



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0812965-7 B1



(22) Data do Depósito: 17/04/2008

(45) Data de Concessão: 27/07/2021

(54) Título: MÉTODO PARA LINGOTAMENTO CONTÍNUO DO AÇO

(51) Int.Cl.: B22D 11/115; B22D 11/04; B22D 11/11; B22D 11/18.

(30) Prioridade Unionista: 28/06/2007 JP 2007-170578.

(73) Titular(es): NIPPON STEEL CORPORATION.

(72) Inventor(es): MASAYUKI KAWAMOTO; NOBUHIRO OKADA; MASAHITO HANAO; KOUJI TAKATANI; KOZO OTA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2008057511 de 17/04/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/001609 de 31/12/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 24/12/2009

(57) Resumo: MÉTODO PARA LINGOTAMENTO CONTINUO DO AÇO. A presente invenção refere-se a uma maneira de aplicação de corrente a uma bobina para dois propósitos, dispondo as duas primeiras bobinas de excitação 5b enroladas em torno das respectivas periferias externas de dois núcleos de ferro polares magnéticos 5a, e uma segunda bobina eletromagnética tendo uma bobina de excitação 5c enrolada em torno da periferia externa dos dois núcleos de ferro polares magnéticos 5a juntos, com o mesmo número na periferia externa de um lado largo 3b de um molde 3, para um total de $(2n + 2)$ na periferia externa (n é um número natural) do lado largo 3b. No caso de agitação eletromagnética, uma multifase corrente alternada de 3 fases ou mais, cada fase tendo uma diferença de fase de 90° a 120° , é aplicada às bobinas de excitação 5b, 5c de todas as bobinas eletromagnéticas, no caso de agitação eletromagnética. No caso de frenagem eletromagnética, uma corrente contínua é aplicada à bobina de excitação 5c ou às 3 bobinas de excitação 5b, 5c para cada uma das primeira e segunda bobinas eletromagnéticas. A frenagem eletromagnética ou a agitação eletromagnética é seletivamente ativada de acordo com a composição do aço líquido e a quantidade de aço líquido (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA LINGOTAMENTO CONTÍNUO DO AÇO**".

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a um método para lingotamento contínuo do aço que emprega uma bobina eletromagnética capaz de ativar seletivamente a frenagem eletromagnética ou a agitação eletromagnética, ao mesmo tempo que controla o fluxo de aço líquido no molde.

Técnica Antecedente

[002] No típico lingotamento contínuo do aço, o aço líquido é injetado em um molde por meio de um bocal de imersão com dois orifícios de saída. A figura 2 é uma vista seccional esquemática de um estado do fluído do aço líquido em um molde neste típico lingotamento contínuo. O aço líquido 2, o qual é descarregado por um orifício de saída 1a de um bocal de imersão 1, colide contra uma casca solidificada 2c em um lado estreito 3a de um molde 3. Após contato com a casca solidificada 2c no lado estreito 3a, o aço líquido separa-se em um fluxo para cima 2a e um fluxo para baixo 2b. O fluxo para cima 2a em seguida forma um fluxo horizontal abaixo do menisco e se move na direção do bocal de imersão 1. Número de referência 4 da figura 2 mostra um pó de molde.

[003] O controle do fluxo de aço líquido no molde é da máxima importância na operação e no controle de qualidade das placas lingotadas. Existem vários métodos para obter o controle do fluxo do aço líquido, tal como melhorar a forma do bocal de imersão, ou aplicar uma força eletromagnética ao aço líquido no molde. Nos anos recentes, os métodos de aplicação de uma força eletromagnética ao aço líquido têm conseguido ser amplamente empregados. Existem dois métodos de aplicação de uma força eletromagnética para o aço líquido: usando um freio eletromagnético para aplicação de uma força de frenagem para o

fluxo de descarregamento do aço líquido do bocal de imersão, e usando a agitação eletromagnética para agitar o aço líquido por meio de uma força eletromagnética.

[004] A frenagem eletromagnética e a agitação eletromagnética cada uma têm suas vantagens e desvantagens, porém falando de um modo geral, a frenagem eletromagnética é usada em lingotamento de alta velocidade, e a agitação eletromagnética é usada em lingotamento de baixa velocidade. Os freios eletromagnéticos e os agitadores eletromagnéticos são ambos equipados com um núcleo eletromagnético que tem um núcleo de ferro enrolado com uma bobina. O núcleo de ferro é tipicamente disposto no lado posterior de uma placa de cobre de um molde. Os dispositivos que têm estas bobinas eletromagnéticas tipicamente possuem uma única função, ou frenagem eletromagnética ou agitação eletromagnética.

[005] Dessa maneira, por algum tempo recentemente, dispositivos da bobina eletromagnética têm sido desenvolvidos com a capacidade de funcionamento de ambos como um freio eletromagnético e como um agitador eletromagnético (referido abaixo como uma bobina para dois propósitos), como descrito pelo requerente nas Referências de Patente 1 e 2.

[006] Referência de Patente 1: Publicação Kokai de Pedido de Patente Japonesa Nº 2005-349454

[007] Referência de Patente 2: Publicação Kokai de Pedido de Patente Japonesa Nº 2007-007719

[008] A bobina para dois propósitos das Referências de Patente 1 e 2 seletivamente causa frenagem eletromagnética ou agitação eletromagnética ao agir sobre o aço líquido em um molde, por fornecer corrente alternada ou contínua à uma bobina eletromagnética disposta na periferia externa do molde.

[009] A bobina para dois propósitos descrita nas Referências de

Patente 1 e 2 permite o uso de ambas frenagem eletromagnética e agitação eletromagnética, que até aqui era impossível.

Descrição da Invenção

Problema a ser Resolvido pela Invenção

[0010] O problema a ser resolvido pela presente invenção é que no caso de uma bobina para dois propósitos capaz de funcionamento tanto como um freio eletromagnético quanto como um agitador eletromagnético, não fica claro de que maneira aplicar a corrente elétrica durante o lingotamento contínuo do aço, como descrito pelo requerente.

Meios para Resolver estes Problemas

[0011] O método para lingotamento contínuo do aço de acordo com uma modalidade da presente invenção é um método que especifica uma maneira de aplicação de corrente a uma bobina para dois propósitos. O método pode incluir os etapas de:

[0012] dispor pelo menos dois núcleos de ferro polares com o mesmo número na periferia externa de um lado largo de um molde, para um total de $(2n + 2)$ na periferia externa do lado largo do molde, em que n é um número natural, em que cada um dos núcleos de ferro polares compreende uma primeira bobina de excitação enrolada em torno da periferia externa do núcleo de ferro polar magnético, e em que uma segunda bobina de excitação é enrolada em torno da periferia externa de dois de pelo menos dois núcleos de ferro polares magnéticos, tal que os dois núcleos de ferro polares magnéticos são enrolados juntos;

[0013] aplicar, no caso de agitação eletromagnética, uma corrente alternada de multifase às bobinas de excitação de todas as bobinas eletromagnéticas, em que a corrente alternada de multifase tem pelo menos 3 fases, cada fase tendo uma diferença de fase dentre cerca de 90° a cerca de 120° ;

[0014] aplicar, no caso de frenagem eletromagnética, uma corrente

contínua à segunda bobina de excitação ou às primeiras bobinas de excitação enroladas em torno dos dois núcleos de ferro polares magnéticos e da segunda bobina de excitação, e

[0015] seletivamente ativar a frenagem eletromagnética ou a agitação eletromagnética de acordo com a composição do aço líquido e da quantidade de aço líquido fornecido.

[0016] Em um aspecto, quando a concentração de carbono constituinte do aço líquido fornecido para o molde é de pelo menos 0,07% e 0,16% ou menos em termos de percentagem em massa:

1) uma corrente alternada de multifase de 3 fases ou mais é aplicada às primeira e segunda bobinas eletromagnéticas, desse modo causando agitação eletromagnética para agir no aço líquido disposto no molde, quando o aço líquido é fornecido em menos do que 3 ton/min, e

2) uma corrente contínua é aplicada as primeira e segunda bobinas eletromagnéticas a fim de causar frenagem eletromagnética para agir no aço líquido disposto no molde, quando o aço líquido é fornecido em 3 ton/min ou mais.

[0017] Em outro aspecto, quando a concentração de carbono constituinte do aço líquido fornecido para o molde é maior do que 0,0050% e menor do que 0,07% em termos de percentagem em massa:

1) uma corrente alternada de multifase de 3 fases ou mais é aplicada as primeira e segunda bobinas eletromagnéticas a fim de causar agitação eletromagnética para agir no aço líquido disposto no molde, quando o aço líquido é fornecido em menos do que 4 ton/min, e

2) uma corrente contínua é aplicada às primeira e segunda bobinas eletromagnéticas a fim de causar frenagem eletromagnética para agir no aço líquido disposto no molde, quando o aço líquido é fornecido em 4 ton/min ou mais.

[0018] Ainda em outro aspecto, quando a concentração de carbono constituinte do aço líquido fornecido para o molde é de 0,0050% ou

menos em termos de percentagem em massa:

1) uma corrente alternada de multifase de 3 fases ou mais é aplicada as primeira e segunda bobinas eletromagnéticas a fim de causar agitação eletromagnética para agir no aço líquido disposto no molde, quando o aço líquido é fornecido em menos do que 5 ton/min, e

2) uma corrente contínua é aplicada as primeira e segunda bobinas eletromagnéticas a fim de causar frenagem eletromagnética para agir no aço líquido disposto no molde, quando o aço líquido é fornecido em 5 ton/min ou mais.

Efeitos Vantajosos da Invenção

[0019] De acordo com o método para lingotamento contínuo do aço de acordo com uma modalidade da presente invenção, é possível com estabilidade produzir placas lingotadas com boa qualidade de superfície, até mesmo com tipos de variações de aço e condições de lingotamento. Além disso, na modalidade da presente invenção, a ocorrência de rompimento pode ser controlada e uma operação de lingotamento estável pode ser obtida.

Breve Descrição dos Desenhos

[0020] A figura 1 ilustra a configuração da bobina para dois propósitos empregada no método da presente invenção. A figura 1 (a) é uma vista seccional horizontal. A figura 1 (b) é uma vista seccional vertical.

[0021] A figura 2 é uma vista seccional vertical esquematicamente mostrando o estado do fluxo do aço líquido no molde em um método de lingotamento contínuo convencional.

Breve Descrição dos Números de Referência

- 1 Bocal de Imersão
- 2 Aço Líquido
- 3 Molde
- 3a Lado Estreito

- 3b Lado Largo
- 5 Bobina para Dois Propósitos
- 5a Dentes
- 5b Enrolamento Interno
- 5c Enrolamento Externo
- 5d Núcleo

Modalidades Preferidas

[0022] A presente invenção especifica uma maneira de aplicar uma corrente a uma bobina para dois propósitos de acordo com a composição do aço líquido e a quantidade de aço líquido fornecido quando desempenhada o lingotamento contínuo do aço empregando uma bobina para dois propósitos que é capaz de servir a ambas funções de frenagem eletromagnética e de agitação eletromagnética.

Modalidades

[0023] A figura 1 ilustra as modalidades preferidas da presente invenção e um processo de concepção inicial da presente invenção para solução dos problemas da técnica anterior.

[0024] Os inventores têm estudado de que maneira seletivamente aplicar a frenagem eletromagnética ou a agitação eletromagnética às condições de lingotamento quando realizando o lingotamento contínuo do aço empregando uma bobina para dois propósitos como descrito na Referência de Patente 2.

[0025] A frenagem eletromagnética pode ter o efeito de redução longitudinal das fissuras causadas por solidificação desigual do aço líquido, e inibindo a refusão da casca solidificada para desse modo controlar a ocorrência de rompimento. O motivo para isso é que a frenagem eletromagnética reduz a velocidade do fluxo do aço líquido que é descarregado do bocal de imersão, de modo que a velocidade do fluxo do aço líquido seja inferior quando colidir contra a casca solidificada.

[0026] Por outro lado, a agitação eletromagnética tem o efeito de impedir que defeitos da superfície em placas lingotadas ocorram ao aumentar a velocidade do fluxo do aço líquido abaixo do menisco adicionando um fluxo de aço líquido que é paralelo à casca solidificada, desse modo impedindo que bolhas de ar e inclusões de serem capturadas na casca solidificada.

[0027] Os inventores atuais conduziram investigações nas quais quando seletivamente aplica-se a frenagem eletromagnética ou a agitação eletromagnética de acordo com as condições de lingotamento, variam a concentração de carbono, um componente básico de aço, e a quantidade de aço líquido fornecido para o molde que é determinada pela velocidade de lingotamento e a área seccional do molde.

[0028] O motivo pelo qual a quantidade de aço líquido fornecido é especificada, em vez de fixar a velocidade de lingotamento como um parâmetro, é que a quantidade de aço líquido descarregado do bocal de imersão é um parâmetro primordial do fluxo de aço líquido no molde, e por conseguinte, a quantidade de aço líquido fornecido é um parâmetro mais apropriado do que a velocidade de lingotamento para determinar o método de controle do fluxo de aço líquido.

[0029] A seguinte é uma explanação dos resultados das investigações conduzidas pelos inventores. O aço líquido foi fundido tendo as composições fornecidas na tabela 1 abaixo empregando uma máquina de lingotamento contínuo do molde vertical curvado capaz de produzir placas tendo uma largura de 1500 mm e uma espessura de 270 mm.

TABELA 1

Tipo de Aço	C	Mn	Si	P	S	Al	Ti	Nb
A1 (aço de baixo teor de carbono)	0,0051	0,24	0,01	0,07	0,006	0,02	0,06	0,014
A2 (aço de baixo teor de carbono)	0,05	0,03	0,01	0,01	0,008	0,03	Tr	Tr

Tipo de Aço	C	Mn	Si	P	S	Al	Ti	Nb
A3 (aço de baixo teor de carbono)	0,06	0,14	Tr	0,01	0,002	0,03	Tr	Tr
B1 (aço com teor ultrabaixo de carbono)	0,0050	0,05	0,03	0,01	0,003	0,02	Tr	Tr
B2 (aço com teor ultrabaixo de carbono)	0,0025	0,35	0,01	0,04	0,004	0,04	0,01	0,005
C1 (aço hipoperitético)	0,07	0,52	0,09	0,01	0,004	0,01	Tr	Tr
C2 (aço hipoperitético)	0,1	1,1	0,05	0,02	0,004	0,01	Tr	Tr
C3 (aço hipoperitético)	0,16	0,45	0,2	0,02	0,012	0,05	0,01	0,017

(Unidade: % em massa)

Nota: O Aço de baixo teor de carbono, o aço com teor ultrabaixo de carbono, e o aço hipoperitético, todos têm ferro residual e impurezas inevitáveis.

[0030] A figura 1 mostra uma bobina para dois propósitos empregada no lingotamento, e suas dimensões típicas. Na figura 1, o Número de Referência 5 representa duas bobinas para dois propósitos dispostas continuamente nos respectivos lados largos 3b de um molde 3. Como ilustrado na figura 1, dois dentes 5a são fornecidos com enrolamentos internos 5b, e estes dois dentes são, além disso, unidos por enrolamentos externos 5c. Deve ser observado que o Número de Referência 5d é um núcleo, a extremidade mais alta que está na mesma altura em relação ao menisco, e o Número de Referência 6 é uma placa de apoio instalada no lado externo do molde 3.

[0031] As especificações para a bobina para dois propósitos, que funciona tanto como um freio eletromagnético quanto como um agitador eletromagnético, são fornecidas abaixo. As condições de lingotamento são fornecidas na tabela 2, e os resultados da lingotamento são fornecidos na tabela 3.

Especificações para Bobina para dois Propósitos

[0032] Força eletromagnética no centro do molde na direção da espessura: 0,3 weber/metro quadrado 3000 Gauss;

[0033] Freqüência: 4,0 Hz

[0034] Corrente aplicada a cada bobina de excitação: 45,000 ampéres-espiras

[0035] Fase de corrente alternada: 120°, 3 fases de corrente alternada

TABELA 2

	Nº	Tipo de Aço	Velocidade de lingotamento (m/min)	Agitação Eletromagnética	Frenagem Eletromagnética	Quantidade de Aço Líquido Fornecido (t/min)
Exemplos de trabalho	1	A2	1,3	Ligada		3,7
	2	A2	1,5		Ligada	4,3
	3	A2	1,7		Ligada	4,8
	4	A2	2,0		Ligada	5,7
	5	B2	1,3	Ligada		3,7
	6	B2	1,5	Ligada		4,3
	7	B2	1,7	Ligada		4,8
	8	B2	2,0		Ligada	5,7
	9	C2	1,3		Ligada	3,7
	10	C2	1,5		Ligada	4,3
	11	C2	1,7		Ligada	4,8
	12	C2	2,0		Ligada	5,7
	13	A1	1,38	Ligada		3,9
	14	A3	1,41		Ligada	4,0
	15	B1	1,73	Ligada		4,9
	16	B3	1,76		Ligada	5,0
	17	C1	1,02	Ligada		2,9
	18	C3	1,06		Ligada	3,0

10/15

TABELA 2 (continuação)

	Nº	Tipo de Aço	Velocidade de lingotamento (m/min)	Agitação Eletromagnética	Frenagem Eletromagnética	Quantidade de Aço Líquido Fornecido (t/min)
Exemplos comparativos	21	A2	1,3			3,7
	22	A2	1,5			4,3
	23	A2	2,0			5,7
	24	B2	1,3			3,7
	25	B2	1,8			5,3
	26	C2	1,02			2,9
	27	C2	1,5			4,3
	28	C2	1,7			4,8

TABELA 3

	Nº	Taxa de Rompimento	Taxa de Defeito de Superfície (%)
Exemplos de trabalho	1	0,1 vez/ano	0,2
	2	0,1 vez/ano	0,2
	3	0,1 vez/ano	0,2
	4	0,1 vez/ano	0,2
	5	0,1 vez/ano	1,0
	6	0,1 vez/ano	1,0
	7	0,1 vez/ano	1,0
	8	0,1 vez/ano	1,5
	9	0,2 vez/ano	0,3
	10	0,2 vez/ano	0,3
	11	0,2 vez/ano	0,3
	12	0,3 vez/ano	0,3
	13	0,2 vez/ano	0,3
	14	0,1 vez/ano	0,3
	15	0,2 vez/ano	1,0
	16	0,1 vez/ano	1,2
	17	0,1 vez/ano	0,5
	18	0,1 vez/ano	0,5
Exemplos comparativos	21	0,2 vez/ano	3,0
	22	0,8 vez/ano	0,2
	23	0,8 vez/ano	0,2
	24	0,2 vez/ano	8,0
	25	0,2 vez/ano	8,5
	26	0,2 vez/ano	1,3
	27	5 tempos/ano	1,0
	28	5,5 tempos/ano	1,0

[0036] Voltando à tabela 2, o aço no grupo do tipo A foi um aço neutralizado de alumínio de baixo teor de carbono tendo uma concentração de carbono maior do que 0,0050% e menor do que 0,07% em termos da percentagem em massa. No aço do tipo A, a solidificação desigual não ocorreu facilmente, e quando as placas foram verificadas

quanto a defeitos de superfície, a taxa de ocorrência não foi alta. Por esse motivo, até mesmo em uma taxa elevada de fornecimento de aço líquido de 5,7 ton/min, o lingotamento pode ser realizado, até mesmo sem ativar a agitação eletromagnética ou a frenagem eletromagnética convencional (Exemplo Comparativo 23).

[0037] De qualquer modo, se a frenagem eletromagnética não foi ativada, quando a quantidade de aço líquido fornecido era de 4 ton/min ou maior, a taxa de rompimento aumentou (Vide, Exemplos Comparativos 22 e 23). Por outro lado, se a quantidade de aço líquido fornecida era menor do que 4 ton/min, os defeitos da superfície frequentemente ocorreram nas placas quando a agitação eletromagnética não foi ativada (Vide, Exemplo Comparativo 21).

[0038] Em contraposição, se a quantidade de aço líquido fornecido fosse de 4 ton/min ou maior, o lingotamento estável poderia ser obtido ao se ativar a frenagem eletromagnética (Vide, Exemplos de Trabalho 2-4 e 14). Além disso, se a quantidade de aço líquido fornecido fosse menor do que 4 ton/min, a ocorrência de defeitos da superfície nas placas poderia ser reduzida ao se ativar a agitação eletromagnética (Vide, Exemplos de Trabalho 1 e 13).

[0039] O aço no grupo do tipo B foi um aço de teor ultrabaixo de carbono tendo uma concentração de carbono de 0,0050% ou menos em termos da percentagem em massa. Apesar, falando de um modo qual, no aço do tipo B a solidificação desigual não ocorreu facilmente, a taxa de ocorrência de defeitos de superfície nas placas foi extremamente alta. Quando a agitação eletromagnética ou a frenagem eletromagnética não foi ativada, os defeitos da superfície ocorreram nas placas até mesmo se a quantidade de aço líquido fornecido foi menor do que 5 ton/min (Vide, Exemplo Comparativo 24), e se a quantidade de aço líquido fornecido foi de 5 ton/min ou maior, os defeitos da superfície frequentemente ocorreram nas placas (Vide, Exemplo Comparativo 25).

[0040] Usando o aço no grupo tipo B, se a quantidade de aço líquido fornecido foi menor do que 5 ton/min, foi eficaz ativar a agitação eletromagnética, e na verdade o efeito foi particularmente significativo (Vide, exemplos de trabalho 5-7 e 15). Além disso, se a quantidade de aço líquido fornecido foi de 5 ton/min ou maior, foi da mesma forma eficaz ativar a frenagem eletromagnética (Vide, Exemplos de Trabalho 8 e 16).

[0041] O aço no grupo tipo C foi um aço hipoperitético tendo uma concentração de carbono de 0,07% ou maior e 0,16% ou menor em termos de percentagem em massa. No aço tipo C, a solidificação desigual facilmente ocorre, e a ocorrência de defeitos da superfície foi baixa. Usando o aço no grupo tipo C, quando a frenagem eletromagnética ou a agitação eletromagnética não foi ativada, se a quantidade de aço líquido fornecido era de 4 ton/min ou maior, as fissuras longitudinais e a refusão ocorreram, e a taxa de ocorrência de rompimento foi extremamente alta (Vide, Exemplos Comparativos 27 e 28).

[0042] Usando o aço no grupo tipo C, a taxa de ocorrência de rompimento pode ser reduzida ao se ativar a agitação eletromagnética quando a quantidade de aço líquido fornecido era menor do que 3 ton/min (Vide, Exemplo de Trabalho 17), e por ativar a frenagem eletromagnética quando a quantidade de aço líquido fornecido era de 3 ton/min ou maior (Vide, Exemplos de Trabalho 9-12 e 18).

[0043] Estes resultados mostram que a frenagem eletromagnética foi muito eficaz nos seguintes casos: onde o aço líquido de baixo teor de carbono foi fornecido em 4 ton/min ou maior; no qual o aço líquido de teor ultrabaixo de carbono foi fornecido em 5 ton/min ou maior; e onde o aço líquido hipoperitético foi fornecido em 3 ton/min ou maior. Em particular, a frenagem eletromagnética foi extremamente eficaz no caso de aço hipoperitético, no qual a solidificação desigual e a refusão

da casca solidificada facilmente ocorreu.

[0044] Por outro lado, se a quantidade do aço líquido dos tipos acima que foi fornecida foi menor do que as quantidades fornecidas acima, então a agitação eletromagnética foi muito eficaz. No caso do aço de teor ultrabaixo de carbono em particular, houve casos em que a taxa de defeito da superfície pode ser alta, porém a ativação da agitação eletromagnética foi constatada ser muito eficaz em eliminar tais defeitos.

[0045] A presente invenção é, lentamente, não limitada aos exemplos antecedentes, e as modalidades podem ser adequadamente modificadas, uma vez que estão no escopo das idéias técnicas relacionadas nas reivindicações.

[0046] Por exemplo, a corrente alternada não tem que ter 3-fases, porém pode ter um número mais elevado de fases, uma vez que a diferença da fase corrente é entre cerca de 90° a cerca de 120°.

Aplicabilidade Industrial

[0047] A presente invenção descrita acima pode ser aplicada ao lingotamento contínuo empregando um molde curvo, um molde vertical, ou qualquer forma de molde, uma vez que envolve lingotamento contínuo. Além do mais, a presente invenção pode ser aplicada não somente o lingotamento contínuo de placas, mas da mesma forma ao lingotamento contínuo de blocos.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de lingotamento contínuo de aço, que especifica um modo para aplicar corrente a uma bobina eletromagnética de dois propósitos (5), o método caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

dispor pelo menos duas bobinas eletromagnéticas de dois propósitos (5) no mesmo número de uma periferia externa de um lado largo (3b) de um molde (3), para um total de $(2n + 2)$ na periferia externa do lado largo (3b) do molde (3), em que n é um número natural, em que cada uma das bobinas eletromagnéticas de dois propósitos (5) compreende dois núcleos magnéticos de ferro polar (5a) e uma primeira bobina de excitação (5b) enrolada em torno da periferia externa de cada núcleo polar magnético de ferro (5a), e em que uma segunda bobina de excitação (5c) é enrolada em torno da periferia externa dos dois núcleos polares magnéticos de ferro (5a), tal que os dois núcleos polares magnéticos de ferro (5a) são enrolados juntos;

aplicar, no caso de agitação eletromagnética, uma corrente alternada multifase às bobinas de excitação (5b, 5c) de todas as bobinas eletromagnéticas (5), em que a corrente alternada de multifase tem pelo menos 3 fases, cada fase tendo uma diferença de fase dentre cerca de 90° a cerca de 120° ;

aplicar, no caso de frenagem eletromagnética, uma corrente contínua à segunda bobina de excitação (5c) ou às primeiras bobinas de excitação (5b) enroladas em torno dos dois núcleos polares magnéticos de ferro (5a) e da segunda bobina de excitação (5c), e

seletivamente ativar a frenagem eletromagnética ou a agitação eletromagnética de acordo com a composição do aço líquido (2) e a quantidade de aço líquido (2) fornecido.

2. Método, de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, quando a concentração de carbono constituinte do aço

líquido (2) fornecido para o molde (3) é de pelo menos 0,07% e 0,16% ou menos em termos de percentagem em massa:

(1) uma corrente alternada multifase de 3 fases ou mais é aplicada às primeira e segunda bobinas de excitação (5b, 5c), desse modo causando a agitação eletromagnética agir no aço líquido (2) disposto no molde (3), quando o aço líquido (2) é fornecido em menos do que 3 ton/min, e

(2) uma corrente contínua é aplicada às primeira e segunda bobinas de excitação (5b, 5c) a fim de causar a frenagem eletromagnética agir no aço líquido (2) disposto no molde (3), quando o aço líquido (2) é fornecido em 3 ton/min ou mais.

3. Método, de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, quando a concentração de carbono constituinte do aço líquido (2) fornecido para o molde (3) é maior do que 0,0050% e menor do que 0,07% em termos de percentagem em massa:

(1) uma corrente alternada multifase de 3 fases ou mais é aplicada às primeira e segunda bobinas de excitação (5b, 5c) a fim de causar a agitação eletromagnética agir no aço líquido (2) disposto no molde (3), quando o aço líquido (2) é fornecido em menos do que 4 ton/min, e

(2) uma corrente contínua é aplicada às primeira e segunda bobinas de excitação (5b, 5c) a fim de causar frenagem eletromagnética para agir no aço líquido (2) disposto no molde (3), quando o aço líquido (2) é fornecido em 4 ton/min ou mais.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que quando a concentração de carbono constituinte do aço líquido (2) fornecido para o molde (3) é de 0,0050% ou menos em termos de percentagem em massa:

(1) uma corrente alternada multifase de 3 fases ou mais é aplicada às primeira e segunda bobinas de excitação (5b, 5c) a fim de

causar a agitação eletromagnética agir no aço líquido (2) disposto no molde (3), quando o aço líquido (2) é fornecido em menos do que 5 ton/min, e

(2) uma corrente contínua é aplicada às primeira e segunda bobinas de excitação (5b, 5c) a fim de causar a frenagem eletromagnética agir no aço líquido (2) disposto no molde (3), quando o aço líquido (2) é fornecido em 5 ton/min ou mais.

FIG. 1

Notações a direita do desenho Fig.1(b): Menisco

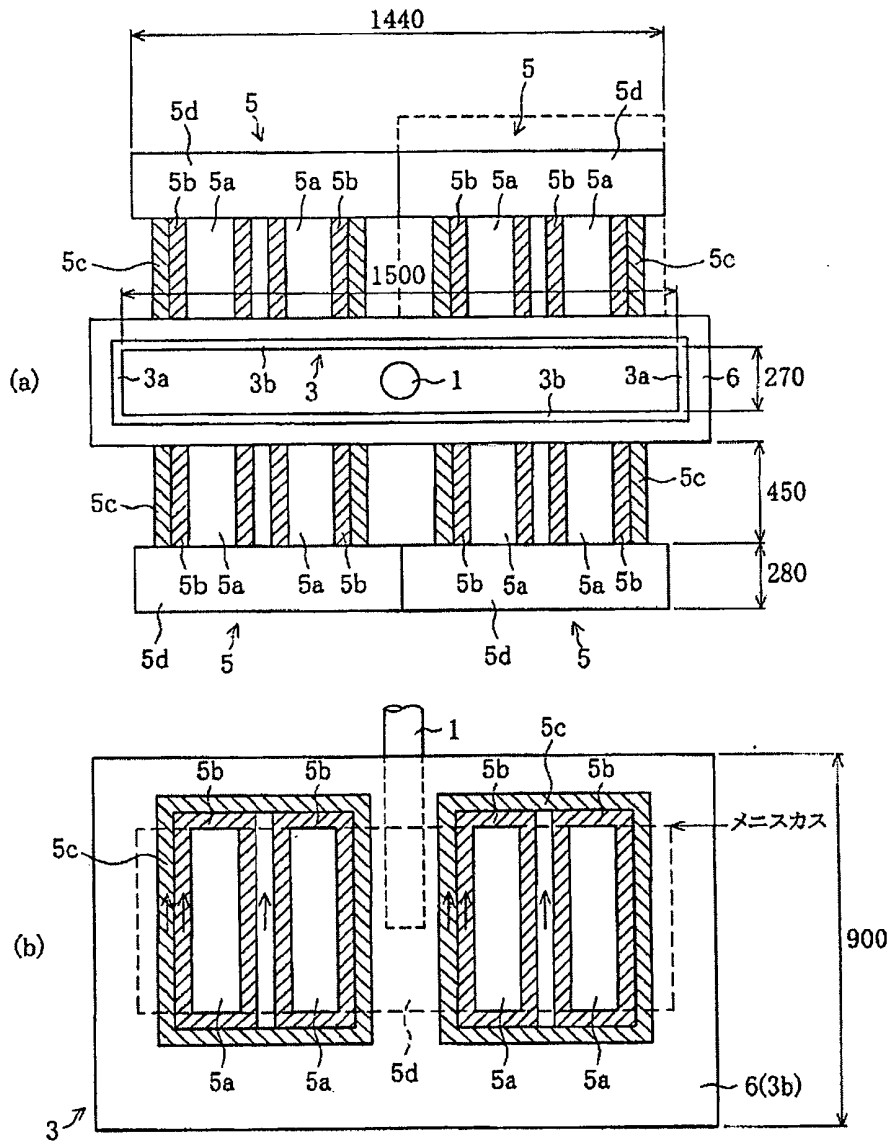


FIG. 2

Notações a direita do desenho: Menisco

