



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

(11) PI 0719926-0 B1



(22) Data de Depósito: 03/12/2007

(45) Data da Concessão: 11/08/2015
(RPI 2327)

(54) Título: MÉTODO DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE METAL FUNDIDO

(51) Int.Cl.: B22D11/04; B22D11/10; B22D11/11

(30) Prioridade Unionista: 05/12/2006 JP 2006-328273

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

(72) Inventor(es): Kazuhisa Tanaka, Masahiro Tani, Shinichi Fukunaga, Takehiko Toh

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE METAL FUNDIDO"**.

CAMPO TÉCNICO

A presente invenção refere-se a um método de lingotamento
5 contínuo de metal fundido, mais particularmente refere-se a uma melhoria do fluxo de metal fundido em um molde de lingotamento.

FUNDAMENTOS DA TÉCNICA

Em um método de lingotamento contínuo de metal fundido, é usado um molde de lingotamento tendo um espaço de lingotamento para
10 formar uma placa de lingotamento rodeada pelos quatro lados por chapas de cobre resfriadas a água, o metal fundido é injetado no molde de lingotamento, a parte do metal fundido que contata o molde de lingotamento se solidifica para formar uma concha, a concha é extraída do fundo do molde de lingotamento à medida que cresce, e o metal finalmente acaba se solidificando e
15 em consequência é formada uma placa lingotada continuamente.

No lingotamento contínuo de uma placa de forma plana, o espaço de lingotamento no molde de lingotamento tem também uma seção transversal retangular. As superfícies do molde de lingotamento que ficam de frente para o lado do comprimento da forma retangular da seção transversal
20 são chamadas "superfícies do lado comprido" enquanto as superfícies do molde de lingotamento que ficam de frente para os lados curtos da forma retangular são chamadas "superfícies do lado curto". O metal fundido é fornecido através de um bocal de entrada submerso no molde de lingotamento. O bocal de entrada submerso é uma forma cilíndrica de fundo fechado. Próximo do fundo do bocal de entrada submerso, portas de descarga são for-
25 madas orientadas em duas direções na direção longitudinal do espaço de lingotamento. As portas de descarga descarregam metal fundido dentro do molde de lingotamento. O fluxo de descarga das portas de descarga do bocal de entrada submerso penetra na poça de metal fundido no molde de lingotamento e golpeia os lados curtos do molde de lingotamento e com isso é
30 dividido em um fluxo orientado para cima e um fluxo orientado para baixo.

Na superfície da poça de metal fundido formada no molde de

lingotamento, é fornecido o fluxo do molde de lingotamento contínuo formando uma camada. Esta é fundida pelo calor do metal fundido e flui no vão entre o molde de lingotamento contínuo e a concha para formar uma película do fluxo do molde ali. Isso funciona como um lubrificante entre o molde de lingotamento e a concha. O molde de lingotamento constantemente vibra na direção vertical (chamada "oscilação") para promover o fluxo da película de fluxo do molde e facilitar a retirada da placa lingotada. Por outro lado, a superfície da placa lingotada é formada com formas de alívio chamadas "marcas de oscilação" devido à oscilação do molde de lingotamento.

Se arranjar uma bobina eletromagnética em torno do molde de lingotamento tendo um caminho de corrente envolvendo o espaço de lingotamento e passando uma corrente alternada através dessa bobina eletromagnética, uma força de aperto age no metal fundido no molde de lingotamento. A Japanese Patent Publication (A) nº 52-32824 descreve uma invenção fazendo essa força eletromagnética agir próxima do menisco do metal fundido e fazendo assim o metal fundido próximo ao menisco no molde de lingotamento receber uma força em uma direção separando-o da parede do molde de lingotamento e fazendo o menisco dobrar fortemente e simultaneamente aumentando o ao entre o molde de lingotamento e a concha para promover assim o fluxo do pó, reduzir as marcas de oscilação e melhorar a forma da superfície da placa lingotada.

Por outro lado, a força eletromagnética agindo assim forma simultaneamente um fluxo eletromagnético dirigido na poça de metal fundido no molde de lingotamento. O fluxo eletromagnético dirigido é formado no centro da bobina eletromagnética na direção da altura conduzido da concha para o centro da poça de metal fundido e é dividido em fluxo orientado para cima e fluxo orientado para baixo no centro da poça. Em um local correspondente à metade superior da bobina eletromagnética, um fluxo circulante é formado compreendido de um fluxo orientado para cima no centro da poça, um fluxo orientado exteriormente na parte do menisco, e um fluxo orientado para baixo próximo da concha. Em um local correspondente à metade inferior da bobina eletromagnética, é formado um fluxo giratório compreendido de

um fluxo orientado para baixo no centro da poça, um fluxo orientado exteriormente próximo à extremidade inferior da bobina eletromagnética e um fluxo orientado para cima próximo da concha.

A Japanese Patent Publication (A) nº 11-188460 descreve, em
5 um exemplo de lingotamento de uma barra tendo uma seção transversal de lingotamento circular ou retangular, um método de lingotamento contínuo arranjando um bocal de injeção de metal fundido tendo portas de descarga se abrindo em uma direção orientada para baixo de forma que as portas de descarga estejam posicionadas abaixo do centro da bobina eletromagnética
10 e injetando metal fundido no molde de lingotamento a partir das portas de descarga do bocal de injeção de metal fundido. No que é descrito na Japanese Patent Publication (A) nº 11-188460, devido a isso, o fluxo giratório fluindo para cima orientado no centro da poça de metal fundido não é afetado pelo fluxo de descarga do bocal de injeção de metal fundido, então é considerado que é lingotada uma placa com superior em propriedades de superfície.
15

O metal fundido refinado pelo oxigênio para descarburização em um forno de refino contém oxigênio livre, então quando transfere metal fundido do forno de refino para uma panela, um agente desoxidante com forte
20 poder de desoxidação é adicionado ao metal fundido para converter o oxigênio livre em óxidos. Os óxidos não-metálicos formados flutuam, em sua maioria, no metal fundido a ser separado, mas parte deles permanece flutuando no metal fundido e são transferidos no estado para panela intermediária. Por esta razão, o metal fundido fornecido da panela intermediária através do bocal de imersão para o interior do molde de lingotamento inclui inclusões não-metálicas. Além disso, para evitar que as inclusões não-metálicas no metal fundido venham a aderir às paredes internas do bocal de entrada submerso, um gás não oxidante é soprado no bocal de entrada submerso. O gás não oxidante soprado é introduzido no metal fundido para tornar-se bolhas que
25 se movem juntamente com o metal fundido. Essas inclusões não-metálicas e bolhas no metal fundido são fornecidas a partir das portas de descarga dos bocais de entrada submersos juntamente com o fluxo de descarga para o
30

interior do molde de lingotamento. Se as inclusões não-metálicas e as bolhas forem introduzidas na placa lingotada, elas formam defeitos de qualidade, então é preferível tanto quanto possível fazê-las flutuar no metal fundido no molde de lingotamento e tê-las absorvidas pelo fluxo do molde de lingotamento contínuo que cobre o menisco para separação.

Nos lingotamentos contínuos recentes, o molde é feito do tipo com dobramento vertical fornecido com uma parte vertical diretamente abaixo do menisco para promover a flutuação e separação das inclusões não-metálicas e das bolhas na parte vertical. Além disso, se o fluxo de descarga das portas de descarga do bocal de entrada submerso atingir os lados menores do molde de lingotamento, então ele flui para baixo ao longo dos lados menores do molde de lingotamento muito fortemente, as inclusões não-metálicas e as bolhas que flutuam nesse fluxo alcançarão as partes profundas da placa lingotada e serão introduzidas na placa lingotada solidificada.

15 DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Passando-se uma corrente alternada por uma bobina eletromagnética arranjada em torno do molde de lingotamento de modo a circundar o espaço de lingotamento, é possível controlar a forma do menisco para melhorar as propriedades de superfície da placa lingotada. Entretanto, conforme descrito na acima mencionada Japanese Patent Publication (A) nº 11-188460, arranjando-se o bocal de injeção de metal fundido tendo portas de descarga que se abram na direção orientada para baixo de forma que as portas de descarga sejam posicionadas abaixo do centro da bobina eletromagnética para lingotamento, as propriedades de superfície da placa lingotada são melhoradas, mas as inclusões não-metálicas e as bolhas presas dentro da placa lingotada não podem ser suficientemente reduzidas.

A presente invenção tem como seu objetivo o fornecimento de um método de lingotamento contínuo de metal fundido usando-se força eletromagnética para melhorar as propriedades de superfície da placa lingotada e reduzir as inclusões não-metálicas e as bolhas presas dentro da placa lingotada.

No caso de se usar um bocal de entrada submerso 5 tendo por-

tas de descarga 6 se abrindo na direção orientada para baixo descrita na Japanese Patent Publication (A) nº 11-188460 (figura 2(c)) naturalmente e mesmo em um bocal de entrada submerso 5 tendo portas de descarga 6 se abrindo na direção horizontal ou, conforme mostrado na figura 2(b), na direção orientada um pouco para cima, foi definido que à medida que o fluxo de descarga 14 das portas de descarga 6 é descarregado em uma direção que atinge a concha do lado menor 13 da placa lingotada, as inclusões não-metálicas e as bolhas são presas próximo da concha do lado menor 13 o qual o fluxo de descarga 14 atinge. Além disso, o fluxo de descarga 14 das portas de descarga, conforme mostrado na figura 4(c)(d), se espalha na direção da espessura da placa lingotado a partir das portas de descarga 6 e contata a concha do lado maior 12 em dois lados antes de atingir os lados menores. Além disso, foi definido que quando o fluxo de descarga 14 contata a concha do lado maior 12, as inclusões não-metálicas e as bolhas são presas na concha do lado maior 12 nesses locais.

Em oposição a isso, conforme mostrado na figura 3, aplicando-se uma corrente alternada através de uma bobina eletromagnética 4 arranjada em torno do molde de lingotamento 1 de modo a circundar o espaço de lingotamento 8 para controlar a forma do menisco para melhorar as propriedades de superfície da placa lingotado e, conforme mostrado na figura 1(a), tornar as portas de descarga 6 do bocal de entrada submerso 5 orientado para cima e, também, ornar a direção do fluxo de descarga 14 das portas de descarga 6 si dirigir para acima da interseção A do lado menor do molde de lingotamento e do menisco, o fluxo de descarga 14 alcançará o menisco 11 antes de atingir a concha do lado menor 13. Como resultado, as inclusões não-metálicas e bolhas no fluxo de descarga são absorvidas pelo fluxo do molde de lingotamento contínuo do menisco 11 nas partes do menisco alcançadas. Além disso, o fluxo de descarga 14 das portas de descarga 6 para o menisco 11 recebe a força eletromagnética devida à bobina eletromagnética 4 e recebe força da concha do lado maior na direção do centro da placa lingotado, então a difusão do fluxo de descarga na direção da espessura da placa lingotado é suprimida e, conforme mostrado na figura 1(b) e na figura

4(a)(b), o fluxo de descarga 14 pode alcançar o menisco 11 sem tocar a concha do lado maior 12. Portanto, é possível evitar que as inclusões não-metálicas e bolhas sejam apreendidas pelo fluxo de descarga 14 para a concha do lado maior 12. Como resultado, a força eletromagnética pode ser usada para controlar a forma do menisco para melhorar as propriedades de superfície da placa lingotado e simultaneamente evitar que as inclusões não-metálicas e as bolhas sejam apreendidas na laca lingotada e uma placa lingotada excelente tanto em propriedades de superfície quanto em qualidade interna pode ser produzida.

10 A presente invenção foi feita com base nessa descoberta e tem como sua essência o seguinte:

 (1) Um método de lingotamento contínuo de metal fundido injetando-se metal fundido em um molde de lingotamento tendo um espaço de lingotamento de seção transversal de forma retangular através de um bocal de entrada submerso, arranjando-se uma bobina eletromagnética tendo um caminho de corrente elétrica circundando o espaço de lingotamento em volta do molde de lingotamento, passando uma corrente alternada através dessa bobina eletromagnética, e usando a mencionada corrente alternada de forma que o metal fundido próximo ao menisco no molde de lingotamento receba uma força em uma direção que o separe da parede do molde de lingotamento enquanto vai lingotando continuamente o metal fundido,

O mencionado método de lingotamento contínuo de metal fundido caracterizado por formar um fluxo de descarga descarregado pelas portas de descarga de metal fundido fornecido na extremidade frontal do bocal de entrada submerso orientado para cima na direção dos lados menores do molde de lingotamento e pelo fato de que a direção de uma linha central do mencionado fluxo de descarga é orientada para cima a partir de uma interseção dos lados menores do molde de lingotamento com o menisco.

30 (2) Um método de lingotamento contínuo de metal fundido pela injeção de metal fundido em um molde de lingotamento tendo um espaço de lingotamento de seção transversal de forma retangular através de um

bocal de entrada submerso, arranjando-se uma bobina eletromagnética tendo um caminho de corrente elétrica circundando o espaço de lingotamento em torno do molde de lingotamento, passando-se uma corrente alternada através dessa bobina eletromagnética, e usando-se a mencionada corrente alternada de modo que o metal fundido próximo ao menisco no molde de lingotamento receba uma força em uma direção que o separe da parede do molde de lingotamento enquanto faz o lingotamento contínuo do metal fundido, o mencionado método de lingotamento contínuo de metal fundido caracterizado pelo fornecimento de portas de descarga de metal fundido fornecidas na extremidade frontal do bocal de entrada submerso orientado para cima na direção dos lados menores do molde de lingotamento e pelo fato de que a direção de uma linha central das mencionadas portas de descarga é orientada para cima a partir de uma interseção dos lados menores do molde de lingotamento com o menisco.

(3) Um método de lingotamento contínuo de metal fundido conforme apresentado no item (1) ou (2) caracterizado pelo fato de que 0.8 de um ângulo entre uma direção de abertura X das mencionadas portas de descarga e a direção horizontal é maior que o ângulo entre a direção do centro da porta de descarga C até a interseção A do lado menor do molde de lingotamento e o menisco e a direção horizontal.

(4) Um método de lingotamento contínuo de metal fundido conforme apresentado no item (1) ou (2) caracterizado pelo fato de que o comprimento da direção de lingotamento da bobina eletromagnética 4 é feito L e o centro C das portas de descarga 6 é posicionado acima da extremidade inferior da bobina eletromagnética 4 por mais de $1/4 \cdot L$.

(5) Um método de lingotamento contínuo de metal fundido conforme apresentado no item (1) ou (2) caracterizado pelo fato de que duas ou mais portas de descarga são arranjadas alinhadas em uma direção vertical.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 mostra vistas de seção transversal mostrando o estado do fluxo de descarga no molde de lingotamento, onde (a) é uma vista

frontal da seção transversal do caso com uma força eletromagnética e (b) é uma vista lateral da seção transversal do caso com uma força eletromagnética.

5 A figura 2 é uma vista frontal da seção transversal mostrando o estado do fluxo de descarga no molde de lingotamento para três diferentes tipos de direções de abertura das portas de descarga.

10 A figura 3 dá vistas mostrando a relação entre o molde de lingotamento e a bobina eletromagnética, onde (a) é a vista da seção transversal ao longo das setas A-A, (b) é uma vista frontal, e (c) é uma vista da seção transversal ao longo das setas C-C mostrando o fluxo giratório devido à força eletromagnética.

15 A figura 4 dá vistas mostrando o estado da difusão do fluxo de descarga na direção da largura no molde de lingotamento, onde (a) e (b) são uma vista plana da seção transversal e uma vista lateral da seção transversal planar do caso com força eletromagnética e (c) e (d) são uma vista plana da seção transversal e uma vista lateral da seção transversal do caso sem força eletromagnética. A figura 5 é uma vista explicando a relação entre a forma das portas de descarga do bocal de imersão e o fluxo de descarga.

20 A figura 6 é uma vista mostrando o caso onde há dos conjuntos de portas de descarga na direção do lingotamento.

MELHOR FORMA DE EXECUÇÃO DA INVENÇÃO

25 A presente invenção refere-se a um método de lingotamento contínuo de metal fundido. Conforme mostrado na figura 3(a) e na figura 1(a), o metal fundido 10 é injetado em um molde de lingotamento 1 tendo um espaço de lingotamento com seca transversal retangular 8 através de um bocal de entrada submerso 5. As partes do molde de lingotamento posicionadas nos lados maiores do espaço de lingotamento com seção transversal quadrada 8 são chamadas "lados maiores do molde de lingotamento 2", enquanto as partes do molde de lingotamento posicionadas nos lados menores do espaço de lingotamento 8 são chamadas "lados menores do espaço de lingotamento 3".

A presente invenção também, conforme mostrado na figura 3,

arranja uma bobina eletromagnética 4 tendo um caminho de corrente elétrica envolvendo o espaço de lingotamento 8 em torno do molde de lingotamento 1. A bobina assim arranjada é chamada de “solenóide”. Passando-se uma corrente alternada por essa bobina eletromagnética 4, o metal fundido e a concha solidificada no molde de lingotamento recebem uma força de aperto orientada na direção central da bobina. A bobina eletromagnética 4 é arranjada em uma posição de forma que o metal fundido próximo do menisco no molde de lingotamento receba uma força em uma direção que o separe da parede do molde de lingotamento. Devido a isso, ao mesmo tempo o metal fundido próximo ao menisco no molde de lingotamento recebe uma força em uma direção que o separa da parede do molde de lingotamento e faz o menisco dobrar fortemente, é possível aumentar o vão entre o molde de lingotamento e a concha para promover o fluxo de pó e aliviar as marcas de oscilação para melhorar a forma da superfície da placa lingotada.

Passando-se uma corrente alternada pela bobina eletromagnética 4, a força de aperto age e simultaneamente é formado um fluxo de indução eletromagnética na poça de metal fundido no molde de lingotamento. O fluxo de indução magnética, conforme mostrado na figura 3(c), é formado no centro da bobina eletromagnética 4 na direção da altura dirigindo-se da concha para o centro da poça de metal fundido e é dividido no centro da poça em fluxo orientado para cima e fluxo orientado para baixo. Em um local correspondente à metade superior da bobina eletromagnética 4, é formado um fluxo giratório 15 compreendido de um fluxo orientado para cima no centro da poça, um fluxo direcionado externamente na parte do menisco, e um fluxo orientado para baixo próximo da concha. Em um local correspondente à metade inferior da bobina eletromagnética 4, é formado um fluxo giratório 15 compreendido de um fluxo orientado para baixo no centro da poça, um fluxo direcionado externamente na extremidade inferior da bobina eletromagnética, e um fluxo orientado para cima próximo da concha.

Na presente invenção, conforme mostrado na figura 1(a), o bocal de entrada submerso 5 é caracterizado pelo fato de que ele tem portas de descarga de metal fundido 6 orientadas na direção da largura do espaço de

lingotamento e orientadas para cima em relação à horizontal e pelo fato de que a direção do fluxo de descarga 14 das portas de descarga 6 é para cima da interseção A do lado menor do molde de lingotamento com o menisco. Devido a isso, o fluxo de descarga 14 alcança o menisco 11 antes de
5 atingir a concha do lado menor 13. Como resultado, as inclusões não-metálicas e as bolhas no fluxo de descarga são absorvidas no pó do lingotamento contínuo no menisco nas partes alcançadas do menisco, então as inclusões não-metálicas e as bolhas não serão presas na concha do lado menor 13 a qual o fluxo de descarga 14 atinge como na técnica anterior
10 mostrada nas figuras 2(b) e (c). Além disso, o fluxo de descarga 14 das portas de descarga 6 para o menisco 11 recebe a força eletromagnética devida à bobina eletromagnética 4 e recebe força da concha do lado maior na direção do centro da placa laminada, então a difusão do fluxo de descarga 14 na direção da espessura da placa lingotada é suprimida e, conforme mostrado
15 na figura 1(b) e na figura 4(a)(b), o fluxo de descarga 14 pode alcançar o menisco 11 sem contatar a concha do lado maior 12. Portanto, é possível evitar que inclusões não-metálicas e bolhas do fluxo de descarga 14 sejam presas na concha do lado maior 12. Como resultado, a força eletromagnética pode ser usada para controlar a forma do menisco para melhorar as propriedades de superfície da placa lingotado e simultaneamente evitar que as in-
20 clusões não-metálicas e bolhas sejam presas na placa lingotada e assim produzam uma placa lingotada excelente tanto em propriedades de superfície quanto em qualidade interna.

Na presente invenção, conforme mostrado na figura 5(a), a direção X da abertura das portas de descarga 6 é direcionada acima da interseção A do
25 lado curto do molde de lingotamento e do menisco então é possível se obter o efeito da presente invenção. A “direção X da abertura das portas de descarga” significa a direção W do centro C das portas de descarga 6 paralela à parede circunferencial interna das portas de descarga 7. Quando a parede circunferencial interna em forma cilíndrica, esta pode ser definida como a
30 direção paralela à parede circunferencial interna. Quando a parede circunferencial interna das portas de descarga é afunilada, a direção do eixo de si-

metria da forma afunilada pode ser empregado.

Definindo-se a direção X da abertura das portas de descarga da forma acima, é possível obter o efeito da presente invenção. Por outro lado, no lingotamento contínuo real, a direção X da abertura das portas de descarga e a direção de descarga do fluxo de descarga 14 algumas vezes não casam. Portanto, os inventores mudaram o ângulo de descarga das portas de descarga do bocal de entrada submerso durante o lingotamento contínuo do aço dada a força eletromagnética em uma máquina real para vários ângulos e investigaram a relação entre a direção X das aberturas das portas de descarga e a direção do fluxo de descarga real 14. Especificamente, os inventores confirmaram, usando enxofre como traçador, se o fluxo de descarga atinge diretamente o menisco ou se atinge a concha dos lados menores do molde de lingotamento na faixa de uma velocidade linear do fluxo de descarga a partir das portas de descarga de 0,5 a 2 m/s. Quando o enxofre é detectado na placa lingotado após o lingotamento, pode ser julgado que o fluxo de descarga atinge a concha nos lados menores do molde de lingotamento, enquanto quando o enxofre não é detectado na placa lingotada após o lingotamento, pode ser julgado que o fluxo de descarga atinge diretamente o menisco. Como resultado, é definido que quando se tem portas de descarga orientadas para cima, o ângulo entre a direção do fluxo de descarga real e a direção horizontal se torna cerca de 80% do ângulo entre a direção X da abertura das portas de descarga e a direção horizontal.

Portanto, a linha Y é definida conforme mostrado na figura 5(b). A linha Y passa através do centro C das portas de descarga 6. É mostrado o caso onde o ângulo ϕ entre a linha Y e a direção horizontal é 0,8 do ângulo θ entre a direção de abertura X das portas de descarga e a direção horizontal. No lingotamento contínuo real, geralmente a direção do fluxo de descarga está na faixa de 0,8 a 1 do ângulo θ entre a direção de abertura X das portas de descarga e a direção horizontal. Na presente invenção, conforme mostrado na figura 5(b), se a linha Y for direcionada para cima a partir da interseção A do lado menor do molde de lingotamento e do menisco, a direção do fluxo de descarga 14 pode ser feita dirigir-se confiavelmente acima da inter-

seção A do lado menor do molde de lingotamento e do menisco, então resultados mais preferíveis podem ser obtidos. Nesse momento, 0,8 do ângulo entre a direção da abertura X das portas de descarga e a direção horizontal é maior que o ângulo entre a direção do centro das portas de descarga C até a interseção A dos lados menores do molde de lingotamento com o menisco e a direção horizontal.

Em relação à bobina eletromagnética 4 tendo um caminho de corrente elétrica em torno do molde de lingotamento envolvendo o espaço de lingotamento 8, o comprimento da direção de lingotamento da bobina eletromagnética 4 é feito "L". É necessário que a corrente alternada que flui através da bobina eletromagnética 4 faça o metal fundido próximo ao menisco receber uma força numa direção que a separe da parede do molde de lingotamento, de modo que a posição final superior da bobina eletromagnética 4 se torne uma posição próxima ao menisco 11 no molde de lingotamento.

As portas de descarga 6 do bocal de entrada submerso 5 da presente invenção são preferivelmente posicionados de forma que até que o fluxo de descarga 14 descarregado pelas portas de descarga 6 alcance o menisco 11, o fluxo de descarga 14 recebe continuamente uma força de aperto da bobina eletromagnética 4 e a difusão do fluxo de descarga 14 na direção da espessura da placa lingotada é suprimida. Portanto, a posição da direção de lingotamento do centro das portas de descarga 6 está preferivelmente acima da posição de extremidade inferior da bobina eletromagnética 4.

Por outro lado, próximo à extremidade inferior da bobina eletromagnética 4, uma força de aperto age no metal fundido na direção do centro da espessura da placa lingotada, mas, como mostrado na figura 3(c), o fluxo giratório 15 do metal fundido devido à força eletromagnética torna-se um fluxo do centro da espessura da placa lingotada na direção da camada de superfície. Portanto, para evitar a dispersão do fluxo de descarga 14, é preferível evitar um fluxo circulante dirigindo para essa camada de superfície. Os centros C das portas de descarga 6 são preferivelmente posicionados acima da extremidade inferior da bobina eletromagnética por mais de

1/4·L. Devido a isso, conforme mostrado na figura 1(b) e na figura 4(a)(b), o fluxo de descarga 14 descarregado pelas portas de descarga 6 e que alcança o menisco 11 pode ser confiavelmente evitado de se dispersar na direção da espessura da placa lingotada e o fluxo de descarga 14 pode ser confiavelmente evitado de contatar a concha do lado maior 12 antes de alcançar o menisco 11. Os centros C das portas de descarga 6 são mais preferivelmente posicionados acima da extremidade inferior da bobina eletromagnética por mais de $1/2 L$.

Na presente invenção, conforme mostrado na Fig. 6, é preferível arranjar duas ou mais portas de descarga (6a, 6b) na direção vertical (direção de lingotamento). Devido a isso, é possível reduzir as áreas de seção transversal das aberturas das portas de descarga individuais, então no caso de uma mesma velocidade de lingotamento, é possível aumentar a velocidade linear do aço fundido a partir das portas de descarga, então é possível fazer a direção do fluxo de descarga mais próxima da direção de abertura das portas de descarga. Por esta razão, é possível fazer o fluxo de descarga alcançar o menisco mais confiavelmente.

EXEMPLOS

A presente invenção foi aplicada em uma máquina de lingotamento contínuo para lingotar uma placa de uma largura de 1200 mm e uma espessura de 250 mm como forma de seção transversal. O molde de lingotamento tem uma altura de 2,5 m logo abaixo do molde de lingotamento, e também teve uma parte dobrada com um raio de curvatura de 7,5 m e dobrado de volta na parte horizontal.

Conforme mostrado na figura 3, uma bobina eletromagnética 4 tendo um caminho de corrente elétrica envolvendo o espaço de lingotamento 8 é arranjado em torno do molde de lingotamento 1. Essa bobina eletromagnética 4 tem uma corrente alternada passando por ela. O comprimento da direção de lingotamento L da bobine eletromagnética 4 é 300 mm. A posição da extremidade superior da bobina eletromagnética 4 é casada com a posição do menisco 11.

O bocal de entrada submerso 5 tem um diâmetro externo de 150

mm e um diâmetro interno de 90 mm. Conforme mostrado na figura 1(a), próximo da extremidade inferior, o bocal de entrada submerso tem portas de descarga 6 orientadas na direção da largura do espaço de lingotamento. As portas de descarga 6 têm um diâmetro interno (diâmetro equivalente do círculo) de 60 mm. A distância do menisco 11 até o centro das portas de descarga C é de 150 mm. Há duas portas de descarga 6. Foram preparadas portas de descarga 6 de quatro tipos de direções de abertura X, isto é, 30 graus orientada para baixo, 10 graus orientada para cima, 20 graus orientada para cima e 30 graus orientada para cima.

Os inventores trocaram as condições pelos quatro tipos de direção de abertura X das portas de descarga 6, trocaram-nas também pela presença ou ausência de força eletromagnética da bobina eletromagnética 4, lingotaram o aço de baixo carbono acalmado ao alumínio a uma velocidade de lingotamento de 1,5 m/min, e avaliaram a qualidade das placas lingotadas. Condições de sem força eletromagnética e portas de descarga de 30 graus orientada para baixo foram usadas como condições de referência.

Para portas de descarga de 30 graus orientada para cima, as direções de abertura X das portas de descarga, a direção da linha Y, e a direção do fluxo de descarga real 14 todas alcançaram o menisco 11 antes de atingir a concha do lado menor 13. Para 20 graus orientada para cima, as direções de abertura X das portas de descarga alcançaram diretamente o menisco 11 e a direção da linha Y foi uma direção que alcançou apenas levemente acima da interseção A do lado menor do molde de lingotamento com o menisco logo próximo a ele, mas a direção do fluxo de descarga real 14 alcançou diretamente o menisco 11 nos exemplos da invenção com força eletromagnética e atingiu a concha do lado menor 13 nos exemplos comparativos sem força eletromagnética. Por outro lado, para portas de descarga de 10 graus orientada para cima e 30 graus orientada para baixo, as direções de abertura X das portas de descarga, a direção da linha Y, e a direção do fluxo de descarga real 14 todos atingem diretamente a concha do lado menor 13.

Quanto às propriedades de superfície da placa lingotado, a ru-

gosidade da superfície foi medida por um medidor de deslocamento a laser. Um total de cinco linhas foram selecionadas: uma posição a 50 mm dos dois lados menores em relação à largura da placa lingotado e 1/4 da largura, 1/2 da largura e 3/4 da largura. O alívio da superfície da placa lingotado foi medido sobre um comprimento de 200 mm na direção do lingotamento enquanto se move o medidor de deslocamento a laser com um diâmetro de projeção de 0,2 mm a uma inclinação de 0,2 mm. Foi obtida a diferença entre o deslocamento máximo e o deslocamento mínimo para cada 10 mm de comprimento em cada linha. Isto foi comparado sobre o comprimento total. O valor máximo foi definido como grau de rugosidade. Além disso, o grau de rugosidade relativa indexado ao grau de rugosidade de uma amostra das condições de produção de referência como "1" foi feita a definição final.

Em relação à qualidade interna devido às inclusões não-metálicas e bolhas, foram avaliados os estados de formação de defeitos de inclusões e bolhas na camada de superfície e defeitos de inclusões internas e bolhas. A "camada de superfície" é uma profundidade de 20 mm a partir da superfície da placa lingotada e corresponde substancialmente à espessura da solidificação dentro do molde de lingotamento. A "interna" é a profundidade até 20 mm a 50 mm de profundidade da camada de superfície e é a região incluindo a parte dobrada que forma uma zona defeituosa na máquina de lingotamento contínuo com dobramento vertical. Para a camada de superfície, toda a largura da placa lingotada foi fresada por um comprimento de 200 mm na direção do lingotamento a uma inclinação de 1 mm na direção da espessura e os números de inclusões e bolhas foram contados visualmente. Para o interior, toda a largura foi fresada sobre um comprimento de 1 mm na direção do lingotamento a uma inclinação de 5 mm na direção da espessura e os números de inclusões e bolhas foram contadas visualmente. Para ambas, o número de índices relativos indexados ao número de índices da amostra das condições de produção de referência como "1" foi feito a definição final.

Tabela 1

	Força eletromagnética	Ângulo do bocal	Posição de chegada de X	Posição de chegada de y	Posição de chegada do fluxo de descarga	Contato do lado maior do fluxo de descarga	Índice do grau de rugosidade da superfície da placa lingotada	Índice do número de defeitos de inclusões/bolhas na camada de superfície	Índice do número de defeitos de inclusões/bolhas internas
Exemplo Comp.	Não	30 graus orientada para baixo	Concha do lado menor	Concha do lado menor	Concha do lado menor	Sim	1	1	1
Exemplo Comp.	Sim					Sim	0,1	0,6	0,5
Exemplo Comp.	Não	10 graus orientada para cima	Concha do lado menor	Concha do lado menor	Concha do lado menor	Sim	1,2	0,7	0,6
Exemplo Comp.	Sim					Não	0,2	0,5	0,3
Exemplo Comp.	Não	20 graus orientada para cima	Menisco	Apenas levemente maior que a interseção A	Concha do lado menor	Sim	1,25	0,5	0,4
Exemplo Inv.	Sim				Menisco	Não	0,2	0,4	0,2
Exemplo Comp.	Não	30 graus orientada para cima	Menisco	Menisco	Menisco	Sim	1,3	0,3	0,3
Exemplo Inv.	Sim					Não	0,2	0,1	0,1

Os resultados estão mostrados na Tabela 1. Os exemplos da invenção comportas de descarga 30 graus orientada para cima e força eletromagnética deram os melhores resultados em todo grau de rugosidade de superfície da placa lingotada, defeitos de bolhas na camada de superfície, e
5 defeitos de bolhas internas comparado com todos os exemplos comparativos. Os exemplos da invenção com portas de descarga 20 graus orientadas para cima e força eletromagnética também tiveram bons resultados comparados com os exemplos comparativos.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

10 A presente invenção faz o fluxo de descarga do bocal de entrada submerso alcançar o menisco sem atingir a concha do lado menor e também sem contatar a concha do lado maior, então inclusões não-metálicas e bolhas podem ser evitadas de serem presas na concha do lado menor e na concha do lado maior e a qualidade interna da placa lingotada pode ser me-
15 lhorada. Juntamente a isso, passando-se uma corrente alternada através de uma bobina eletromagnética arranjada em torno do molde de lingotamento para controlar a forma do menisco, as propriedades de superfície da placa lingotada podem ser melhoradas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de lingotamento contínuo de metal fundido pela injeção de metal fundido em um molde de lingotamento (1) tendo um espaço de lingotamento (8) de seção transversal de forma retangular através de um bocal de entrada submerso (5), arranjando-se uma bobina eletromagnética (4) tendo um caminho de corrente elétrica circundando o espaço de lingotamento em torno do molde de lingotamento, passando-se uma corrente alternada através dessa bobina eletromagnética, e usando-se a mencionada corrente alternada de modo que o metal fundido próximo ao menisco (11) no molde de lingotamento receba uma força em uma direção que o separe da parede do molde de lingotamento enquanto faz o lingotamento contínuo do metal fundido,

o mencionado método de lingotamento contínuo de metal fundido **caracterizado por** fornecer portas de descarga (6) de metal fundido (10) fornecidas na extremidade frontal do bocal de entrada submerso orientado para cima na direção dos lados menores do molde de lingotamento e pelo fato de que a direção de uma linha central das mencionadas portas de descarga é orientada para cima a partir de uma interseção dos lados menores do molde de lingotamento com o menisco.

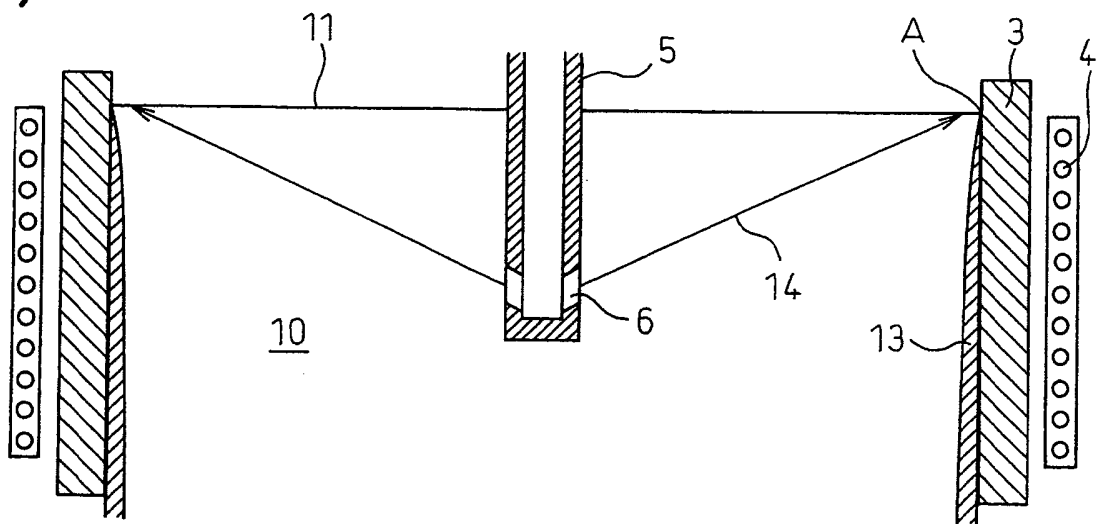
2. Método de lingotamento contínuo de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** $0,8$ de um ângulo entre uma direção de abertura X das mencionadas portas de descarga (6) e a direção horizontal é maior que o ângulo entre a direção do centro da porta de descarga C até a interseção A do lado menor do molde de lingotamento e o menisco (11) e a direção horizontal.

3. Método de lingotamento contínuo de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o comprimento da direção de lingotamento da bobina eletromagnética (4) é feito L e o centro C das portas de descarga (6) é posicionado acima da extremidade inferior da bobina eletromagnética por mais de $1/4 \cdot L$.

4. Método de lingotamento contínuo de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** duas ou mais portas de descarga (6a, 6b) são arranjadas alinhadas em uma direção vertical.

Fig.1

(a)



(b)

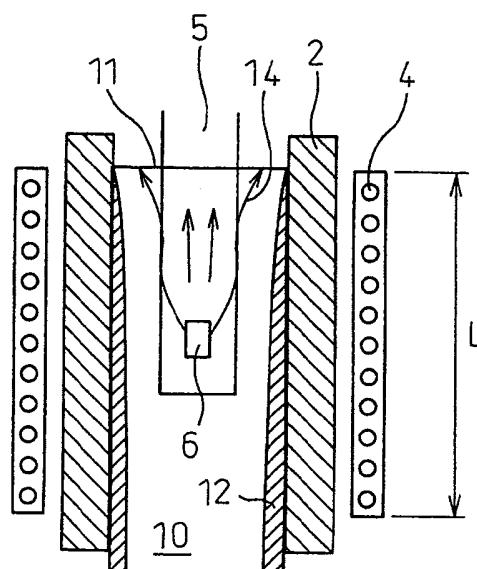


Fig. 2

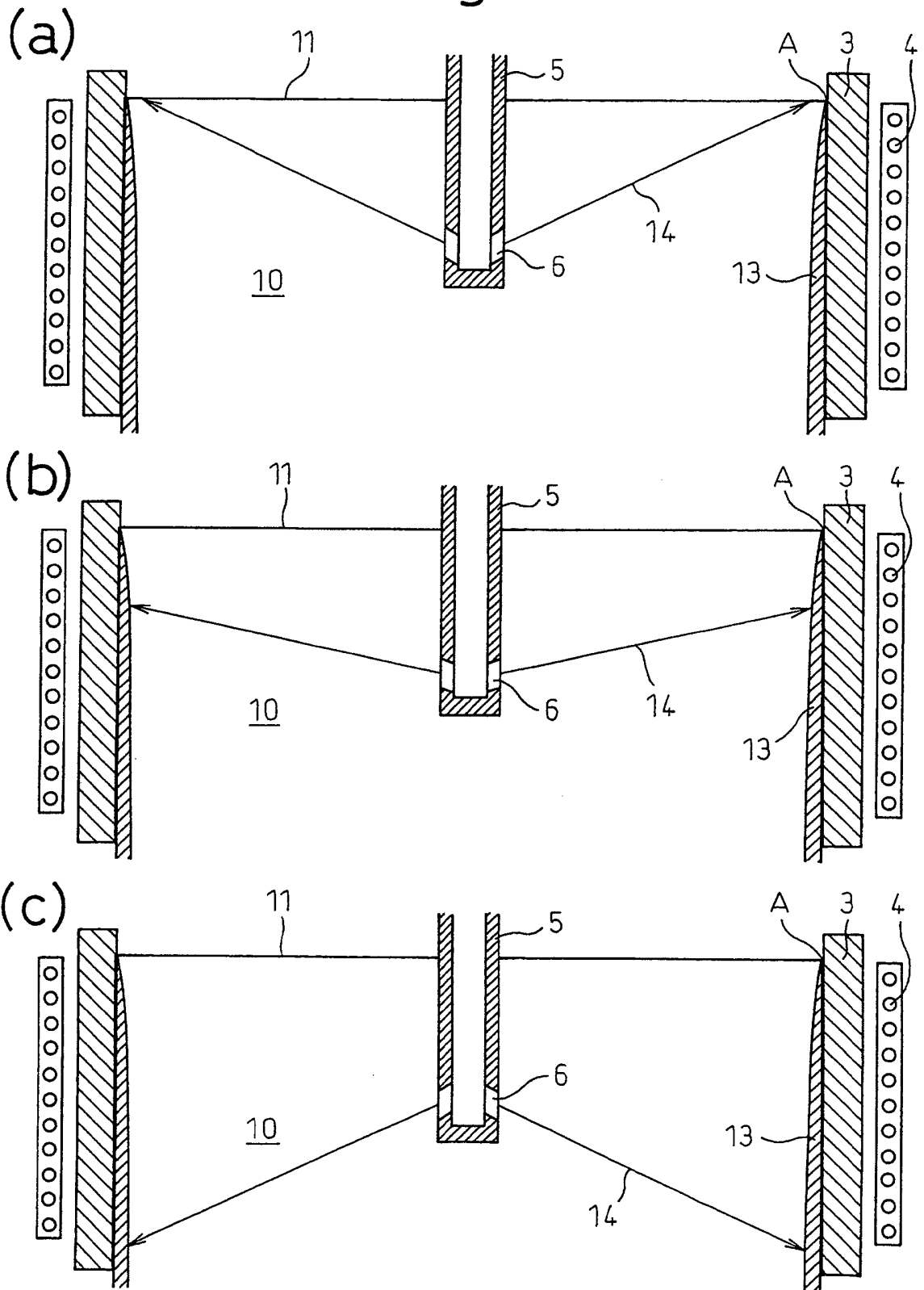
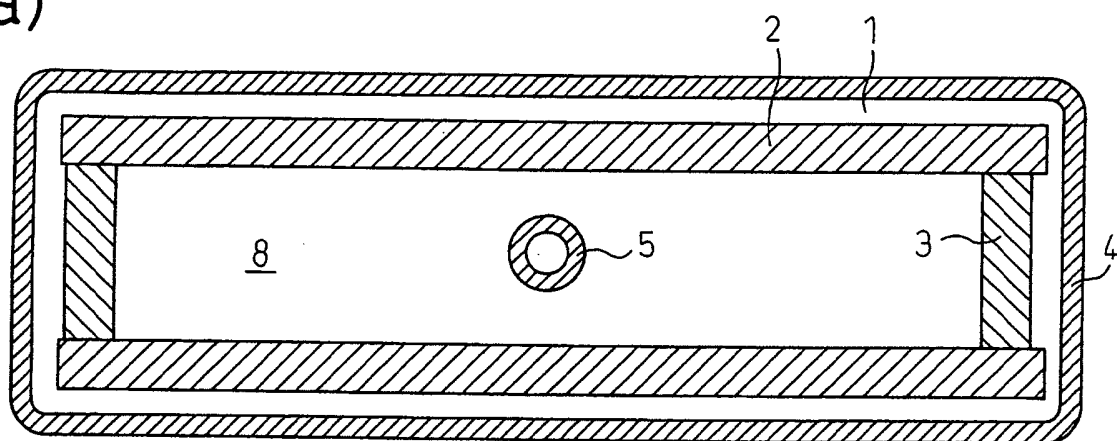
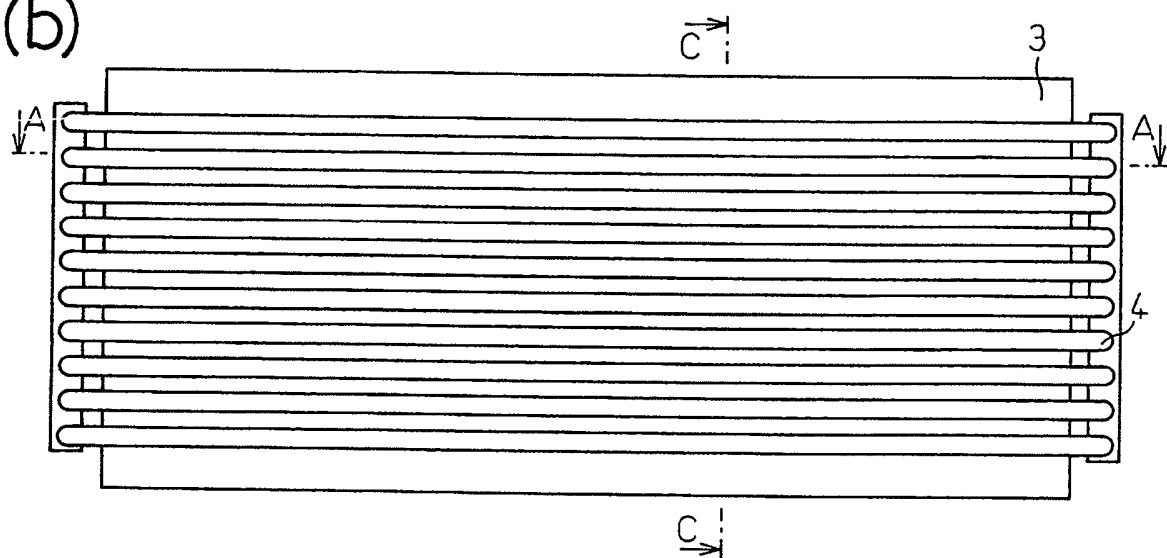


Fig.3

(a)



(b)



(c)

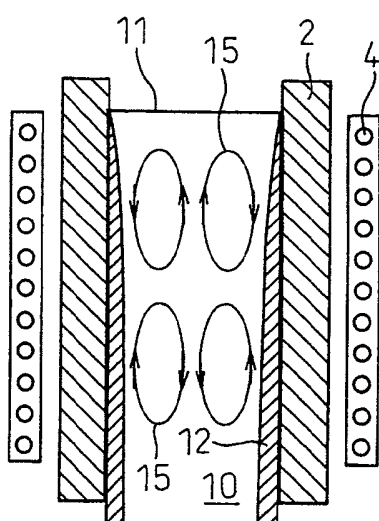


Fig. 4

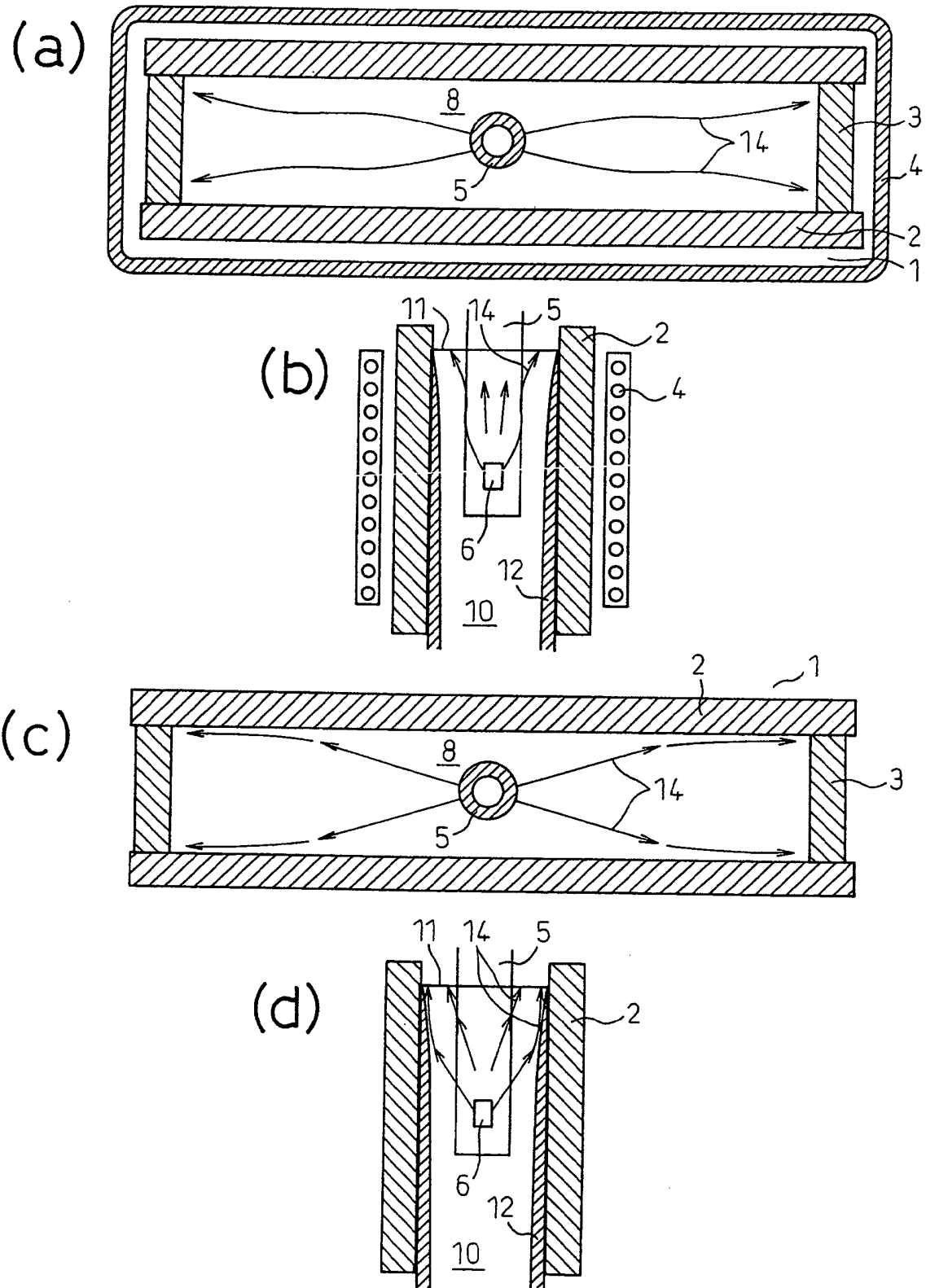


Fig.5

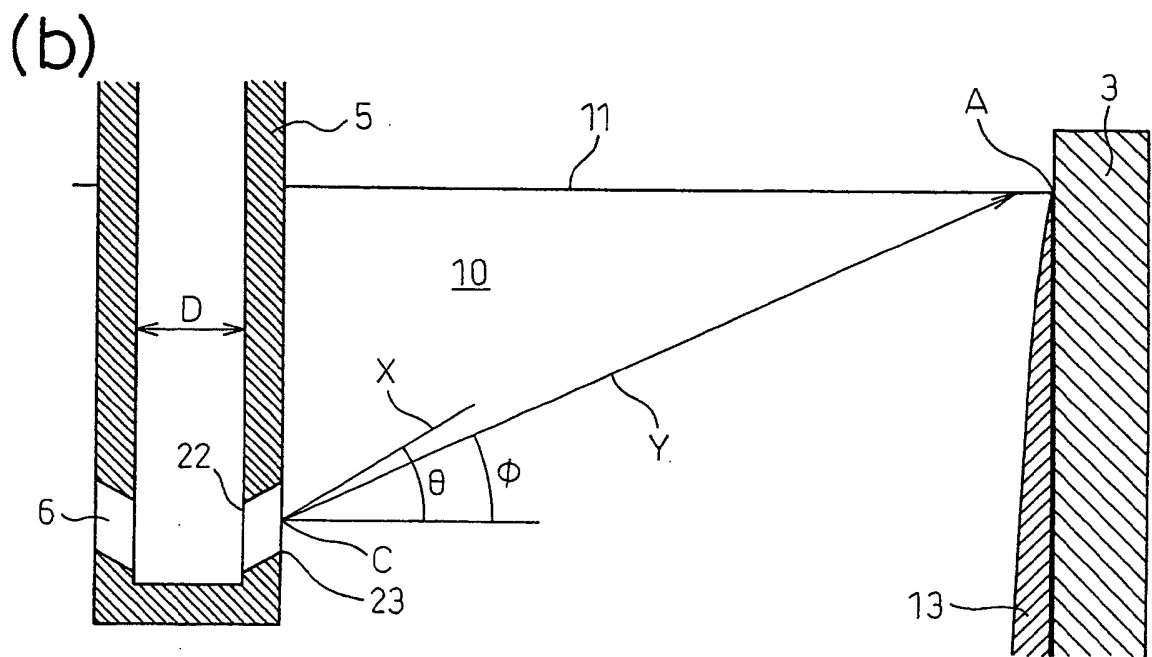
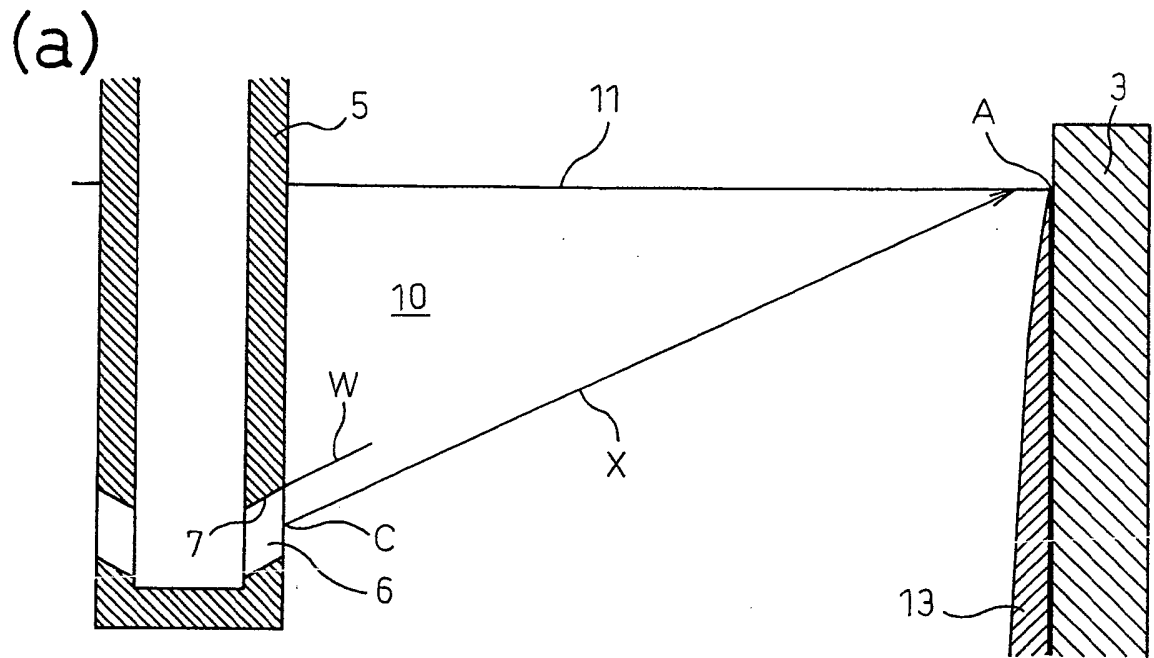
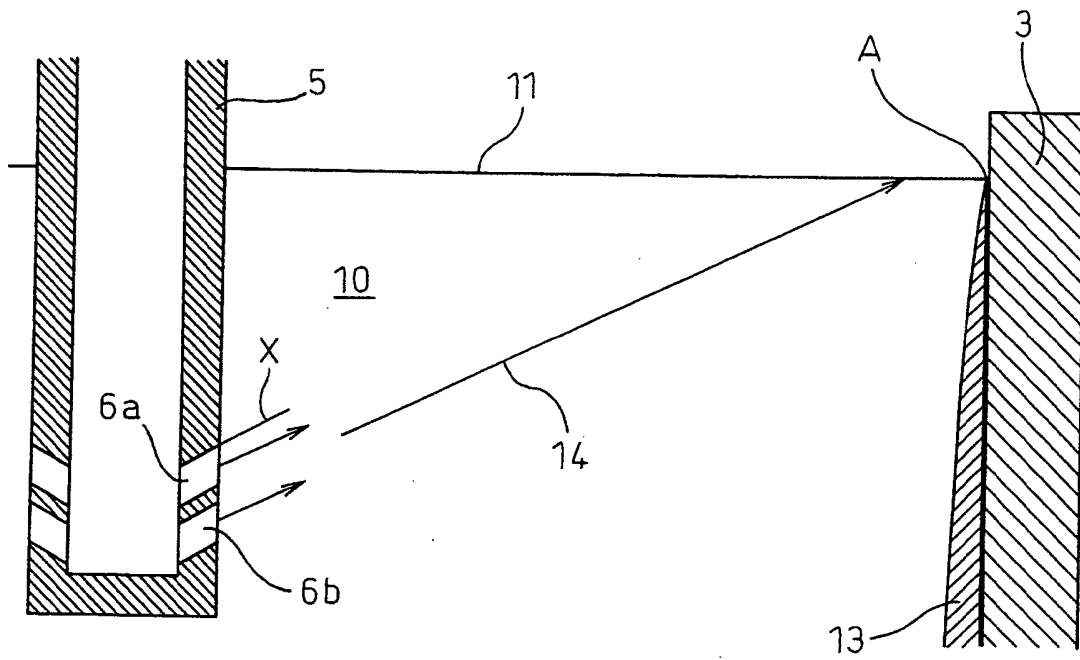


Fig.6



RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE METAL FUNDIDO"**.

A presente invenção refere-se a um método de lingotamento contínuo de metal fundido usando-se uma força eletromagnética para melhorar as propriedades de superfície da placa lingotado e reduzir as inclusões não-metálicas e bolhas presas dentro da placa lingotada. Uma corrente alternada é passada através de uma bobina eletromagnética (4) arranjada em torno de um molde de lingotamento (1) de modo a envolver um espaço de lingotamento (8) para controlar a forma do menisco para melhorar as propriedades de superfície da placa lingotada, as portas de descarga (6) de um bocal de entrada submerso (5) são feitas orientadas para cima, e a direção do fluxo de descarga (14) das portas de descarga é feita uma acima da interseção A do lado menor do molde de lingotamento com o menisco (11).
Devido a isso, as inclusões não-metálicas e as bolhas no fluxo de descarga são absorvidos pelo fluxo do molde de lingotamento contínuo do menisco, na parte do menisco alcançada. Além disso, o fluxo de descarga (14) recebe força eletromagnética devido à bobina eletromagnética enquanto a dispersão do fluxo de descarga na direção da espessura da placa é suprimida e o fluxo de descarga não contata a concha do lado maior (12), então é possível evitar que as inclusões não-metálicas e as bolhas sejam presas a partir do fluxo de descarga na concha do lado maior.