



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

**(11) PI 0820629-5 B1**

**(22) Data do Depósito:** 10/10/2008

**(45) Data de Concessão:** 03/11/2021



**(54) Título:** SISTEMA DE BOBINA ELETROMAGNÉTICA PARA AÇO FUNDIDO NO MOLDE

**(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 2007-298486.

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

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

**(86) Pedido PCT:** PCT JP2008068487 de 10/10/2008

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/063712 de 22/05/2009

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

**(57) Resumo:** SISTEMA DE BOBINA ELETROMAGNÉTICA PARA AÇO FUNDIDO NO MOLDE. A presente invenção refere-se a um sistema de bobina eletromagnética para lingotamento contínuo de aço no molde, configurado para ativar seletivamente a agitação eletromagnética e a frenagem eletromagnética do aço fundido (2) pela aplicação de uma corrente contínua ou de pelo menos uma corrente alternada trifásica a uma bobina eletromagnética disposta em torno do lado largo (3b) de um molde. A bobina eletromagnética é fornecida com dois dentes (21a) se estendendo a partir da culatra (21b). Um enrolamento interno (22) é fornecido em torno dos dois dentes (21a), e um enrolamento externo (23) é também fornecido em torno do lado externo dos dois dentes (21a) fornecidos com o enrolamento interno (22). O comprimento (L) dos dentes (21a) é especificado para ser pelo menos duas vezes a largura (W) dos dentes (21a). A bobina eletromagnética é disposta de modo que haja n bobinas dispostas em cada lado largo (3b), onde (n) é um número natural maior que ou igual a 2, e o núcleo (21) de um material magnético é disposto em uma faixa se estendendo em uma direção vertical a partir da posição do menisco e incluindo o orifício de saída (1a) do (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA DE BOBINA ELETROMAGNÉTICA PARA AÇO FUNDIDO NO MOLDE**".

CAMPO TÉCNICO

5 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 molde.

10 ANTECEDENTES DA TÉCNICA

No típico lingotamento contínuo de aço, o aço fundido é injetado em um molde usando-se um bocal de imersão com duas portas de saída. A Figura 7 é uma vista esquemática seccional de um padrão de fluxo de aço fundido dentro de um molde nesse lingotamento contínuo típico. O aço fundido 2, que é descarregado da orifício de saída 1a do bocal de imersão 1, separa em um fluxo para cima 2a e um fluxo para baixo 2b após colidir contra a casca solidificada 2c em um lado estreito 3a de um molde 3. O fluxo para cima 2a forma então um fluxo horizontal abaixo do menisco e se move na direção do bocal de imersão 1. O numeral de referência 4 na Figura 7 mostra um molde de pó.

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 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. Desses métodos, 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 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

que aplica uma força de frenagem no fluxo de saída do aço fundido.

[004] A agitação eletromagnética é conhecida por ter o efeito de melhorar a qualidade do produto, e é usada principalmente no lingotamento de materiais de alto grau. Por outro lado, a frenagem eletromagnética é usada 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 da velocidade do fluxo do aço fundido abaixo do menisco.

[005] Esses freios eletromagnéticos e agitadores eletromagnéticos são ambos fornecidos com bobinas eletromagnéticas com enrolamentos em torno 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 alternada para reduzir a perda de núcleo devida à indução magnética. Ferro macio é frequentemente usado em um freio eletromagnético.

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

[007] 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. Tais bobinas multifuncionais também empregam uma chapa de aço eletromagnético como núcleo, para ativar as funções de agitação eletromagnética.

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

[008] 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

[009] A Figura 8 mostra uma bobina multifuncional 11 conforme descrito na Patente de Referência 2 na qual duas bobinas 11 são arranjadas de maneira contínua em um lado largo 3b de um molde 3. Essa bobina multifuncional 11 emprega um enrolamento 13 (enrolamento interno) em torno de cada dois dentes 12a, e um enrolamento 14 (enrolamento externo) em torno do lado externo dos dois dentes 12a para formar um único mecanismo. Uma vez que a forma dos dois dentes 12a e da culatra 12b que formam o núcleo I2 dessa bobina eletromagnética lembram a letra grega  $\pi$  (pi), essa bobina multifuncional 11 é chamada de bobina-pi.

#### DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

#### PROBLEMA A SER RESOLVIDO PELA INVENÇÃO

[010] No lingotamento contínuo, uma vez que o molde é feito oscilar, é desejável que o sistema de bobina eletromagnética fornecido ao molde tenha peso tão leve quanto possível. Reduzir o tamanho do núcleo é eficaz na redução do peso do sistema de bobina eletromagnética, mas se o núcleo for muito pequeno, não é mais possível garantir o desempenho de agitação eletromagnética ou o desempenho de frenagem eletromagnética. Consequentemente, as dimensões dos vários locais do núcleo são determinadas a partir desse ponto de vista.

[011] Essa abordagem para determinar as dimensões dos vários

locais que formam o núcleo também se aplica às bobinas multifuncionais ou bobinas-pi.

[012] Entretanto, a Aplicação de Patente Japonesa nº 2007-150627, previamente submetida pelo requerente, descreveu apenas a largura W dos dentes (120-170 mm) nas bobinas multifuncionais, ou bobinas-pi. Assim, nada foi descrito em relação a como garantir os desempenhos acima mencionados, se as dimensões de certos locais fossem ajustadas em certos valores.

[013] O problema a ser resolvido pela presente invenção é que nas bobinas multifuncionais descritas previamente pelo requerente, não foi resolvido que partes do núcleo devem ser especificadas em que dimensões, para garantir tanto o desempenho de agitação eletromagnética quanto o desempenho de frenagem eletromagnética.

#### MEIOS PARA RESOLVER ESSES PROBLEMAS

[014] 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 para uso em lingotamento contínuo de aço, aplicando-se seletivamente agitação eletromagnética e frenagem eletromagnética no aço fundido em um molde usando-se uma corrente contínua ou pelo menos uma corrente alternada trifásica fluindo através de 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, enquanto economiza energia e reduz o peso do núcleo. O sistema de bobina eletromagnética compreende:

uma bobina eletromagnética, e pelo menos uma fonte de 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 disposto em torno do lado externo de cada um desses dois dentes e um enrolamento externo disposto em torno da parte externa desses dois dentes fornecidos com esses enrolamentos internos, unindo assim os dois dentes, e

em que

1) o comprimento  $L$  dos dentes é especificado para ser pelo menos duas vezes a largura  $W$  dos dentes, e/ou

2) a espessura da culatra  $Y$  é especificada para ser pelo menos duas vezes a largura  $W$  dos dentes,

e também em que um número  $n$  de bobinas é disposto 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 é disposto em uma faixa se estendendo em uma direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido e incluindo a orifício de saída do bocal de imersão.

#### EFEITOS VANTAJOSOS DA INVENÇÃO

[015] De acordo com a presente invenção, é possível obter uma bobina multifuncional que garanta uma capacidade de agitação eletromagnética e uma capacidade de frenagem eletromagnética suficientes, enquanto economiza energia e reduz o peso do núcleo.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[016] 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.

[017] A Figura 2 (a) e (b) são desenhos mostrando as combinações das fases de corrente da bobina multifuncional descrita na Aplicação de Patente Japonesa nº 2007-150627.

[018] A Figura 3 é um gráfico mostrando a relação entre a força de agitação e a razão do comprimento  $L$  para a largura  $W$  dos dentes

(razão  $L/W$ ) durante a agitação eletromagnética.

[019] A Figura 4 é um gráfico mostrando a distribuição da velocidade de fluxo na direção do lado largo na posição A-A' da Figura 5 no menisco (posição a 5 mm do lado largo do molde), quando a razão do comprimento  $L$  para a largura  $W$  dos dentes (razão  $L/W$ ) é 1,0 , 2,0 e 3,0.

[020] A Figura 5 é um diagrama mostrando as posições comparativas da velocidade de fluxo.

[021] A Figura 6 é um gráfico mostrando a relação entre a densidade de fluxo magnético e a razão da espessura da culatra para a largura dos dentes  $W$  ( $Y/W$ ) durante a frenagem eletromagnética, onde a largura dos dentes  $W$  é 120 mm, 140 mm e 170 mm.

[022] A Figura 7 é uma vista seccional vertical mostrando esquematicamente um padrão de fluxo do aço fundido no molde no lingotamento contínuo convencional.

[023] A Figura 8 mostra diagramas descrevendo a geometria da bobina multifuncional. A Figura 8(a) é uma vista seccional horizontal, e a Figura 8(b) é uma vista seccional vertical.

#### MODALIDADES PREFERIDAS

[024] Na bobina multifuncional previamente descrita pelo requerente com o propósito de garantir tanto o desempenho de agitação eletromagnética quanto o desempenho de frenagem eletromagnética, existe um problema pelo fato de que não foi resolvido como especificar as dimensões de que partes do núcleo. A presente invenção torna possível garantir tanto o desempenho de agitação eletromagnética quanto o desempenho de frenagem eletromagnética pela especificação das dimensões ótimas para o núcleo.

#### MODALIDADES

[025] 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.

[026] Conforme descrito acima, é desejável que uma bobina multifuncional tenha desempenho de agitação eletromagnética e desempenho de frenagem eletromagnética suficientes, enquanto também são leves em peso. Além disso, embora uma grande quantidade de energia elétrica seja necessária para ativar um agitador eletromagnético ou um freio eletromagnético, é desejável reduzir o aumento da energia elétrica tanto quanto possível.

[027] Consequentemente, os presentes inventores procuraram uma configuração de núcleo adequada que tenha um desempenho de agitação eletromagnética e um desempenho de frenagem eletromagnética suficientes, que seja leve em peso e que torne possível economizar energia.

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

[029] Portanto, os presentes inventores analisaram campos eletromagnéticos pela análise numérica e investigaram mudanças da força de agitação e da densidade de fluxo magnético quando foram feitas mudanças na geometria do núcleo de bobinas multifuncionais, para alcançar um desempenho de agitação eletromagnética e um desempenho de frenagem eletromagnética suficientes, bem como reduzir peso e economizar energia.

[030] A Figura 1 mostra um modelo de computação de análise de campo eletromagnético. A Figura 1(a) é uma vista perspectiva

mostrando o 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.

[031] Uma chapa de apoio de aço inoxidável não magnético 5 está disposta no lado externo de um molde de cobre 3, e a extremidade superior de um núcleo 21 está na mesma altura do menisco M. Um enrolamento interno 22 e um enrolamento externo 23 para os dentes 21a que formam o núcleo 21 tendo cada um uma largura de 50 mm. Na Figura 1, o numeral de referência 21b é uma culatra que forma o núcleo 21.

[032] Quando se ativa a agitação eletromagnética, é aplicada uma corrente alternada com um valor de corrente de 45000 amperes-espiras (referida abaixo como AT), e uma frequência de 4,0 Hz. Quando se ativa a frenagem eletromagnética, é aplicada uma corrente contínua com um valor de corrente de 54000 AT.

[033] As fases da corrente durante a agitação eletromagnética apresentaram as mesmas combinações de fases de correntes que as descritas na Aplicação de Patente Japonesa nº 2007-150627.

[034] Conforme mostrado na Figura 2, 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. As bobinas de excitação (a), (d), (g), e (j) são bobinas de excitação que têm o enrolamento externo 23 para unificar os dois respectivos dentes 21a.

[035] Uma bobina eletromagnética tendo as bobinas de excitação (a) a (c) e as bobinas de excitação (d) a (f) arranjadas sequencialmente são dispostas sequencialmente em um lado largo 3b do molde 3, é disposta faceando as bobinas de excitação (a) a (c) e as bobinas de excitação (d) a (f).

[036] Em tal arranjo, as fases U, V, e W tendo uma diferença de fase de  $120^\circ$  em uma corrente alternada trifásica, são aplicadas às bobinas de excitação (a) a (l) no enrolamento interno 22 para os dentes 21a 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 2(b), -W, +V, +U, -V, +U, +W, +V, -W, -U, +W, -U, e -V são aplicadas.

[037] Por outro lado, durante a frenagem eletromagnética, a corrente é aplicada na mesma direção para todos os três enrolamentos 22 e 23 em torno dos dois dentes 21a.

[038] Como resultado da análise numérica, foi descoberto que a força de agitação durante a agitação eletromagnética é grandemente afetada pelo comprimento L dos dentes 21a, e que a densidade de fluxo magnético é grandemente afetada pela espessura da culatra Y durante a frenagem eletromagnética.

[039] A Figura 3 mostra a relação entre a força de agitação e a razão do comprimento L para a largura W dos dentes (a razão L/W) durante a agitação eletromagnética. A Figura 3 mostra os valores máximos da força de agitação gerada no aço fundido quando o comprimento L dos dentes é variado, em casos onde a largura dos dentes W é 120 mm, 140 mm e 170 mm.

[040] A Figura 3 indica que em todos os casos da largura dos dentes W, a força de agitação aumentou por um fator de 1 a 2, e que quando a mesma aumenta por um fator de 3 ou um fator de 4, a quantidade de aumento torna-se menor. Isto indica que do ponto de vista de redução de peso, o comprimento L dos dentes é adequadamente 2 a 3 vezes a largura W dos dentes.

[041] A Figura 3 também indica que quando a largura W dos dentes é 140 mm e a razão  $L/W = 3$ , a força de agitação é 10800

$\text{N/m}^3$ , que é 1,14 vez  $9400 \text{ N/m}^3$ , quando  $L/W = 1$ . Em outras palavras, quando  $L/W = 3$ , a mesma força de agitação pode ser produzida a 0,88 vez o valor da corrente quando  $L/W = 1$ , economizando, assim, energia.

[042] A seguir, foi executada a análise numérica do fluxo no molde quando a largura  $W$  dos dentes foi 140 mm e a força de agitação foi maior.

[043] A Figura 4 mostra a distribuição de velocidade de fluxo do aço fundido quando a razão  $L/W$  é 1,0, 2,0 e 3,0. A velocidade de fluxo do aço fundido mostrada na Figura 4 é a velocidade de fluxo de aço fundido na direção do lado largo na posição A-A' na Figura 5 no menisco, que está na posição a 5 mm do lado largo do molde.

[044] A Figura 4 indica que quando  $L/W = 3,0$ , a velocidade de fluxo de aço fundido é 10 cm/s ou maior na mesma direção em todas as regiões exceto para os cantos do molde. Por outro lado, quando  $L/W = 2,0$ , a velocidade de fluxo é produzida na mesma direção em todas as regiões, embora a velocidade de fluxo das gotas de aço fundido a 5 cm/s no centro do lado largo do molde.

[045] Entretanto, quando  $L/W = 1,0$ , a velocidade de fluxo do aço fundido se torna invertido no centro do lado largo do molde, uma vez que a força de agitação é insuficiente. Isto indica que uma razão de  $L/W = 1,0$  não é adequada para a agitação magnética.

[046] Com base nas descobertas acima, é aparente que é desejável que o comprimento  $L$  dos dentes da bobina multifuncional seja 2 a 3 vezes a largura  $W$  dos dentes.

[047] A Figura 6 é um gráfico mostrando a relação entre a densidade de fluxo magnético e a razão da espessura da culatra  $Y$  para a largura dos dentes  $W$  (referida abaixo como  $Y/W$ ) durante a frenagem eletromagnética. A Figura 6 mostra a densidade máxima de fluxo magnético no centro da espessura do molde quando o

comprimento L dos dentes variou, e onde a largura dos dentes W é 120 mm, 140 mm e 170 mm.

[048] A Figura 6 indica que se  $Y/W$  é 3,0 ou maior, então a densidade de fluxo magnético apresenta um valor constante, e não aumenta muito. Por outro lado, se  $Y/W$  for menor que 2,0, a densidade de fluxo magnético diminui grandemente.

[049] As descobertas acima indicam que a espessura da culatra Y deve ser duas vezes a largura W dos dentes, para alcançar um peso mais leve, enquanto mantém o desempenho de frenagem eletromagnética da bobina multifuncional. Se há algum desvio em relação ao peso, então PE desejável que  $T/W$  seja 3.

[050] A presente invenção é um sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde que serve tanto como um agitador eletromagnético e como um freio eletromagnético, para uso no lingotamento contínuo do aço, aplicando-se seletivamente a agitação eletromagnética ou a frenagem eletromagnética no aço fundido em um molde usando uma corrente contínua ou pelo menos uma corrente alternada trifásica que flui através de uma bobina eletromagnética disposta em torno do lado largo de um molde, e emprega uma bobina eletromagnética com a estrutura a seguir.

[051] Bobinas eletromagnéticas conectadas a uma fonte de corrente contínua ou a pelo menos uma fonte de corrente trifásica são fornecidas com dois dentes se estendendo a partir de uma culatra. Um enrolamento interno é fornecido em torno do lado externo de cada um desses dentes, e há também fornecido um enrolamento externo em torno do lado externo dos dois dentes fornecido com esses enrolamentos internos, unindo assim os dentes. Além disso, o comprimento L desses dentes é especificado para ser pelo menos duas vezes a largura W dos dentes.

[052] Além disso, para obter um desempenho de frenagem

eletromagnética suficiente, enquanto reduz o peso da bobina e economiza energia, a espessura da culatra Y é especificada para ser pelo menos duas vezes a largura W dos dentes das bobinas eletromagnéticas.

[053] Um número n de tais bobinas eletromagnéticas são arranjadas em cada lado largo, onde n é um número natural maior que ou igual a 2, e o núcleo do material magnético formado a partir da culatra e os dentes está disposto em uma faixa se estendendo na direção vertical a partir da posição do menisco incluindo a orifício de saída do bocal de imersão.

[054] Para reduzir o peso e economizar energia, bem como para obter desempenho de agitação eletromagnética e desempenho de frenagem eletromagnética suficientes, a estrutura deve ser tal que o comprimento L dos dentes deve ser pelo menos duas vezes a largura W dos dentes, e a espessura da culatra Y deve ser pelo menos duas vezes a largura dos dentes.

[055] A presente invenção não é, naturalmente, limitada aos exemplos precedentes, e as configurações podem, naturalmente, ser adequadamente modificadas, desde que elas estejam dentro do escopo das idéias técnicas apresentadas nas reivindicações.

[056] Por exemplo, a corrente alternada não tem que ser trifásica, desde que a diferença das fases da corrente varie de 90° a 120°, a mesma pode ser uma corrente alternada polifásica de ordem mais alta.

#### APLICABILIDADE INDUSTRIAL

[057] 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   | Bocal de Imersão      |
| 2   | Aço fundido           |
| 3.  | Molde                 |
| 3a  | Lado estreito         |
| 3b  | Lado largo            |
| 11  | Bobina multifuncional |
| 12  | Núcleo                |
| 12a | Dentes                |
| 12b | Culatra               |
| 13  | Enrolamento interno   |
| 14  | Enrolamento externo   |
| 21  | Núcleo                |
| 21a | Dentes                |
| 21b | Culatra               |
| 22  | Enrolamento interno   |
| 23  | Enrolamento externo   |

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde, que serve tanto um agitador eletromagnético e 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 (3), usando uma corrente contínua ou pelo menos de uma corrente alternada trifásica que flui através de uma bobina eletromagnética disposta em torno do lado largo (3b) de um molde (3), o sistema eletromagnético compreendendo:
- uma bobina eletromagnética, e pelo menos uma fonte de corrente alternada trifásica e uma fonte de corrente contínua,
- a bobina eletromagnética compreendendo dois dentes (21a) que se estendem de uma culatra (21b), e
- um enrolamento interno (22) sendo disposto em torno do lado externo de cada um dos dois dentes (21a) e um enrolamento externo (23) sendo disposto em torno do lado externo dos dois dentes (21a) fornecidos com o enrolamento interno (22), unindo assim os dois dentes (21a),
- caracterizado pelo fato de que o comprimento (L) dos dentes (21a) é pelo menos duas vezes a largura (W) dos dentes (21a), e
- em que um número  $n$  de bobinas eletromagnéticas são dispostas em cada lado largo (3b) de um molde (3), onde  $n$  é um número natural maior que ou igual a 2, e um núcleo de material magnético formado a partir da culatra (21b) e dos dentes (21a) é disposto em uma faixa que se estende em uma direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido e incluindo o orifício de saída do bocal de imersão (1).
2. Sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde 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 usando uma corrente contínua ou de pelo menos uma corrente alternada trifásica que flui através de uma bobina eletromagnética disposta em torno de lado largo (3b) de um molde (3), o sistema de bobina

eletromagnética compreendendo:

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

5 a bobina eletromagnética compreendendo dois dentes (21a) se estendendo a partir da culatra (21b), e

um enrolamento interno (22) sendo disposto em torno do lado externo de cada um dos dois dentes (21a) e um enrolamento externo (23) sendo disposto em torno do lado externo dos dois dentes (21a) fornecidos com o enrolamento interno (22), unindo assim os dois dentes (21a),

10 caracterizado pelo fato de que a espessura (Y) da culatra (21b) é pelo menos duas vezes a largura (W) dos dentes (21a), e

em que um número n de bobinas eletromagnéticas são dispostas em cada lado largo (3b) de um molde (3), onde n é um número natural maior que ou igual a 2, e um núcleo (12) de um material magnético formado a partir da culatra (21b) e dos dentes (21a) é disposto em uma faixa que se estende numa direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido e incluindo o orifício de saída do bocal de imersão (1).

3. Sistema de bobina eletromagnética para aço fundido no molde, 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 usando uma corrente contínua ou de pelo menos uma corrente alternada trifásica que flui através de uma bobina eletromagnética disposta em torno de lado largo (3b) de um molde  
25 (3), o sistema de bobina eletromagnética compreendendo:

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

a bobina eletromagnética compreendendo dois dentes se estendendo a partir da culatra (21b), e

30 um enrolamento interno (22) sendo disposto em torno do lado externo de cada um dos dois dentes (21a) e um enrolamento externo (23) sendo disposto em torno do lado externo dos dois dentes (21a) fornecidos

com o enrolamento interno (22), unindo assim os dois dentes (21a),

caracterizado pelo fato de que o comprimento (L) dos dentes é pelo menos duas vezes a largura (W) dos dentes, e a espessura (Y) da culatra (21b) é pelo menos duas vezes a largura (W) dos dentes, e

5 em que um número  $n$  de bobinas eletromagnéticas são arranjadas em cada lado largo de um molde (3), onde  $n$  é um número natural maior que ou igual a 2, e um núcleo (21) de um material magnético formado a partir da culatra (21b) e dos dentes (21a) é disposto em uma faixa que se estende numa direção vertical a partir da posição do menisco do aço fundido  
10 e incluindo o orifício de saída do bocal de imersão (1).

Fig.1

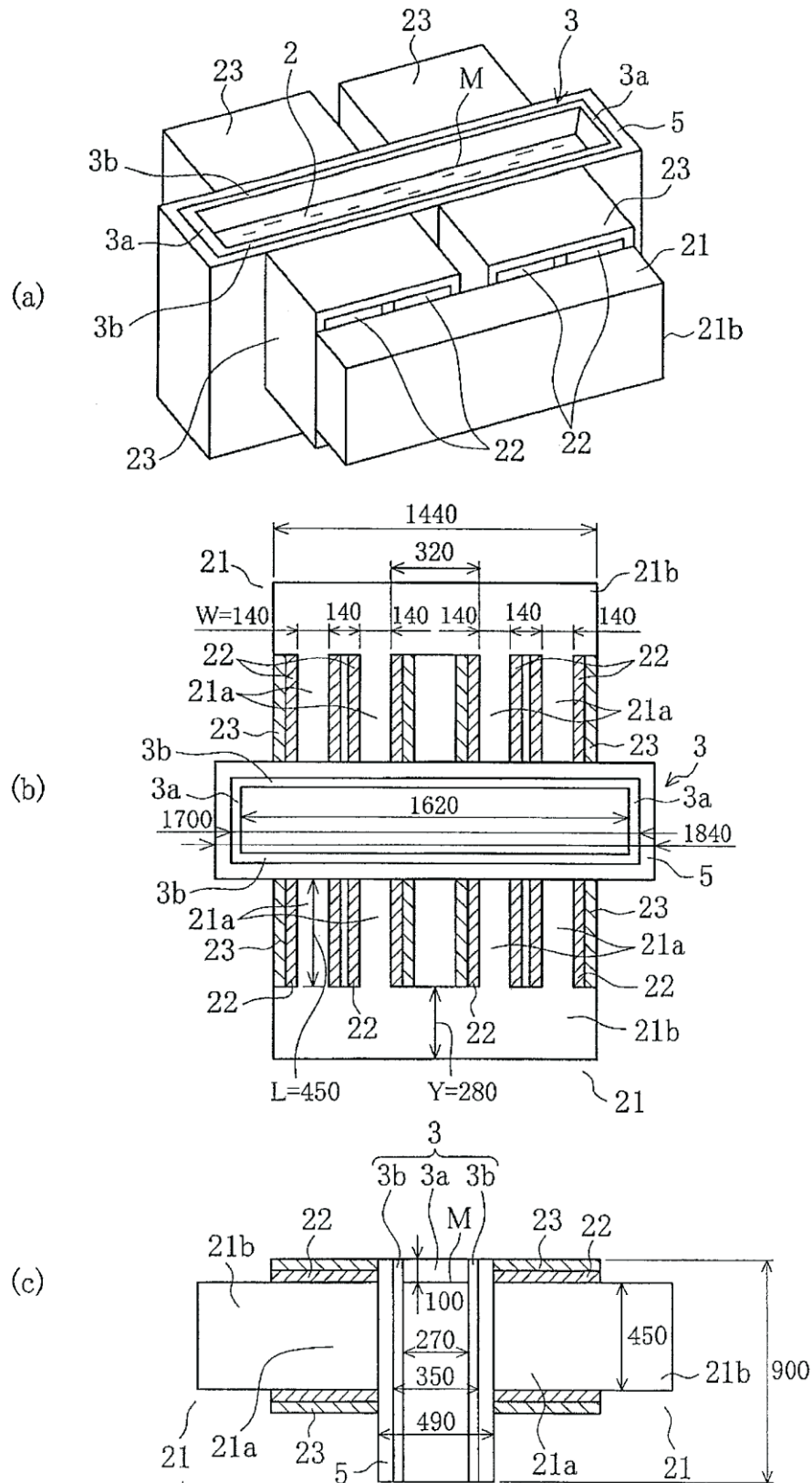


Fig. 2

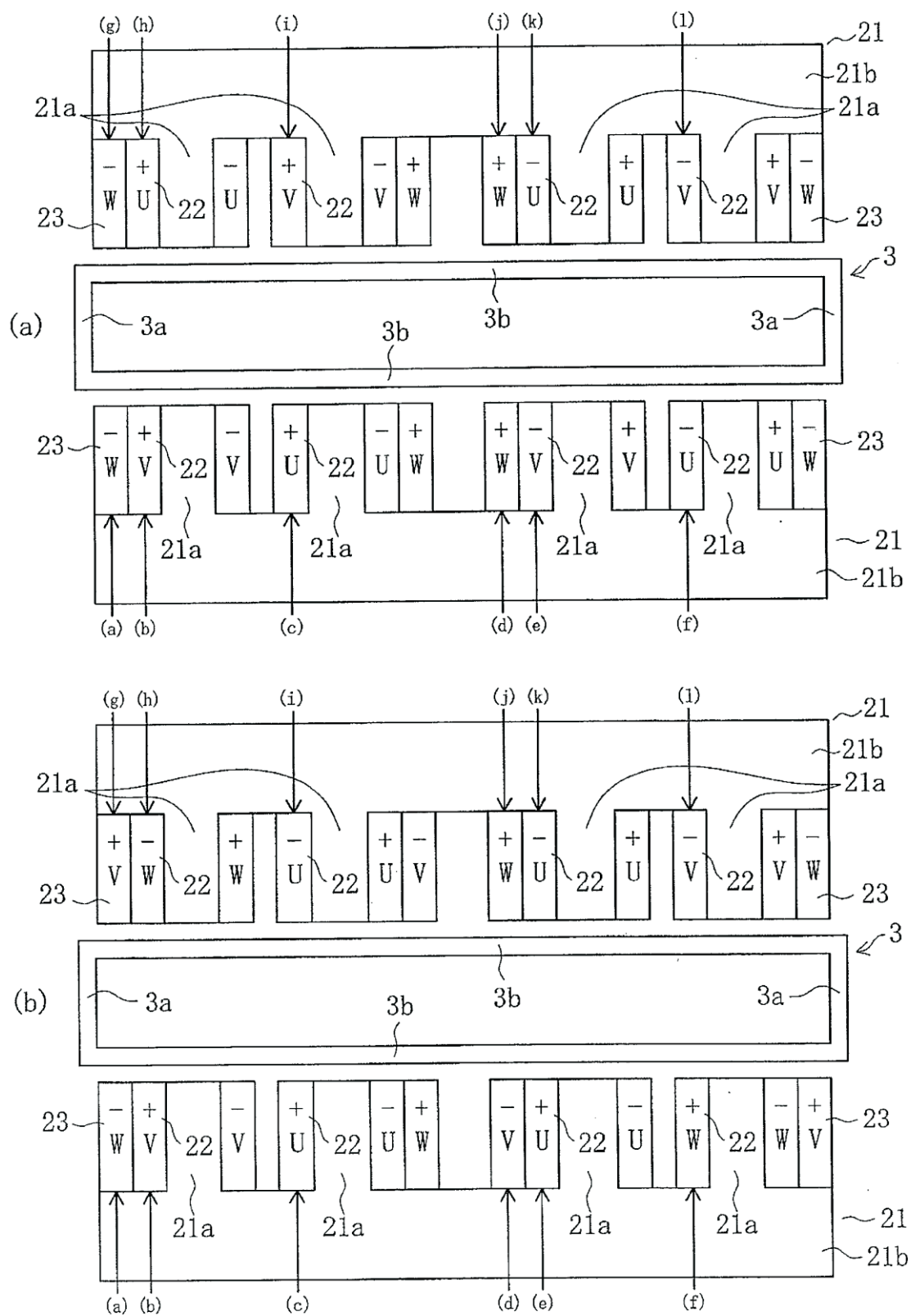


Fig.3

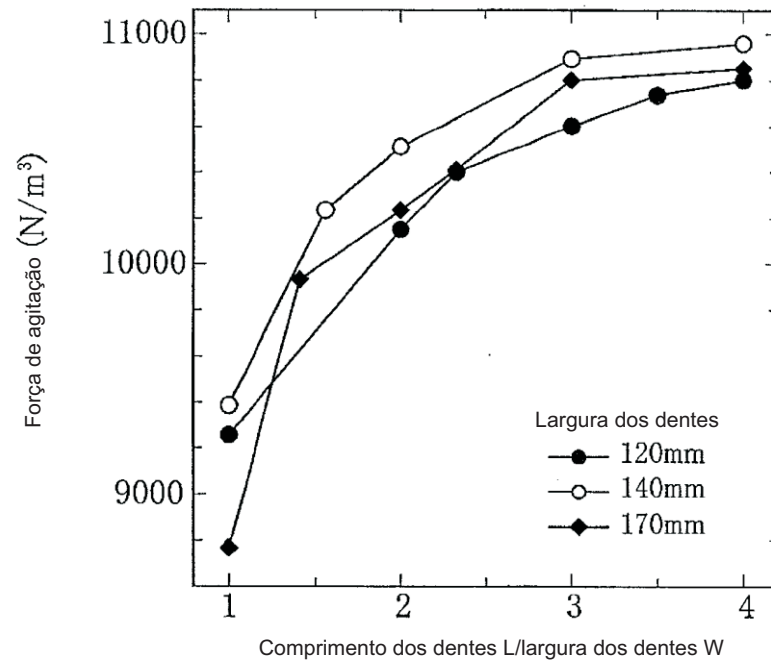


Fig.4

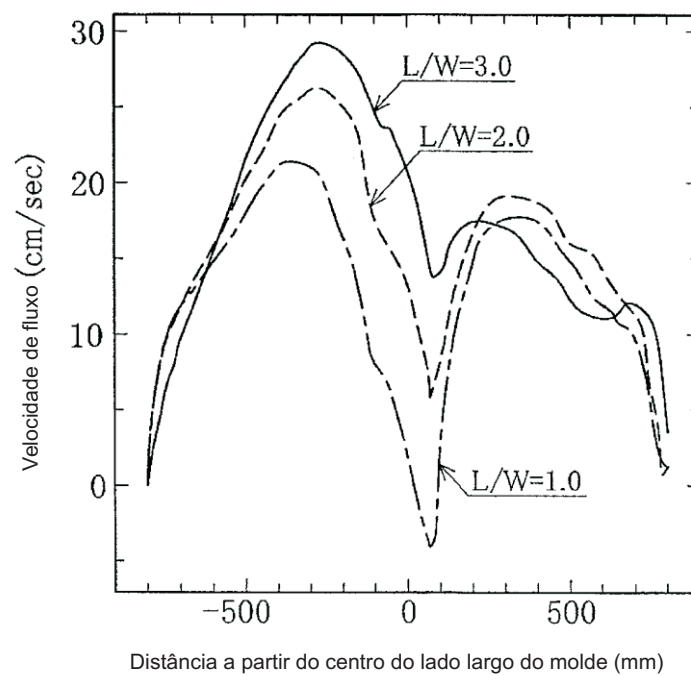


Fig.5

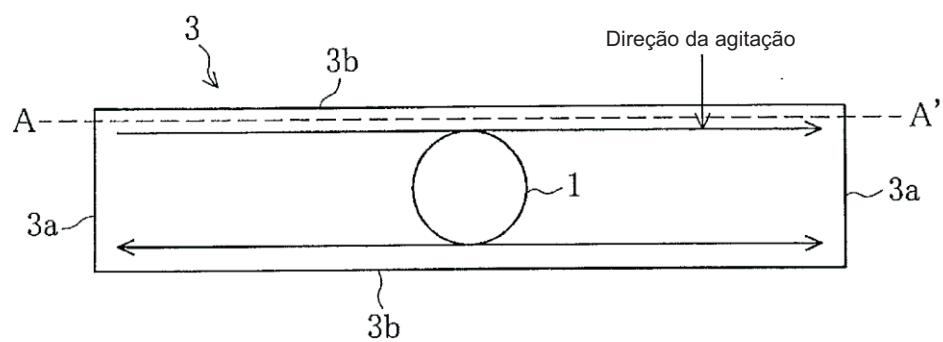


Fig.6

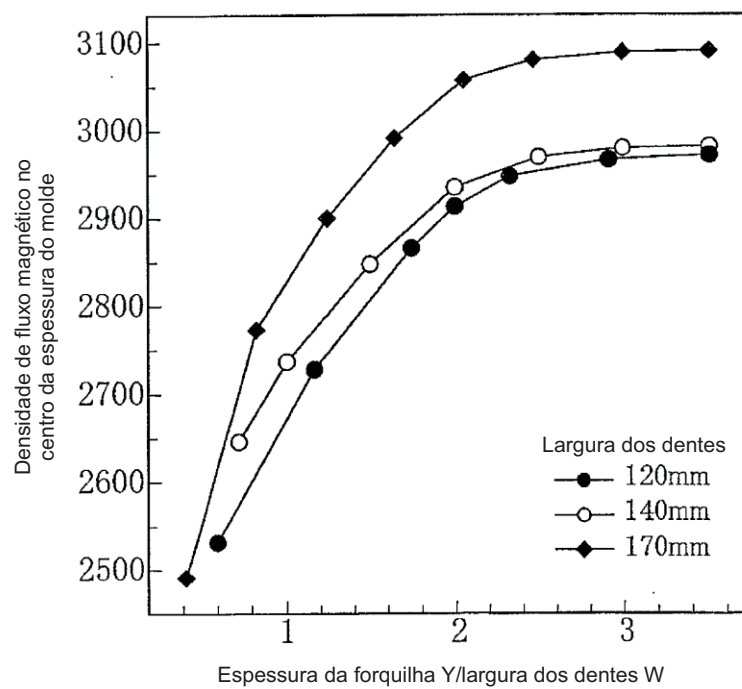


Fig.7

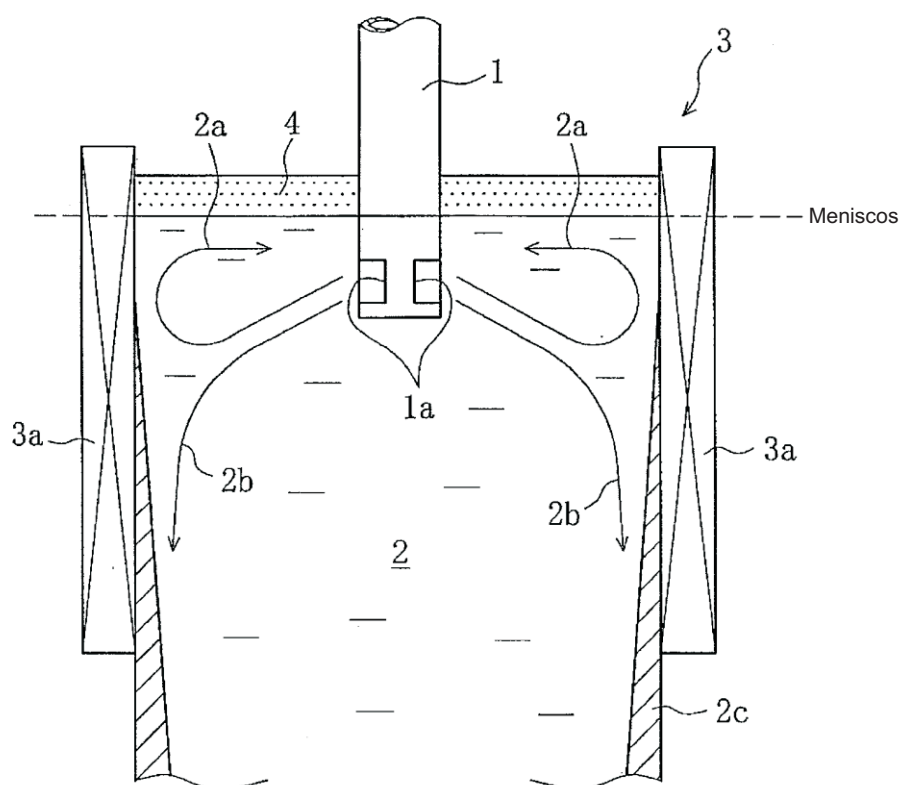


Fig.8

