



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

(11) PI 0820371-7 B1



(22) Data do Depósito: 10/10/2008

(45) Data de Concessão: 22/10/2019

(54) Título: SISTEMA DE BOBINA ELETROMAGNÉTICA PARA AÇO FUNDIDO EM MOLDE CAPAZ DE SERVIR TANTO COMO AGITADOR ELETROMAGNÉTICO QUANTO COMO UM FREIO ELETROMAGNÉTICO

(51) Int.Cl.: B22D 11/04; B22D 11/11; B22D 11/115; H01F 5/00; H01F 7/20.

(30) Prioridade Unionista: 16/11/2007 JP 2007-298484.

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

(72) Inventor(es): NOBUHIRO OKADA; KOUJI TAKATANI; MASAYUKI KAWAMOTO.

(86) Pedido PCT: PCT JP2008068486 de 10/10/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/063711 de 22/05/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 14/05/2010

(57) Resumo: SISTEMA DE BOBINA ELETROMAGNÉTICA PARA AÇO FUNDIDO EM MOLDE CAPAZ DE SERVIR TANTO COMO AGITADOR ELETROMAGNÉTICO QUANTO COMO UM FREIO ELETROMAGNÉTICO A presente invenção refere-se à otimização da relação entre Os enrolamentos interno e externo de uma bobina multifuncional (1). Um sistema de bobina eletromagnética para lingotamento contínuo de aço configurado para ativar seletivamente a agitação eletromagnética e a frenagem eletromagnética do aço fundido pela aplicação de uma corrente contínua ou de pelo menos uma corrente alternada trifásica a uma bobina eletromagnética. A bobina eletromagnética é fornecida com dois dentes (1 aa) se estendendo a partir da culatra (1ab). Um enrolamento interno (1 b) é fornecido em torno dos dois dentes (1aa), e um enrolamento externo (1c) é também fornecido em torno do lado externo. O número de espiras do enrolamento externo (1c) é igual ao número de espiras do enrolamento interno (1 b), se o número de espiras do enrolamento interno (1 b) for suficiente. O número de espiras do enrolamento externo é maior que o número de espiras do enrolamento interno (1 b), e não mais eu 2,5 vezes o número de espiras do enrolamento interno (1 b), se o número de espiras do enrolamento interno (1 b) for insuficiente. A bobina eletromagnética é arranjada de (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA DE BOBINA ELETROMAGNÉTICA PARA AÇO FUNDIDO EM MOLDE CAPAZ DE SERVIR TANTO COMO AGITADOR ELETROMAGNÉTICO QUANTO COMO UM FREIO ELETROMAGNÉTICO**".

5 CAMPO TÉCNICO

A presente invenção refere-se a um sistema de bobina eletromagnética para aço fundido em molde que seja capaz de servir tanto como agitador eletromagnético quanto como um freio eletromagnético para uso no lingotamento contínuo de aço enquanto controla o fluxo do aço fundido no
10 molde.

ANTECEDENTES DA TÉCNICA

No lingotamento contínuo de aço, controlar o fluxo do aço fundido no molde é da máxima importância na operação de lingotamento e no controle de qualidade das placas lingotadas. Há vários métodos de alcançar
15 o controle de fluxo do aço fundido, tais como melhorar a forma do bocal de imersão e aplicar uma força eletromagnética ao aço fundido no molde. Desse método, a aplicação de uma força eletromagnética ao aço fundido no molde tornou-se amplamente usado e é praticado por dois métodos principais: agitação eletromagnética, que envolve agitar o aço fundido por meio de
20 uma força eletromagnética; e frenagem eletromagnética, que aplica uma força de frenagem no fluxo de saída do aço fundido.

A agitação eletromagnética é conhecida por ter o efeito de melhorar a qualidade do produto, e é usado principalmente no lingotamento de materiais de alto grau. Por outro lado, a frenagem eletromagnética é usada
25 para evitar a redução na qualidade do produto resultante da re-fusão de uma casca solidificada quando o fluxo de saída do aço fundido colide contra a casca solidificada nos lados estreitos do molde pela aplicação de uma força de frenagem ao fluxo de saída do aço fundido. A frenagem eletromagnética é também usada para aumentar a velocidade de lingotamento pelo controle
30 da velocidade do fluxo do aço fundido abaixo do menisco.

Esses freios eletromagnéticos e agitadores eletromagnéticos são ambos fornecidos com bobinas eletromagnéticas com enrolamentos em tor-

no de seus núcleos magnéticos dispostos no lado traseiro do molde. Um núcleo geralmente emprega ferro, que é um material ferromagnético, e é referido como núcleo de ferro. Uma chapa de aço eletromagnético é empregada como um núcleo em uma agitação eletromagnética, que usa corrente alterada, para reduzir a perda de núcleo devida à indução magnética. Um núcleo de ferro macio é frequentemente usado em um freio eletromagnético.

Esses sistemas de bobinas eletromagnéticas têm tipicamente apenas uma função ou de freio eletromagnético ou de agitador eletromagnético.

Consequentemente, os presentes inventores desenvolveram previamente um sistema de bobina eletromagnética capaz de servir tanto como um agitador eletromagnético quanto como um freio eletromagnético (referido abaixo como uma bobina multifuncional). Vide, por exemplo, a Patente de Referência 1.

Patente de Referência 1: Aplicação de Patente Japonesa Publicação Kokai nº 2007-007719

A geometria da bobina multifuncional da presente invenção é basicamente idêntica àquela descrita na Patente de Referência 1. A bobina multifuncional também emprega uma estrutura de bobina eletromagnética descrita na Patente de Referência 2.

Patente de Referência 2: Aplicação de Patente Japonesa Publicação Kokai nº S60-044157

A Figura 10 mostra uma bobina multifuncional 1 conforme descrito na Patente de Referência 2 na qual duas bobinas 1 são arranjadas de maneira contínua em um lado largo 2a de um molde 2. Essa bobina multifuncional 1 emprega um enrolamento 1b (enrolamento interno) em torno de cada dois dentes 1aa, e um enrolamento 1c (enrolamento externo) em torno do lado externo dos dois dentes 1aa para formar um único mecanismo. Uma vez que a forma dos dois dentes 1aa e a culatra 1ab que formam o núcleo 1a dessa bobina eletromagnética lembram a letra grega π (pi), essa bobina multifuncional 1 é chamada de bobina-pi. Na Figura 10, o numeral de referência 2b é um lado estreito do molde 2, o numeral de referência 3 é uma

chapa de apoio, e o numeral de referência 4 é um bocal de imersão.

Em um sistema de bobina eletromagnética, a capacidade de agitação eletromagnética e a capacidade de frenagem eletromagnética dependem do produto da corrente aplicada às bobinas de excitação pelo número de voltas da bobina. É, portanto, necessário aumentar ou o número de voltas da bobina ou a corrente, para aumentar a desempenho de um sistema de bobina eletromagnética. Entretanto, aumentar o desempenho requer um aumento na área de superfície da seção transversal dos enrolamentos, o que resulta em uma diminuição no número de voltas da bobina. Portanto, aumentar o número de voltas da bobina é a condição primária para aumentar o desempenho de um sistema de bobina eletromagnética. O mesmo é verdade para uma bobina multifuncional.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

PROBLEMA A SER RESOLVIDO PELA INVENÇÃO

Entretanto, uma vez que a superposição de voltas de uma bobina de excitação interna e de uma bobina de excitação externa é necessária em uma bobina multifuncional, é necessário um espaço amplo para acomodar as voltas. Em particular, a bobina de excitação interna deve ser arranjada em um espaço limitado entre os dois dentes, e assim o número de voltas da bobina é limitado, resultando em um problema de que a capacidade de agitação eletromagnética e a capacidade de frenagem eletromagnética são também limitadas.

O problema a ser resolvido pela presente invenção é que na bobina multifuncional descrita previamente pelo solicitante, uma vez fornecida em um espaço limitado entre os dois dentes, o número de voltas das bobinas de excitação externa foi limitado e, assim, a capacidade de agitação eletromagnética e a capacidade de frenagem eletromagnética foram também algumas vezes limitadas.

MEIOS PARA RESOLVER ESSES PROBLEMAS

A presente invenção é direcionada a uma bobina multifuncional que é um sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde que serve tanto como agitador eletromagnético quanto como freio eletromagnético.

co para uso em lingotamento contínuo de aço, aplicando-se seletivamente agitação eletromagnética e frenagem eletromagnética no aço fundido em um molde pela aplicação de uma corrente contínua ou pelo menos uma corrente alternada trifásica a uma bobina eletromagnética disposta em torno de um lado largo de um molde, garantindo assim tanto o desempenho da agitação eletromagnética quanto o desempenho da frenagem eletromagnética, o sistema de bobina eletromagnética compreendendo:

uma bobina eletromagnética, e pelo menos uma fonte CE corrente alternada trifásica e uma fonte de corrente contínua,

a bobina eletromagnética tendo dois dentes se estendendo a partir de uma culatra, e

um enrolamento interno sendo disposto em torno do lado externo de cada um desses dois dentes e um enrolamento externo sendo disposto em torno da parte externa desses dois dentes fornecidos com esses enrolamentos internos, unindo assim os dois dentes,

em que o número de voltas da bobina de enrolamento externo

1) é igual ao número de voltas da bobina de enrolamento interno, se um número suficiente de voltas da bobina do enrolamento interno pode ser garantido; ou

2) é maior que e não mais que 2,5 vezes o número de voltas da bobina de enrolamento interno se o número de voltas da bobina de enrolamento interno for insuficiente,

em que um número n de bobinas eletromagnéticas é arranjado em cada lado largo de um molde, onde n é um número natural maior que ou igual a 2, e um núcleo de um material magnético formado a partir da culatra e os dentes são dispostos em uma faixa se estendendo em uma direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido e incluindo a porta de saída do bocal de imersão.

EFEITOS VANTAJOSOS DA INVENÇÃO

De acordo com a presente invenção, em um sistema de bobina eletromagnética configurado para servir tanto como um agitador eletromagnético quanto como um freio eletromagnético, podem ser obtidas desempe-

nho de agitação eletromagnética e desempenho de frenagem eletromagnética suficientes, naturalmente, se o número necessário de espiras for fornecido em torno da bobina de excitação interna, e mesmo se houver espaço suficiente, e os enrolamentos necessários não puder ser acomodado.

5 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 mostra um modelo de computação de análise de campo eletromagnético. A Figura 1(a) é uma vista em perspectiva de um modelo completo. A Figura 1(b) é uma vista seccional horizontal. A Figura 1(c) é uma vista seccional vertical.

10 A FIG> 2 (a) e (b) são desenhos mostrando as combinações das fases de corrente da bobina multifuncional na Aplicação de Patente Japonesa nº 2007-150627.

A Figura 3 é um gráfico mostrando a relação entre o número de voltas da bobina de excitação externa e a densidade de fluxo magnético no centro da espessura do molde.

A Figura 4 é um desenho mostrando a distribuição da densidade de fluxo magnético no centro da espessura do molde (linhas de contorno com 10 intervalos iguais, iniciando com o valor máximo para densidade de fluxo magnético). A Figura 4(a) ilustra um caso em que o número de voltas das bobinas de excitação interna e externa é igual, com 60 espiras cada uma. A Figura 4(b) ilustra um caso em que o número de voltas da bobina de excitação externa é de 100 voltas.

A Figura 5 é um gráfico mostrando a relação entre o número de espiras da bobina de excitação externa e a força máxima de agitação gerada dentro do molde.

A Figura 6 é um gráfico mostrando a distribuição da força de agitação próxima do lado largo do molde quando o número de espiras da bobina de excitação externa é variado.

A Figura 7 é um desenho mostrando as posições comparativas da força de agitação e do fluxo de velocidade.

A Figura 8 é um gráfico mostrando a distribuição da velocidade de fluxo quando a bobina de excitação interna tem 60 espiras, que é o nú-

mero ideal de espiras e a bobina de excitação externa tem 60 espiras, bem como o caso em que a bobina de excitação interna tem 40 espiras, que é menor que o número ideal de espiras e a bobina de excitação externa tem 100 espiras.

5 A Figura 9 é um gráfico mostrando a distribuição da velocidade de fluxo quando a bobina de excitação interna tem 40 voltas, que é menor que o número ideal de espiras e a bobina de excitação externa tem 120 espiras, e o número de espiras das bobinas de excitação interna e externa é igual, com 40 espiras.

10 A Figura 10 mostra diagramas descrevendo a geometria da bobina multifuncional. A Figura 10 (a) é uma vista seccional horizontal, e a Figura 10(b) é uma vista seccional vertical.

CONFIGURAÇÕES PREFERIDAS

Na bobina multifuncional previamente descrita pelo requerente, 15 houve um número limitado de espiras das bobinas de excitação interna fornecidas em um espaço limitado entre os dois dentes, e assim a capacidade de agitação eletromagnética e a capacidade de frenagem eletromagnética foram também algumas vezes limitadas. O objetivo da presente invenção é garantir tanto o desempenho de agitação eletromagnética quanto o desempenho de frenagem eletromagnética pela otimização da relação entre o número de espiras do enrolamento externo e do enrolamento interno. 20

CONFIGURAÇÕES

A presente invenção está descrita abaixo, a partir do processo de sua concepção inicial até sua solução para os problemas da técnica anterior, e é descrita uma configuração preferida para implementação da presente invenção. 25

Conforme descrito acima, em uma bobina multifuncional, há dois tipos de bobina de excitação, a saber, bobinas de excitação interna e externa, diferentemente do sistema de bobinas eletromagnéticas da técnica anterior usado em agitadores eletromagnéticos e freios eletromagnéticos. Também, enquanto o número de espiras é limitado pelo espaço entre os dentes no caso da bobina de excitação interna, há um desvio espacial para aumen- 30

tar o número de espiras no caso de bobina de excitação externa.

Portanto, o número de possíveis espiras pode diferir entre a bobina de excitação interna e a bobina de excitação externa, mas na técnica anterior a relação entre o número de espiras da bobina de excitação interna e da bobina de excitação externa não foi investigada.

Consequentemente, os presentes inventores estudaram cuidadosamente o efeito no desempenho da bobina multifuncional quando o número de voltas da bobina de excitação externa foi variada em relação ao número de espiras da bobina de excitação interna que é limitado pelo intervalo entre os dentes.

O desempenho da bobina multifuncional inclui a capacidade de agitação eletromagnética, que pode ser avaliada em termos de força de agitação resultante da força eletromagnética gerada no aço fundido. A mesma também inclui o desempenho de frenagem eletromagnética, que pode ser avaliado em termos da magnitude do fluxo eletromagnético aplicado ao aço fundido.

Se o número de espiras da bobina de excitação externa é aumentado, e previsto que o freio eletromagnético como campo magnético estático terá simplesmente uma densidade de fluxo magnético aumentada. Entretanto, surge a questão de se a agitação eletromagnética pode ser prejudicada se houver um diferencial de energia elétrica entre a bobina de excitação externa e a bobina de excitação interna devido a um aumento no número de espiras da bobina de excitação externa.

Consequentemente, os presentes inventores empregaram um modelo de computação de análise de campo eletromagnético para estudar mudanças na força de agitação e a densidade de fluxo eletromagnético quando o número de espiras da bobina de excitação externa foi variada.

A Figura 1 mostra um modelo de computação de análise de campo eletromagnético. A Figura 1(a) é uma vista perspectiva do modelo inteiro. A Figura 1(b) é uma vista seccional horizontal. A Figura 1(c) é uma vista seccional vertical. Os numerais na figura representam as dimensões (em mm) das partes do modelo.

Uma chapa de apoio de aço inoxidável não magnético 3 está disposta no lado externo de um molde de cobre 2, e uma extremidade superior de um núcleo 1 está na mesma altura do menisco M. O número de espiras do núcleo de excitação está entre 40 a 60 para o enrolamento interno e
5 40 a 120 para o enrolamento externo.

Quando se ativa a agitação eletromagnética, é aplicada uma corrente alternada com uma frequência de 4,0 Hz a 750 A. Quando se ativa a frenagem eletromagnética, é aplicada uma corrente contínua de 900 A.

As fases da corrente da bobina durante a agitação eletromagnética apresenta as mesmas combinações de fases de corrente descritas na
10 Aplicação de Patente Japonesa nº 2007-150627.

Conforme mostrado na Figura 2m as bobinas de excitação (a) a (c), bobinas de excitação (d) a (f), as bobinas de excitação (g) a (i), e as bobinas de excitação (j) a (l) formam cada uma uma bobina eletromagnética.
15 As bobinas de excitação (a), (d), (g), e (j) são bobinas de excitação que têm o enrolamento externo 1c para unificar os dois respectivos dentes 1aa.

Bobinas eletromagnéticas tendo as bobinas de excitação (a) a (c) e as bobinas de excitação (d) a (f) são dispostas sequencialmente em um lado largo 2a do molde 2. Bobinas eletromagnéticas tendo as bobinas de excitação (g) a (i) e as bobinas de excitação (j) a (l) arranjadas no outro lado
20 largo 2a do molde 2, são dispostas faceando as bobinas de excitação (a) a (c) e as bobinas de excitação (d) a (f).

Em tal arranjo, as fases U, V, e W tendo uma diferença de fase de 120° em uma corrente alternada trifásica, são aplicadas às bobinas de excitação (a) a (l) no enrolamento interno 1b para os dentes 1aa das bobinas eletromagnéticas na sequência das bobinas de excitação, conforme mostrado na Figura 2. Na Figura 2(a), -W, +V, +U, +W, -V, -U, -W, +U, +V, +W, -U e -V são aplicadas sequencialmente às bobinas de excitação (a)-(l). Na Figura
25 2(b), -W, +V, +U, -V, +U, +W, +V, -W, -U, +W, -U, e -V são aplicadas.

Por outro lado, durante a frenagem eletromagnética, a corrente é aplicada a mesma direção para os três enrolamentos 1b e 1c em torno dos dois dentes 1aa.
30

A Figura 3 é um gráfico mostrando a relação entre o número de espiras da bobina de excitação externa e a densidade de fluxo magnético no centro da espessura do molde. A Figura 3 indica que a densidade de fluxo magnético aumenta proporcionalmente com o número de espiras da bobina de excitação externa.

A Figura 4 é um desenho mostrando a distribuição da densidade de fluxo magnético no centro da espessura do molde. A Figura 4(a) ilustra um caso em que o número de espiras das bobinas de excitação interna e externa é igual, com 60 espiras cada. A Figura 4(b) ilustra um caso em que o número de espiras da bobina de excitação externa é de 100 espiras, enquanto o da bobina de excitação interna é 60. A Figura 4 mostra linhas de contorno com 10 intervalos iguais, começando com o valor máximo para densidade de fluxo magnético.

A Figura 4 confirma que não ocorre nenhuma grande mudança na distribuição da densidade de fluxo magnético, mesmo se ao número de espiras da bobina de excitação externa é aumentado de modo a exceder o número de espiras da bobina de excitação interna.

A seguir, os presentes inventores estudaram a capacidade de agitação eletromagnética quando o número de espiras da bobina de excitação externa foi aumentado de modo a exceder o número de espiras da bobina de excitação interna.

A Figura 5 é um gráfico mostrando a relação entre o número de espiras da bobina de excitação externa e a força de agitação máxima gerada dentro do molde. A Figura 5 indica que a força de agitação pode ser aumentada pelo aumento do número de espiras da bobina de excitação externa.

A Figura 6 é um gráfico mostrando a distribuição da força de agitação próximo ao lado largo do molde quando o número de espiras da bobina de excitação externa é variado. A distribuição da força de agitação mostrada na Figura 6 é uma posição a 5 mm do lado largo do molde na posição do menisco do aço fundido. A distribuição da força de agitação está na direção do lado largo em uma posição A-A' na Figura 7.

A Figura 6 indica que se o número de espiras da bobina de exci-

tação externa for reduzido para 40 (linha rompida) contra 60 espiras para a bobina de excitação interna, a força de agitação é reduzida em todas as regiões no lado largo do molde. Por outro lado, se o número de espiras da bobina de excitação externa é aumentado para 120 (linha pontilhada), a força de agitação aumenta na direção oposta na extremidade esquerda do lado largo do molde, e a força de agitação é menor que 0 mesmo no centro do molde, embora a força de agitação máxima aumente.

Julgando a partir dessa distribuição de força de agitação, pode ser concluído que se o número almejado de espiras é fornecido à bobina de excitação interna, então o resultado ótimo é alcançado pela formação da bobina de excitação interna e da bobina de excitação externa com o mesmo número de espiras. Entretanto, há casos nos quais não é possível fornecer o número almejado de espiras para a bobina de excitação interna por causa do intervalo entre os dentes. Nesses casos, é imaginado ser possível que a agitação eletromagnética necessária pode ser alcançada aumentando-se o número de espiras da bobina de excitação externa, embora torne a agitação levemente pior.

Conforme mostrado na Figura 1(b) e (c), os resultados da análise numérica mostra que quando se produz uma bobina multifuncional tendo dente 1aa com uma largura de 140 mm e um intervalo entre o dente 1aa de 140 mm, uma corrente de 750 A x 60 voltas é necessária durante a agitação eletromagnética.

Entretanto, se um tubo de cobre através do qual uma corrente de pelo menos 750 A pode fluir é usado como um enrolamento de uma bobina de excitação em uma bobina multifuncional tendo dentes 1aa com um intervalo de 140 mm, não houve espaço suficiente para 60 espiras para a bobina de excitação interna, então houve um limite de 40 espiras.

A Figura 8 é um gráfico mostrando a distribuição da velocidade de fluxo do aço fundido. A linha sólida mostra o caso em que a bobina de excitação interna tem o número ideal de espiras, a saber, 60 espiras, e a bobina de excitação externa tem 60 espiras. A linha rompida representa um caso em que há 40 espiras para a bobina de excitação interna, que é menor

que o número ideal de espiras, e 100 espiras para a bobina de excitação externa (a razão de voltas da bobina externa para as voltas da bobina interna é 2,5).

5 A velocidade de fluxo do aço fundido mostrado na Figura 8 representa medições tomadas em uma posição a 5 mm a partir do lado largo do molde na posição do menisco. Medições são tomadas na direção do lado largo na posição A-A' na Figura 7.

10 Pode ser concluído da Figura 8 que se o número de espiras para a bobina de excitação interna e para a bobina de excitação externa é idêntica, a saber 60 espiras (linha sólida), então a velocidade de fluxo de pelo menos 10 cm/s ocorre em quase todas as regiões do lado largo do molde, resultando em agitação favorável.

15 Por outro lado, se o número de espiras a bobina de excitação interna for 40, e o número de espiras da bobina de excitação externa for 100 (linha rompida), então a velocidade de fluxo cai para 5 cm/s no centro do molde, mas a distribuição de velocidade de fluxo é equivalente àquela quando as bobinas de excitação interna e externa têm um número igual de espiras.

20 A Figura 9 é um gráfico mostrando a distribuição da velocidade de fluxo do aço fundido. A linha sólida é para 40 espiras, que é menor que o número ideal de espiras para a bobina de excitação interna, e ilustra o caso em que o número de espiras para a bobina de excitação externa é 120 (a razão da volta de bobina interna para a volta de bobina externa é 3). A linha rompida representa o caso em que as espiras interna e externa, a saber 40
25 espiras.

30 A Figura 9 indica que a velocidade de fluxo cai para abaixo de 0 no centro do molde, quando o número de espiras para a excitação interna é menor que o número ideal, e o número de espiras para a bobina de excitação externa é 3 vezes aquela da bobina de excitação interna, embora a velocidade de fluxo máxima aumente.

Isso indica que quando o número de espiras para a bobina de excitação externa é 3 vezes aquela da bobina de excitação interna, a veloci-

dade de fluxo se torna estagnada ou invertida, e é, portanto, inadequada para agitação eletromagnética.

A Figura 9 indica também que se o número de espiras para a bobina de excitação interna for menor que o número ideal de espiras, há
5 uma grande região na qual a força de agitação é insuficiente e a velocidade de fluxo está na ordem de 0, mesmo se o número de espiras das bobinas de excitação interna e externa for igual, e isto é inadequado para agitação eletromagnética.

Como resultado das descobertas acima, foi determinado que o
10 número ótimo de espiras para as bobinas de excitação em uma bobina multifuncional é um número igual de espiras para as bobinas de excitação interna e externa, em casos em que é possível garantir um número suficiente de espiras para a bobina de excitação interna.

Por outro lado, foi determinado que em casos em que não é
15 possível garantir um número suficiente de espiras para a bobina de excitação interna, uma agitação eletromagnética satisfatória pode ser alcançada se o número de espiras para a bobina de excitação externa for maior que o da bobina de excitação interna, e o número de espiras não for mais que 2,5 vezes maior.

Além disso, se o número de espiras da bobina de excitação externa for 100, então a densidade de fluxo magnético é 0,32 Terla (3179 Gauss) durante a frenagem eletromagnética, e 0,25 Terla (2465 Gauss) se o número de espiras for 40. Foi determinado que a presente invenção pode realizar uma densidade de fluxo magnético de pelo menos 0,3 Terla (3000
25 Gauss), o que é suficiente para alcançar um desempenho de frenagem eletromagnética adequado.

A presente invenção foi desenvolvida com base nos resultados acima da análise numérica eletromagnética, pode alcançar desempenho de agitação eletromagnética e desempenho de frenagem eletromagnética suficientes.
30

A presente invenção é direcionada a um sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde servindo tanto como agitador ele-

tromagnético quanto como um freio eletromagnético para uso em lingotamento contínuo de aço pela aplicação seletiva de agitação eletromagnética ou de frenagem eletromagnética no aço fundido em um molde pela aplicação de uma corrente contínua ou pelo menos de uma corrente alternada trifásica a uma bobina eletromagnética disposta em torno de um lado largo de um molde.

Uma bobina eletromagnética que é conectada a pelo menos uma fonte de corrente alternada trifásica e a uma fonte de corrente contínua, são fornecidos dois dentes que se estendem a partir de uma culatra. Um enrolamento interno é fornecido em torno do lado externo de cada um desses dois dentes, e um enrolamento externo em torno do exterior dos dois dentes é fornecido com o enrolamento interno, unindo assim os dois dentes.

Se um número suficiente de espiras do enrolamento interno puder ser garantido, então o número de espiras do enrolamento externo é igual ao número de espiras do enrolamento interno, e se o número de espiras do enrolamento interno for insuficiente, então o número de espiras do enrolamento externo é maior que e não mais que 2,5 vezes o número de espiras do enrolamento interno.

Adicionalmente, um número n de bobinas eletromagnéticas são arranjadas em cada lado largo, onde n é um número natural maior que ou igual a 2, e um núcleo de material magnético formado a partir da culatra e dos dentes é disposto em uma faixa se estendendo na direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido e incluindo a porta de saída do bocal de imersão.

A presente invenção não é, naturalmente, limitada aos exemplos precedentes, e as configurações podem, é claro, serem modificadas adequadamente, desde que estejam dentro do escopo das idéias técnicas citadas nas reivindicações.

Por exemplo, a corrente alternada não tem que ser trifásica, desde que a diferença de fase da corrente varie de 90° a 120° , a mesma pode ser uma corrente alternada multifásica de uma ordem superior.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

A presente invenção descrita acima pode ser aplicada ao lingotamento contínuo usando um molde curvo, um molde vertical, ou qualquer forma de molde, desde que envolva o lingotamento contínuo. Além disso, a presente invenção pode ser aplicada não apenas ao lingotamento contínuo de placas, mas também ao lingotamento contínuo de blocos.

LISTAGEM DE REFERÊNCIA

	1	Bobina multifuncional
	1a	Núcleo
	1aa	Dentes
10	1ab	Culatra
	1b	Enrolamento interno
	1c	Enrolamento externo
	2	Molde
	2a	Lado largo
15	2b	Lado estreito
	4	Bocal de imersão

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde (2) que serve tanto como um agitador eletromagnético quanto como um freio eletromagnético para uso em lingotamento contínuo de aço aplicando-se seletivamente a agitação eletromagnética e a frenagem eletromagnética no aço fundido em um molde pela aplicação de uma corrente contínua ou pelo menos de uma corrente alternada trifásica a uma bobina eletromagnética disposta em torno do lado largo (2a) de um molde (2), o sistema eletromagnético compreendendo:

uma bobina eletromagnética (1), e pelo menos uma fonte de corrente alternada trifásica e uma fonte de corrente contínua,

caracterizado pelo fato de que:

a bobina eletromagnética (1) compreende dois dentes (1aa) que se estendem de uma culatra (1ab), e um enrolamento interno (1b) sendo disposto em torno do lado externo de cada um dos dois dentes e um enrolamento externo (1c) sendo disposto em torno do exterior dos dois dentes fornecidos com o enrolamento interno, unindo assim os dois dentes,

em que o número de espiras do enrolamento externo é igual ao número de espiras do enrolamento interno, e

em que um número n de bobinas eletromagnéticas são arranjadas em cada lado largo (2a) de um molde (2), onde n é um número natural maior que ou igual a 2, e um núcleo de material magnético formado a partir da culatra e dos dentes é disposto em uma faixa que se estende em uma direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido e incluindo a porta de saída do bocal de imersão (4).

2. Sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde (2) que serve tanto como um agitador eletromagnético quanto como um freio eletromagnético para uso em lingotamento contínuo de aço pela aplicação seletiva de agitação eletromagnética e de frenagem eletromagnética ao aço fundido em um molde pela aplicação de uma corrente contínua ou de pelo menos uma corrente alternada trifásica a uma bobina eletromagnética disposta em torno de lado largo (2a) de um molde (2), o sistema de bobina

eletromagnética compreendendo:

uma bobina eletromagnética, e pelo menos uma fonte de corrente alternada trifásica e uma fonte de corrente contínua,

caracterizado pelo fato de que:

5 a bobina eletromagnética é fornecida com dois dentes (1aa) de estendendo a partir da culatra (1ab),

número de espiras do enrolamento externo é maior que o número de espiras do enrolamento interno, e menor ou igual a 2,5 vezes o número de espiras do enrolamento interno, e

10 um enrolamento interno (1b) é disposto em torno do lado externo de cada um dos dois dentes e um enrolamento externo (1c) sendo disposto em torno do lado externo dos dois dentes fornecidos com o enrolamento interno, unindo assim os dois dentes,

15 em que um número n de bobinas eletromagnéticas são arranjadas em cada lado largo de um molde, onde n é um número natural maior que ou igual a 2, e um núcleo de um material magnético formado a partir da culatra e dos dentes é disposto em uma faixa que se estende numa direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido e incluindo a porta de saída do bocal de imersão (4).

Fig.1

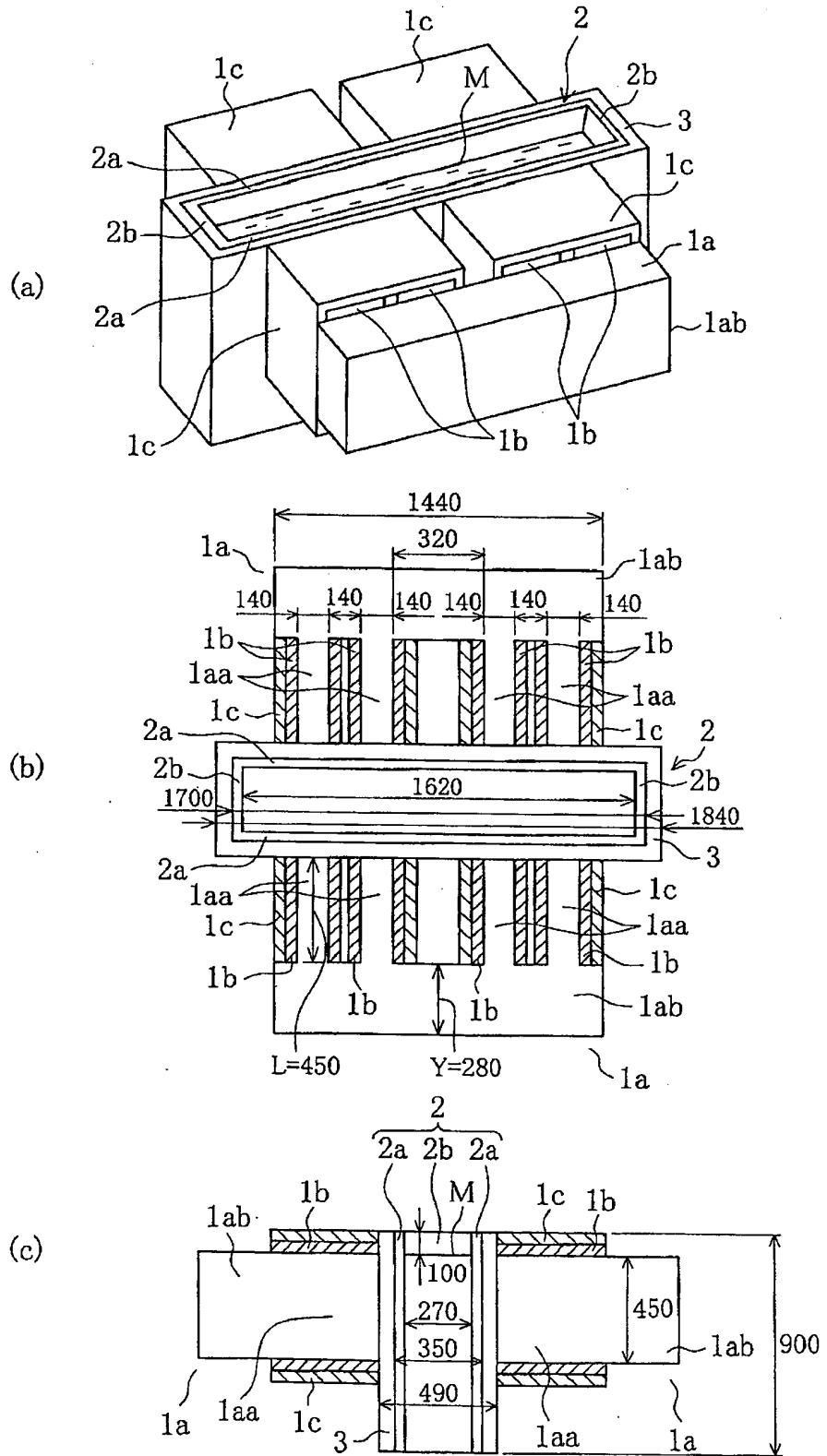


Fig. 2

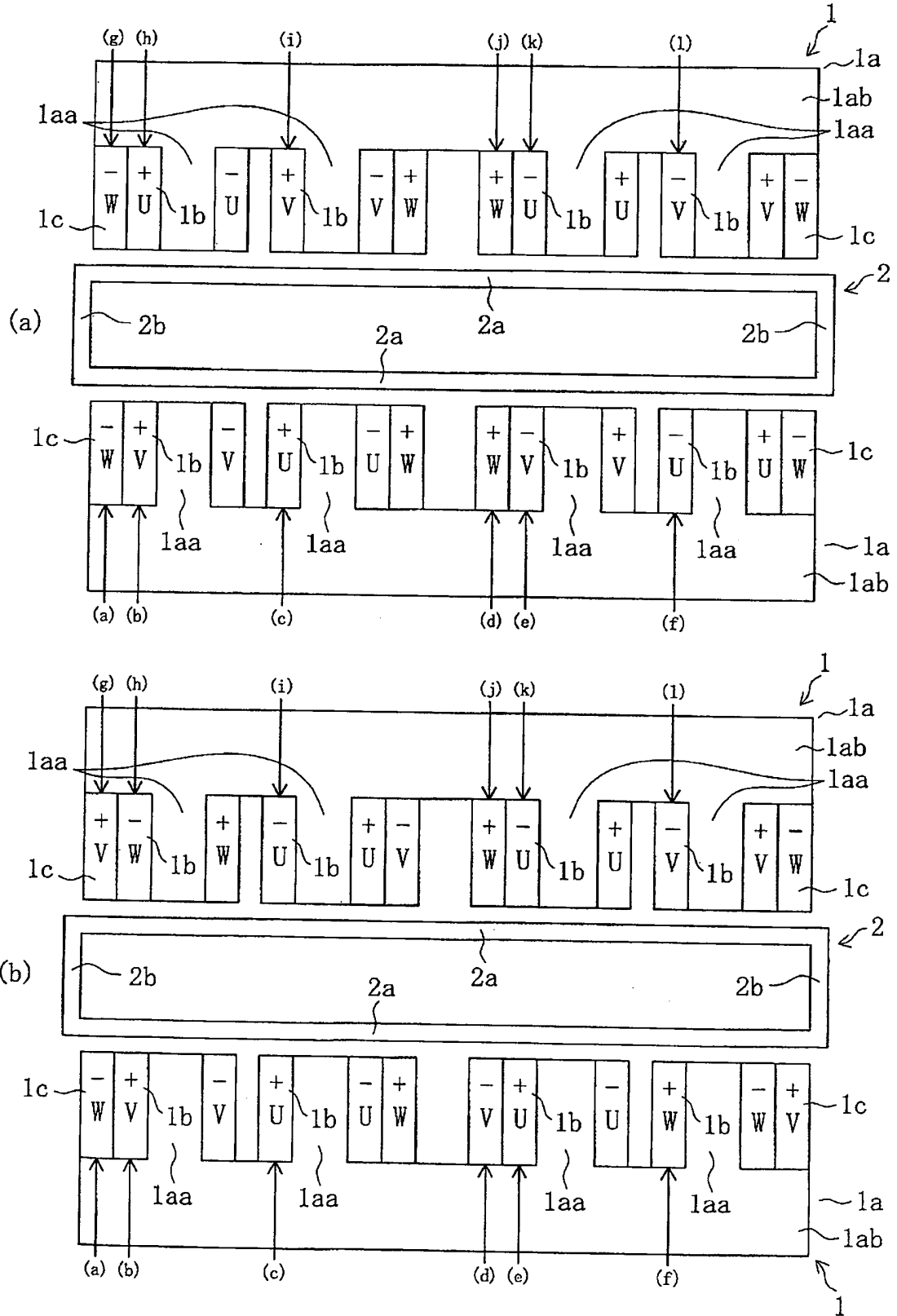


Fig.3

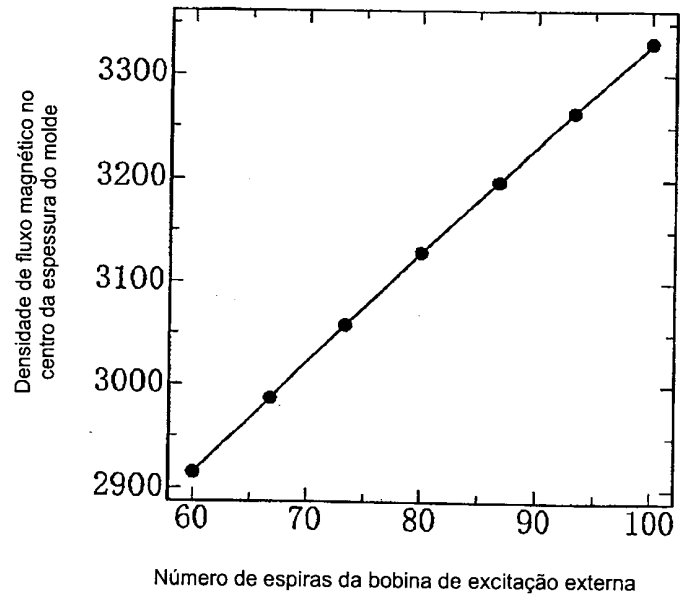


Fig.4

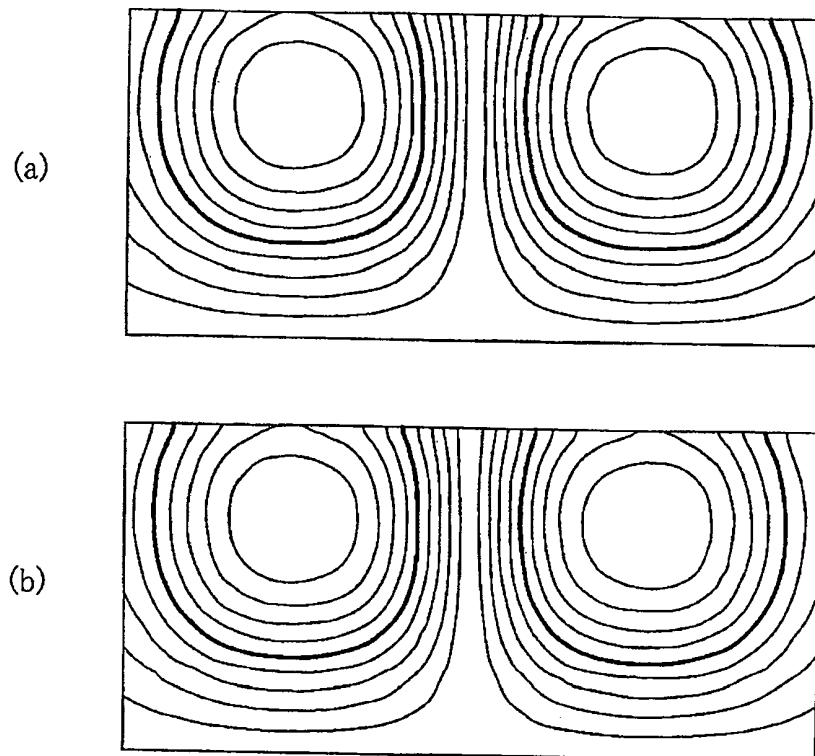


Fig5

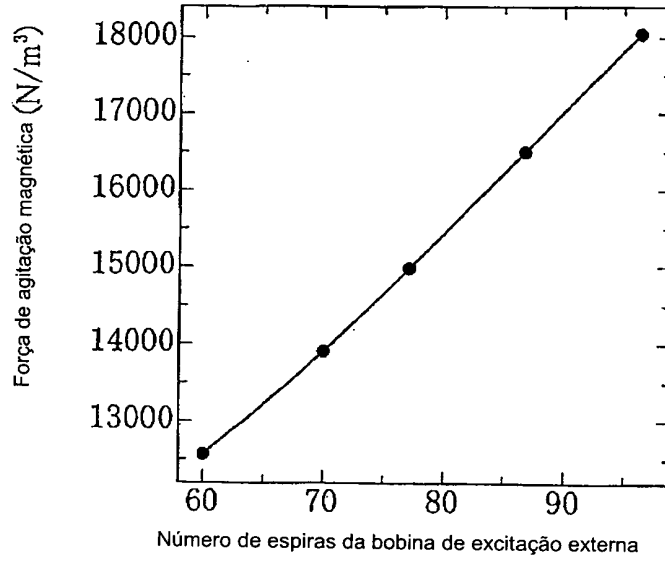


Fig6

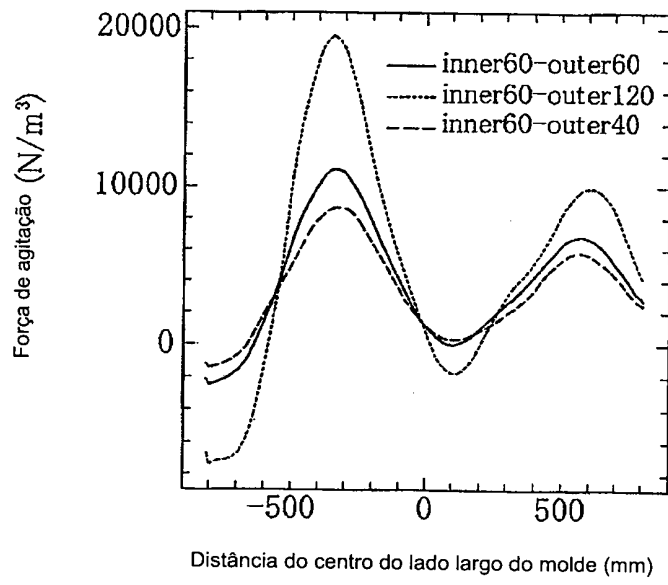


Fig7

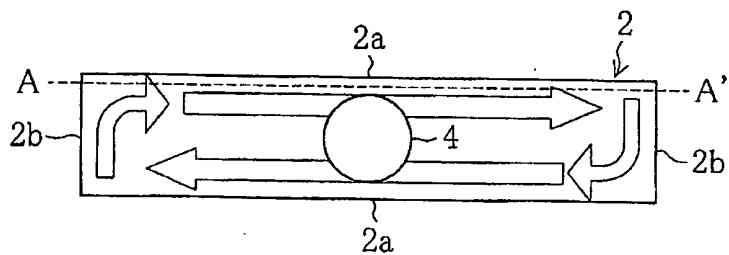


Fig.8

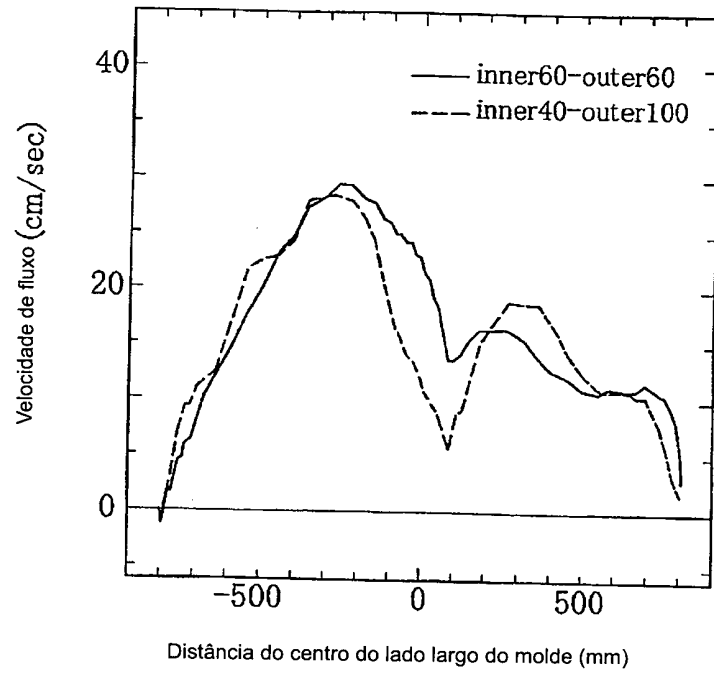


Fig.9

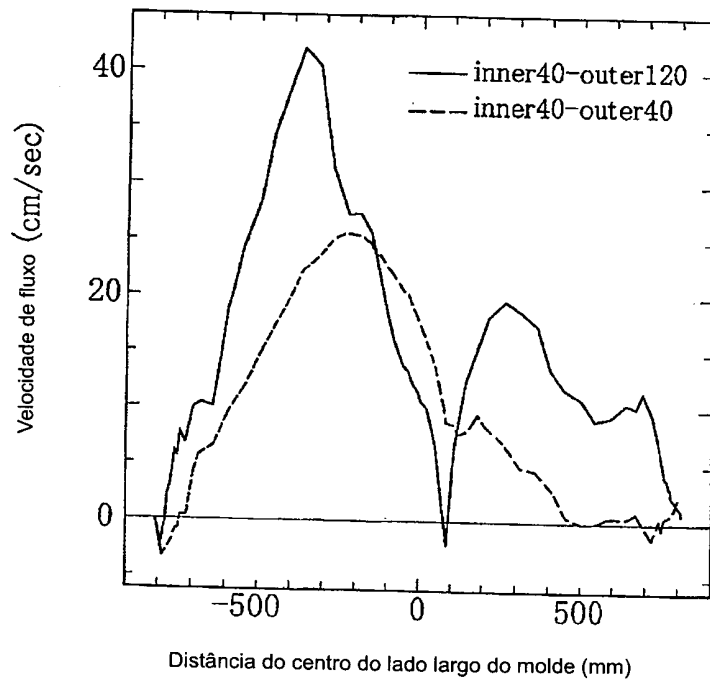


Fig.10

