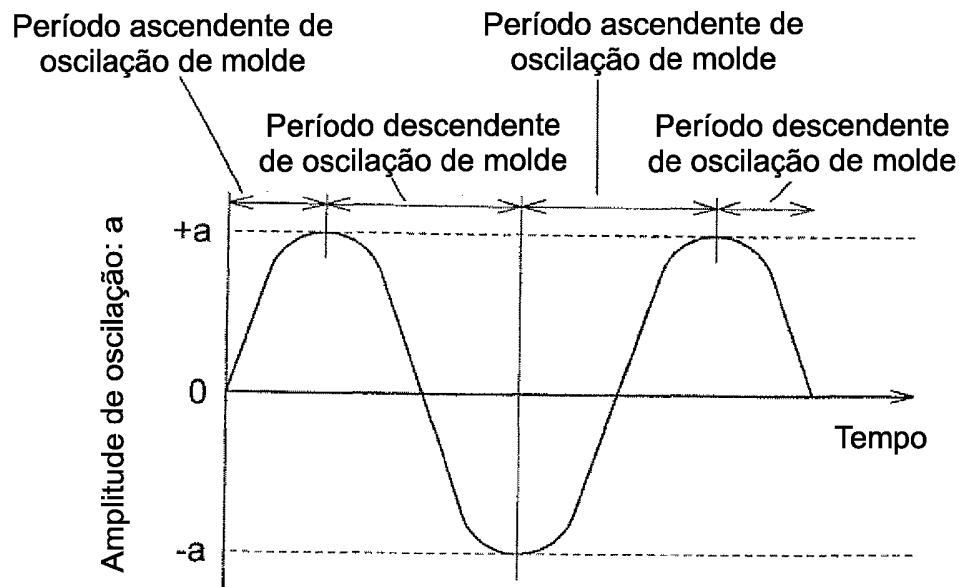


FIG.3

