



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



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

CARTA PATENTE N.º PI 0618697-1

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0618697-1

(22) Data do Depósito : 18/10/2006

(43) Data da Publicação do Pedido : 31/05/2007

(51) Classificação Internacional : B22D 11/18

(30) Prioridade Unionista : 28/11/2005 FR 05 12112

(54) Título : Método de regulagem do modo de misturação eletromagnética do metal líquido na altura de uma lingoteira de lingotamento contínuo e equipamento de misturação eletromagnética

(73) Titular : ROTELEC, Sociedade Francesa. Endereço: TOURS MERCURIALES, 40, RUE JEAN JAURÈS, F-93170 , BAGNOLET, França (FR).

(72) Inventor : SIEBO KUNSTREICH. Endereço: 27, Rue Eugène Berthoud, F-93400 Saint-Ouen, França.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 18/10/2006, observadas as condições legais.

Expedida em : 29 de Julho de 2014.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes

15 de Novembro
REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
de 1889

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO DE REGULAGEM DO MODO DE MISTURAÇÃO ELETROMAGNÉTICA DO METAL LÍQUIDO NA ALTURA DE UMA LINGOTEIRA DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO E EQUIPAMENTO DE MISTURAÇÃO ELETROMAGNÉTICA"**.

5 A presente invenção refere-se ao lingotamento contínuo de produtos metálicos planos, feitos de aço em especial. Mais especialmente, a invenção se refere à gestão dos movimentos de circulação do metal líquido vazado dentro da lingoteira de lingotamento por emprego de forças eletromagnéticas tendo em vista a melhoria da qualidade dos produtos vazados
10 e/ou a produtividade da instalação de lingotamento.

É lembrado que se entende por "produtos planos", as placas, pequenas placas, placas finas ou qualquer outro formato de seção reta "alongada", quer dizer cuja largura é pelo menos o dobro da espessura.

As lingoteiras com as quais os produtos planos são vazados
15 compreendem classicamente duas faces maiores (ou paredes) feitas de cobre ou liga de cobre, energicamente resfriadas por circulação de água em contato com elas, e dispostas confrontantes entre si a uma distância que define a espessura do produto vazado. Essas paredes de face cheia são completadas na ponta por duas pequenas paredes laterais de modo a formar
20 um espaço de lingotamento estanque que reproduz a seção retangular desejada. Um sistema de resfriamento das paredes, que compreende câmaras de água e canais de resfriamento, é previsto para assegurar, através dessas paredes, uma extração calorífica para fora do metal vazado suficiente. É suficiente, uma extração de calor que leva, na saída da lingoteira, à formação
25 de uma casca de metal solidificada em contato com essas paredes resfriadas regular em seu perímetro e espessa de alguns centímetros a fim de conferir ao produto vazado um invólucro mecanicamente resistente para permitir sua solidificação completa sob tração nos estágios inferiores do resfriamento secundário (jatos de água diretos) da máquina de lingotamento.

30 Como é sabido, a superfície livre do metal vazado em lingoteira (superfície que será designada na seqüência pelo vocábulo "menisco", correntemente admitido por comodidade de linguagem) é geralmente recoberta por uma escória de cobertura. O vazamento é efetuado desde então com o

auxílio de um bico imerso, que mergulha de algumas dezenas de centímetros sob o menisco na lingoteira, e que é provido em sua extremidade de orifícios laterais pelos quais o metal líquido jorra na direção das faces menores da lingoteira.

5 Mais ninguém ignora hoje em dia a importância da influência, tanto na qualidade metalúrgica do metal vazado (limpeza de inclusão incluída) quanto no sucesso da própria operação de lingotamento ou sua produtividade, dos escoamentos do metal em fusão dentro da máquina de lingotamento.

10 Essa é a razão pela qual, já faz mais de trinta anos agora, e com êxitos diversos mas sempre probatórios tecnicamente, os processos de lingotamento contínuo do aço empregam constantemente forças eletromagnéticas que visam forçar esses escoamentos do metal líquido de acordo com modos circulatórios variados e dos quais, de acordo com os casos e os efeitos procurados, alguns são estimados mais apropriados do que outros.

15 A misturação eletromagnética assim empregada pode ser feita já ao nível da própria lingoteira e/ou ao nível da zona do resfriamento secundário da máquina de lingotamento.

No caso da misturação feita em lingoteira, o campo magnético
20 que age através das paredes maiores feitas de cobre, é produzido por indutores que se encontram ou diretamente imersos na câmara de água superior da lingoteira, ou dentro de caixas e portanto dotados de seu próprio circuito de resfriamento.

Vários tipos de misturação eletromagnética feitos em lingoteira
25 são executados hoje em dia. É possível esquematizar os mesmos brevemente da seguinte maneira:

Um primeiro tipo (ver por exemplo JP 1 228 645 ou EP 0750958) consiste em um movimento giratório do metal em fusão ao nível do menisco em torno do eixo de lingotamento, isso a fim de melhorar a qualidade da superfície dos produtos vazados. Para fazer isso, campos magnéticos desliza-
30 zantes horizontalmente são aplicados na região do menisco de acordo com toda a largura das faces maiores da lingoteira e cujo sentido de deslizamen-

to é inverso entre uma face maior e a outra. Para fazer isso, um par de indutores polifásicos de estrutura plana, de tipo "estator de motor linear assíncrono", é montado na parte alta da lingoteira, cada indutor se desenvolvendo em toda a largura da face maior.

5 Um segundo tipo de misturação preconizado consiste em posicionar os indutores aproximadamente a meia altura da lingoteira a fim de poder aplicar, ao nível dos orifícios de saída do bico imerso desta vez, um campo magnético deslizante de acordo com as meias larguras das faces maiores. Esse campo é produzido por indutores planos polifásicos montados
10 em frente às faces maiores da lingoteira, à razão desta vez de dois pares de indutores, um par por face maior, os indutores que formam um par sendo dispostos simetricamente de um lado e de outro do eixo de lingotamento definido pelo bico e que cobrem cada um deles aproximadamente uma meia largura da face maior. O conjunto formado por esses quatro indutores é conectado a uma ou várias alimentações elétricas polifásicas que comandam
15 tudo em coerência. Assim, o campo magnético produzido desliza em sentido oposto nos dois indutores de um mesmo par e no mesmo sentido nos indutores das faces diferentes dispostos confrontantes entre si de um lado e de outro do produto vazado.

20 Em uma primeira versão, com frequência designada sob o vocábulo EMLA (ver por exemplo EP 1551580), o campo desliza para o exterior, quer dizer do bico para as faces menores da lingoteira, portanto em corrente dos jatos de metal em fusão que chegam na lingoteira pelos orifícios do bico. O objetivo primeiro nesse caso é promover, ou estabilizar, uma
25 configuração dita "laço duplo" de circulação do aço líquido dentro da lingoteira. Uma configuração de tipo "laço duplo" se revela favorável em especial para um aporte regular de calorías na região do menisco, que tende naturalmente a se resfriar por perda térmica no decorrer do lingotamento apesar da presença da escória de cobertura.

30 Em uma outra versão, designada, ela, pelo vocábulo EMLS (ver por exemplo EP 0 550 785), o campo magnético desliza desta vez para dentro, das faces menores laterais para o bico portanto, a saber em contra-

corrente dos jatos de metal que chegam na lingoteira. O objetivo nesse caso é "frear" os jatos de metal de maneira a atenuar o vigor dos mesmos a fim de diminuir as flutuações de nível do menisco e dos turbilhões provocados por uma velocidade de escoamento muito grande.

5 Esses diferentes exemplos, naturalmente, não constituem uma lista exaustiva das práticas possíveis de misturação eletromagnética em lingoteira de lingotamento contínuo atualmente à disposição do metalurgista. Eles representam entretanto as duas grandes classes de misturação atualmente preconizadas para o lingotamento dos produtos planos (rotação no
10 menisco ou assistência nos jatos de saída do bico em freagem ou aceleração) e às quais se encontra confrontado o metalurgista quando ele deve efetuar uma escolha em favor de uma tecnologia e renunciar à outra. Atualmente de fato, cada tecnologia de misturação é exclusivamente, ou quase exclusivamente, dedicada a um desses dois modos de misturação precitados, de
15 modo que a escolha de um equipamento de misturação é restritiva, pois seletiva do único modo de misturação que esse equipamento permitirá, em boas condições operatórias em todo o caso.

A invenção tem como objeto uma regulagem do modo de misturação eletromagnética do metal líquido na altura de uma lingoteira de lingotamento contínuo de produtos metálicos planos com bico imerso dotado de
20 orifícios de saída laterais dirigidos para as paredes menores da lingoteira, a dita lingoteira sendo equipada, em cada uma de suas faces maiores, de um par de indutores lineares polifásicos de campo magnético que desliza horizontalmente de acordo com a largura da dita face maior e que são dispostos
25 de um lado e de outro do eixo de lingotamento definido pelo bico, cada indutor sendo conectado a uma alimentação elétrica que comanda o conjunto dos quatro indutores em coerência, regulagem caracterizada

- pelo fato de que, os indutores sendo montados deslizantes de acordo com a altura da lingoteira, passam, por translação vertical dos ditos
30 indutores, de uma posição funcional baixa PB, que age ao nível dos orifícios de saída do bico de lingotamento, na qual o sentido de deslizamento do campo é inverso entre os indutores de um mesmo par e conservado entre os

dois indutores confrontantes entre si em dois pares diferentes, para uma posição funcional alta PH, que age ao nível do menisco do metal líquido na lingoteira, na qual o campo desliza no mesmo sentido nos indutores de um mesmo par e em sentido oposto entre dois pares, e reciprocamente;

5 - e pelo fato de que, por ocasião da passagem de uma posição funcional para a outra, inverte-se o sentido de deslizamento do campo magnético de somente um dos dois indutores de um mesmo par assim como daquele, entre os dois indutores do outro par, que é seu simétrico em relação ao eixo de lingotamento.

10 Assim, a invenção consiste, com base em um equipamento eletromagnético formado classicamente por quatro indutores lineares de campo que desliza horizontalmente dispostos de um lado e de outro do eixo de lingotamento em cada uma das faces maiores da lingoteira, em prever

15 - uma montagem móvel desse equipamento de acordo com a direção vertical, quer dizer de acordo com a altura da lingoteira (com o auxílio por exemplo de parafusos sem fim, de macacos hidráulicos, de pinhões-cremalheiras, ou de qualquer outro meio adaptado),

20 - um meio basculador de corrente ao nível da alimentação elétrica que permite inverter o sentido de deslizamento do campo magnético produzido por pelo menos dois indutores entre os quatro, um uma vez escolhido em uma face maior, o outro sendo então escolhido na outra face maior na posição simétrica em relação ao eixo de lingotamento.

25 Desde então, como já terá sido sem dúvida compreendido, é possível facilmente com um único e mesmo equipamento de misturação eletromagnética

 - ou assistir em co-, ou contracorrente (EMLA ou EMLS) os jatos de metal que entram na lingoteira ao nível dos orifícios de saída do bico de lingotamento (posição de ação baixa PB do equipamento na proximidade do meio da lingoteira),

30 - ou colocar o metal líquido vazado em rotação em torno do eixo de lingotamento ao nível do menisco na lingoteira (posição de ação alta PH do equipamento).

Em complemento, a invenção também tem como objeto um equipamento de misturação eletromagnética para lingoteira de lingotamento contínuo de produtos metálicos planos para a execução desse método que compreende:

- 5 - uma bateria de pelo menos quatro indutores lineares de campo magnético deslizante,
 - pelo menos uma alimentação elétrica polifásica que alimenta os ditos indutores e que é provida de um inversor para pelo menos dois dos quatro indutores;
- 10 - e meios motorizados de montagem móvel da dita bateria na lingoteira de lingotamento contínuo destinada a recebê-la, os ditos meios sendo próprios para assegurar uma translação vertical da bateria entre pelo menos duas posições funcionais PH e PB distantes uma da outra de acordo com a altura da lingoteira.

15 Será observado que já existem na técnica anterior lingoteiras de lingotamento contínuo que permitem modificar verticalmente a posição de um equipamento de misturação eletromagnética incorporado. Mas, tais lingoteiras são destinadas ao lingotamento contínuo de blocos ou de lingotes, quer dizer a produtos longos e o indutor em questão é, conseqüentemente,
20 único, anular e exclusivamente dedicado a uma colocação em rotação do metal vazado (cf. USP 4.957.156 ou EP 0 778 098).

No que diz respeito aos produtos planos, já existem equipamentos que permitem aplicar um campo magnético em diferentes alturas da lingoteira. O documento WO 99-11404 descreve por exemplo uma instalação
25 desse tipo. Será observado entretanto que esse tipo de instalação propõe de fato dispor vários jogos de indutores, montados fixos, uns acima dos outros, ao longo das paredes maiores da lingoteira.

A invenção será bem compreendida e outros aspectos e vantagens aparecerão mais claramente com o exame da descrição que se segue
30 dada a título de exemplo em referência às pranchas de desenhos anexas nas quais:

- a figura 1 é uma vista esquemática geral em elevação de perfil

de uma lingoteira de lingotamento contínuo de placas feitas de aço equipada com meios de acordo com a invenção;

5 - a figura 2 mostra esquematicamente, em um plano vertical mediano que passa pelo eixo de lingotamento e que é paralelo às faces maiores da lingoteira, as duas posições funcionais alta Ph e baixa PB da bateria de indutores móvel de acordo com a altura da lingoteira;

- a figura 3 (parte 3a e parte 3b) é uma representação análoga àquela da figura 2, mas de acordo com uma vista paralela desta vez às faces menores da lingoteira;

10 - a figura 4 é um esquema de princípio que mostra, visto de cima da lingoteira, o modo de ação dos indutores de campo magnético deslizante quando esses últimos se encontram na posição funcional alta PH;

15 - as figuras 5a e 5b mostram respectivamente, de acordo com uma vista análoga à figura 4, o modo de ação dos indutores de campo magnético deslizante quando esses últimos se encontram na posição funcional baixa PB.

Nas figuras, os mesmos elementos são designados sob referências numéricas idênticas.

20 Terá sido compreendido que a execução da invenção consiste em permitir que os indutores deslizem verticalmente ao longo da face maior da lingoteira modificando-se para isso, pela mesma ocasião, algumas de suas conexões à alimentação elétrica a fim de modificar a ação de mistura dos mesmos de acordo com o local em altura em que eles se encontram.

25 A figura 1, que representa uma lingoteira 1 para o lingotamento de placas feitas de aço 2, ilustra de modo geral os meios de execução da invenção. De maneira clássica, essa lingoteira compreende dois pares de placas (duas placas maiores 3 e duas menores 4) feitas de cobre, ou liga de cobre, resfriadas por uma vigorosa circulação de água contra a superfície
30 externa das mesmas a partir de uma câmara de admissão de água inferior 20 até uma câmara de evacuação de água superior 21. A montagem unida e estanque do conjunto dessas quatro placas define o espaço de lingotamen-

to, de forma retangular alongada. Será qualificada de forma "alongada", uma geometria do formato de lingotamento da qual os lados maiores têm um comprimento que é pelo menos o dobro do comprimento dos lados menores.

O espaço de lingotamento da lingoteira é alimentado com metal líquido por um bico imerso 5 centrado no eixo de lingotamento A e do qual a extremidade alta é fixada estanque na abertura de fundo de um repartidor (não representado) colocado acima a curta distância. A extremidade baixa livre do bico, que está visível melhor nas figuras 2 e 3, é provida de orifícios de saída laterais 17 dirigidos para as faces menores 4. Essa extremidade 10 mergulha classicamente na lingoteira a uma profundidade de cerca de 15 a 30 cm sob a superfície livre 9 (ou menisco) de metal em fusão na lingoteira, ou seja cerca de 25 a 40 centímetros abaixo da borda superior das placas de cobre.

Uma unidade de misturação eletromagnética 6, ligada a uma 15 alimentação elétrica 7, bi ou trifásica, é montada em frente às faces maiores 3 da lingoteira. Mais precisamente, essa unidade de misturação é montada no nicho habitualmente deixado disponível entre a câmara de água superior 21 e a câmara de água inferior de admissão 20, câmaras que se apresentam ambas sob a forma de caixões, de uma vintena de cm de altura cada um, 20 colocados justo atrás das porções terminais das placas maiores 3.

A alimentação elétrica 7 integra um conversor a fim de poder 25 fazer variar a freqüência da corrente. É de fato pela escolha da freqüência da corrente de excitação dos indutores que é fixada a velocidade de deslizamento do campo magnético produzido. A regulagem da intensidade dessa corrente permite, ela, ajustar a intensidade do campo magnético.

A unidade de misturação eletromagnética 6 compreende uma 30 bateria de quatro indutores lineares (10a, 10b, e 11a, 11b), de preferência idênticos, de estrutura do tipo "estator de motor linear assíncrono". Trata-se de indutores, planos de preferência, de tecnologia clássica, de pólos magnéticos salientes bobinados de forma alongada de acordo com a vertical e dispostos paralelamente uns aos outros de acordo com o comprimento do indutor, que é determinado de maneira a poder cobrir aproximadamente uma

meia largura das placas maiores 3 da lingoteira. As bobinas que circundam os pólos magnéticos são formadas vantajosamente por condutores vazados resfriados por circulação interna de um fluido de resfriamento, água tratada de preferência. Eles possuem assim seu próprio circuito de resfriamento,
5 independentemente portanto daquele da lingoteira que os acolhe. Esses indutores têm entre cerca de 200 e 300 mm de altura para o que diz respeito à parte ativa dos mesmos (faces polares dos pólos), ou seja entre 400 e 500 mm no total, considerando-se as cabeças de bobinas que excedem de um lado e de outro dos pólos.

10 Os quatro indutores são agrupados dois a dois por pares 10 e 11, à razão de um par de indutores para cada face maior 3 da lingoteira. Os indutores de um par são dispostos de um lado e de outro do bico 5, e os dois pares são confrontantes de um lado e de outro do produto vazado 2. Os indutores de um mesmo par são solidarizados à distância um ao outro (uma
15 dezena de cm) por ligações 19 para formar um conjunto mecanicamente rígido.

Eles são conectados individualmente à alimentação elétrica 7. Um basculador 8 é previsto ao nível dessa alimentação para permitir inverter o sentido da corrente, e portanto do deslizamento do campo magnético pro-
20 duzido, em pelo menos dois indutores de pares diferentes.

De acordo com a invenção, os indutores são montados móveis em translação vertical na lingoteira. O uso de meios de deslocamento clássicos de cargas pesadas, tais como macacos hidráulicos, sistema de pinhão-cremalheira, macacos mecânicos como parafusos sem fim motorizados 16,
25 etc. é perfeitamente possível e mesmo aconselhado. Sua amplitude de funcionamento deve no entanto ser própria para permitir o deslocamento da bateria de indutores 6 em cerca de 10 ou 20 cm, não mais. A experiência mostrou de fato que essa relativamente pequena deflexão em altura era suficiente para permitir que os meios da invenção ajam com a seletividade exi-
30 gida sobre o metal líquido na lingoteira como será visto mais em detalhe na seqüência.

O deslocamento dos indutores sendo feito verticalmente, tem-se

a vantagem, em razão de um peso de várias toneladas do conjunto móvel, de prever, de um lado e de outro de cada par de indutores, balaustradas de deslizamento 13 que operam junto com olhais 15 previstos com essa finalidade nas extremidades alta e baixa das bordas exteriores de cada indutor para assegurar a translação correta da bateria de indutores.

Essa translação vertical é assegurada por meios de comando motorizados que compreendem uma unidade de comando 14 propriamente dita, que ordena a colocação em funcionamento de macacos hidráulicos ou, como exemplificado aqui, de motores eletricamente reversíveis 16 montados em uma extremidade dos macacos de parafusos 12. Estão assim asseguradas, por colocação em rotação axial dos parafusos sem fim 12, as translações verticais da bateria 6 de indutores entre uma posição funcional alta que age ao nível do menisco 9, e uma posição funcional baixa que age ao nível dos orifícios de saída do bico 5.

Essa unidade 14 é ligada à alimentação elétrica 7 para ativar o basculador 8 por ocasião dessas translações e assegurar assim as inversões necessárias das conexões dos enrolamentos dos indutores nas fases da alimentação elétrica. Cada indutor produzindo de fato por construção um campo magnético que desliza horizontalmente em uma meia largura, e uma só, das faces maiores 3 da lingoteira, de acordo com o modo pelo qual sua conexão elétrica é disposta, esse campo vai se dirigir ou para o exterior (do bico para a face menor), ou para dentro (da face menor para o bico).

Para o que se segue, será feita referência conjuntamente às figuras 2 e 5 a fim de que se tenha uma abordagem mais completa dos meios empregados para a realização da invenção.

Começa-se por fornecer algumas precisões dimensionais, úteis para a boa compreensão da invenção. É preciso antes destacar que a posição funcional dos indutores na altura da lingoteira, posição móvel por natureza de acordo com a invenção, compreende limites de trajeto naturalmente restritos pelo tamanho em altura dos próprios indutores e pelo volume dos órgãos da lingoteira presentes nesse local, a câmara de água superior notadamente.

Uma lingoteira atual de lingotamento contínuo de placas de aço apresenta um comprimento em torno de 900 mm. Seus caixões de água superior 21 e inferior 20 têm, no que lhes diz respeito, aproximadamente 200 mm de altura. O nicho disponível entre eles é portanto de 500 mm. Se os
5 indutores têm 400 mm de altura, esse nicho tem um tamanho suficiente para recebê-los e permitir sua deflexão em altura em uma distância de uma dezena de cm.

Acontece que uma tal amplitude de deslocamento é suficiente para a execução da invenção. No entanto, é perfeitamente possível aumentá-la de uma dezena de cm para cima reduzindo para isso na mesma proporção a altura do caixão de água superior 21 sem por isso prejudicar a eficácia do resfriamento da lingoteira. É sobre essa variante de construção que foram feitas as figuras anexas. Tem-se assim uma amplitude de mobilidade em altura de uma vintena de centímetros, o que vai naturalmente no sentido
10 de uma maior seletividade das ações respectivas de misturação do metal vazado procuradas ao nível do menisco ou ao nível dos orifícios de saída do bico.

Para descrever geometricamente essa mobilidade, é conveniente escolher o ponto médio em altura da parte ativa dos indutores como referência de nível. Essa é uma escolha arbitrária. Seria possível evidentemente
20 escolher uma outra referência no indutor, por exemplo sua borda superior, sem que isso modifique o que quer que seja na execução da invenção ou em sua compreensão.

Assim, quando a bateria de indutores 6 é elevada ao máximo até
25 vir em batente contra o fundo do caixão superior 21, a configuração de misturação está na posição funcional alta PH. Dito de outro modo, o ponto de referência, no meio das partes ativas, vem se posicionar em uma cota em altura anotada PH. Ainda que essa parte ativa dos indutores seja necessariamente deslocada para baixo em relação ao nível do menisco 9, lá onde a
30 ação de misturação é então procurada, na posição funcional alta PH, essa ação é sentida entretanto eficazmente na região do menisco. Os indutores (representados em pontilhados grossos na figura 2) são então conectados à

alimentação elétrica para gerar um movimento giratório na superfície do metal em fusão em torno do eixo de lingotamento A. Para isso, os dois indutores 10a, 10b de um mesmo par 10 geram um campo que desliza no mesmo sentido (da esquerda para a direita na figura 4), e portanto que tem um efeito
5 de misturação uniforme em toda a largura da face maior associada. Em contrapartida, o sentido de deslizamento do campo é invertido do par 10 para o outro par 11 na outra face maior da lingoteira.

Quando a bateria de indutores é descida de 10 ou 15 cm para baixo, aproximadamente portanto a meia altura da lingoteira e mesmo até
10 em batente contra o caixão inferior 20 (conforme figura 3a), a configuração de misturação está na posição funcional baixa PB. Na posição funcional baixa PB, a misturação eletromagnética é sentida vivamente ao nível dos orifícios de saída 17 do bico 5, lá onde ela é procurada, ainda que a parte ativa dos indutores esteja aqui também deslocada para baixo em relação a esse
15 nível. Os indutores são então conectados à alimentação elétrica 7 de modo a gerar campos magnéticos que deslizam em co-corrente (figura 5a) ou em contracorrente (figura 5b) dos jatos de metal 18 que saem dos orifícios na direção das faces menores 4 da lingoteira. É lembrado que a configuração em co-corrente é sinônimo de aceleração dos jatos (tipo EMLA), enquanto
20 que a configuração em contracorrente, tipo EMLS portanto, é sinônimo de "freagem" dos jatos.

Nesse estágio, pode ser útil trazer as seguintes precisões. Como já foi destacado no início, acontece de fato que basta deslocar os indutores de 10 ou 15 cm no máximo para cima a partir de uma posição aproximada-
25 mente mediana na lingoteira para poder discriminar uma ação de misturação ao nível dos orifícios de saída de uma ação de misturação ao nível do menisco, e inversamente. A experiência mostra que, ainda que ele não se encontre localizado no centro da parte ativa dos indutores, uma vez que o local onde se deseja que a ação de misturação na altura da lingoteira se encontra,
30 senão nessa parte ativa, pelo menos em sua proximidade imediata, essa ação se revela plenamente eficiente. Se for necessário aliás, a reserva de potência fornecida pela alimentação poderá compensar a eventual baixa de

força eletromagnética que nasce no local de ação de mistura exigido na altura da lingoteira devido ao afastamento desse último da parte ativa dos indutores.

Essas precisões estando dadas, retoma-se o curso normal da
5 descrição. De acordo com a invenção, por ocasião da passagem da posição
baixa PB para a posição alta PH, ou inversamente, a unidade de comando
14 age sobre o basculador 8 para inverter a conexão de fases elétrica de
dois indutores quaisquer situados em simetria axial em relação ao bico 5,
cada um em uma face maior 3 da lingoteira, de modo a inverter o sentido de
10 deslizamento do campo magnético que eles geram. Para fazer isso, basta
inverter duas fases quaisquer das três de uma alimentação trifásica, ou in-
verter o sentido da corrente de uma fase no caso de uma alimentação bifásica.

Assim, a passagem da posição baixa PB para a posição alta PH
instala uma mistura que gera um movimento de rotação axial do metal
15 líquido na parte alta da lingoteira. Em contrapartida, a passagem da posição
alta PH para a posição baixa PB deixa ao operador a escolha de uma assis-
tência aos jatos de metal fresco provenientes do bico, por mistura linear
magnética cuja ação pode ser efetuada em acelerador de jatos (figura 5a) ou
em freagem de jatos (figura 5b).

20 Mais precisamente, no caso exemplificado nas figuras:

a) Passa-se de uma posição funcional alta PH com mistura
rotativa da figura 4, na qual em consequência disso, os campos magnéticos
dos indutores 10a e 10b deslizam ambos da esquerda para a direita e os
campos indutores confrontantes 11a e 11b deslizam ambos da direita para a
25 esquerda (o contrário sendo alias perfeitamente equivalente), para uma po-
sição baixa PB com mistura linear na qual duas possibilidades são ofere-
cidas:

- ou, como o mostra a figura 5a-trajeto (a), inverte-se o sentido
de deslizamento do campo magnético do indutor 10a e do indutor 11b (simé-
30 trico do indutor 10b em relação ao eixo de lingotamento A) para se encontrar
de novo em uma configuração de mistura de tipo co-corrente com os ja-
tos de metal que chegam 18 (modo EMLA),

- ou, como o mostra a figura 5b-trajeto (b), inverte-se o sentido de deslizamento do campo do indutor 10b e do indutor 11a (seu simétrico em relação ao eixo de lingotamento A) para se encontrar de novo em uma configuração de misturação linear de tipo em contra-corrente dos jatos 18 (modo EMLS).

b) Inversamente, passa-se de uma posição funcional baixa PB com misturação linear – de acordo com o modo em co-corrente (figura 5a), para uma posição alta PH com misturação rotativa (figura 4-trajeto (a)) invertendo-se para isso o sentido de deslizamento do campo magnético produzido somente pelos indutores 10a e 11b;

- ou de acordo com o modo em contracorrente (figura 5b), para essa mesma posição alta PH com misturação rotativa (figura 4-trajeto (b)) invertendo-se para isso o sentido do deslizamento do campo magnético produzido somente pelos indutores 10b e 11a.

Evidentemente, a alimentação 7 permite fornecer intensidades de corrente e de frequência ajustáveis a valores escolhidos previamente. A unidade de comando 14, que está ligada a ela, pode gerir essa possibilidade de modo a fazer a intensidade da força aplicada variar. De fato, enquanto que em modo "acelerador" (tipo EMLA), tem-se a vantagem de que os quatro indutores exercem sobre o metal uma força similar, essa configuração nem sempre é desejável para o movimento giratório ao nível do menisco. Por exemplo, é possível ter vantagem no fato de que os dois indutores cujo campo desliza de encontro ao fluxo de metal líquido tragam uma força magnética maior do que os outros.

É evidente que a invenção não poderia estar limitada aos exemplos descritos no presente relatório, mas sim que ela se estenda a múltiplas variantes ou equivalentes na medida em que é respeitada sua definição dada pelas reivindicações anexas.

Por exemplo, um sistema com motor de acionamento único com cadeia e pinhões dentados montados na extremidade dos macacos de parafusos 12 pode substituir o sistema descrito com motores individuais por macacos.

Por outro lado, é possível conceber uma bobina dos enrolamentos dos indutores cujas cabeças de bobina (i.e. as partes elétricas que excedem do circuito magnético) sejam, não mais verticais como usualmente, mas dobradas para o exterior, pelo menos no que diz respeito às cabeças de bobinas superiores. Seria possível assim se fosse necessário ganhar um pouco em distância de fim de trajeto quando a bateria de indutores vem em batente contra o fundo do caixão da câmara de água superior para se colocar na posição de ação alta.

Por outro lado ainda, os condutores elétricos que formam as bobinas dos indutores podem ser cheios. A conservação térmica dos indutores poderá nesse caso ser assegurada por imersão de cada par de indutores em um caixão estanque percorrido por uma circulação de líquido de resfriamento.

Por um outro lado, a invenção pode ser executada, evidentemente, tanto no decorrer de um mesmo lingotamento quando entre dois lingotamentos sucessivos.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de regulagem do modo de misturação eletromagnética do metal líquido na altura de uma lingoteira (1) de lingotamento contínuo de produtos metálicos planos (2) com bico imerso (5) dotado de orifícios de saída laterais (17) dirigidos para as paredes menores (4) da lingoteira, a dita lingoteira sendo equipada, em cada uma de suas faces maiores (3), de um par (10, 11) de indutores lineares polifásicos (10a ... 11b) de campo magnético que desliza horizontalmente de acordo com a largura da dita face maior e que são dispostos de um lado e de outro do bico, cada indutor sendo conectado a uma alimentação elétrica (7) que comanda o conjunto dos quatro indutores em coerência, método caracterizado pelo fato de que, os indutores (10a ... 11b) sendo montados deslizando verticalmente de acordo com a altura da lingoteira, passa-se, por translação dos ditos indutores, de uma posição funcional baixa PB que age ao nível dos orifícios de saída do bico, na qual o sentido de deslizamento do campo é inverso entre os indutores de um mesmo par (10 ou 11) e conservado entre os dois indutores confrontantes entre si em dois pares diferentes (10 ou 11), para uma posição funcional alta PH, que age ao nível do menisco (9) do metal líquido na lingoteira, na qual o campo desliza no mesmo sentido nos indutores de um mesmo par (10 ou 11) e em sentido oposto entre dois pares (10 ou 11), e reciprocamente;

- e em que, por ocasião da passagem de uma posição funcional para a outra, modifica-se a conexão dos indutores (10a ... 11b) à dita alimentação elétrica a fim de inverter o sentido de deslizamento do campo magnético de somente um (10a) dos dois indutores de um mesmo par (10) assim como daquele (11b), entre os dois indutores do outro par (11), que é seu simétrico em relação ao eixo de lingotamento (A).

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que por ocasião da passagem da posição baixa PB para a posição alta PH, inverte-se a conexão elétrica de dois indutores (10a, 11b – 10b, 11a) dispostos simetricamente em relação ao eixo de lingotamento (A) em dois pares diferentes (10 e 11) de modo a gerar um movimento giratório dentro do metal líquido.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que por ocasião da passagem da posição alta PH para a posição baixa PB, inverte-se a conexão elétrica de dois indutores (10a, 11b – 10b, 11a) dispostos simetricamente em relação ao eixo de lingotamento (A) em dois pares diferentes (10 e 11) de modo a gerar um efeito de misturação dentro ou em contra-corrente dos jatos de metal que saem dos orifício do bico de lingotamento.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que, com o objetivo de gerar um efeito em co-corrente dos jatos, inverte-se a conexão elétrica dos indutores (10a ... 11b) cujo campo magnético que eles produziam até aí deslizava em um sentido que vai de uma face menor (4) da lingoteira para o bico (5).

5. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que, com o objetivo de gerar um efeito em contracorrente dos jatos, inverte-se a conexão elétrica dos indutores (10a... 11b) cujo campo magnético que eles produziam até aí deslizava em um sentido que vai do bico (5) para uma face menor (4) da lingoteira.

6. Equipamento de misturação eletromagnética para lingoteira de lingotamento contínuo de produtos metálicos planos destinado à realização do método de regulagem do modo de misturação como definido na reivindicação 1, sendo que o equipamento compreende uma bateria (6) de pelo menos quatro indutores lineares (10a, 10b, 11a, 11b) de campo magnético deslizante e uma alimentação elétrica polifásica (7) conectada a cada indutor, caracterizado pelo fato de que a dita alimentação é provida de um basculador de corrente (8) para pelo menos dois dos ditos indutores (10a a 11b), e pelo fato de que ele compreende além disso, por um lado meios motorizados (12, 13, 14, 16) de montagem móvel da dita bateria de indutores (6) na lingoteira destinada a recebê-la, os ditos meios sendo próprios para permitir uma translação da dita bateria entre pelo menos duas posições funcionais PH e PB na altura da lingoteira.

7. Equipamento de misturação eletromagnética de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que as cabeças de bobinas cons-

titutivas dos enrolamentos elétricos dos indutores são dobradas para o exterior, pelo menos no que diz respeito às cabeças superiores.

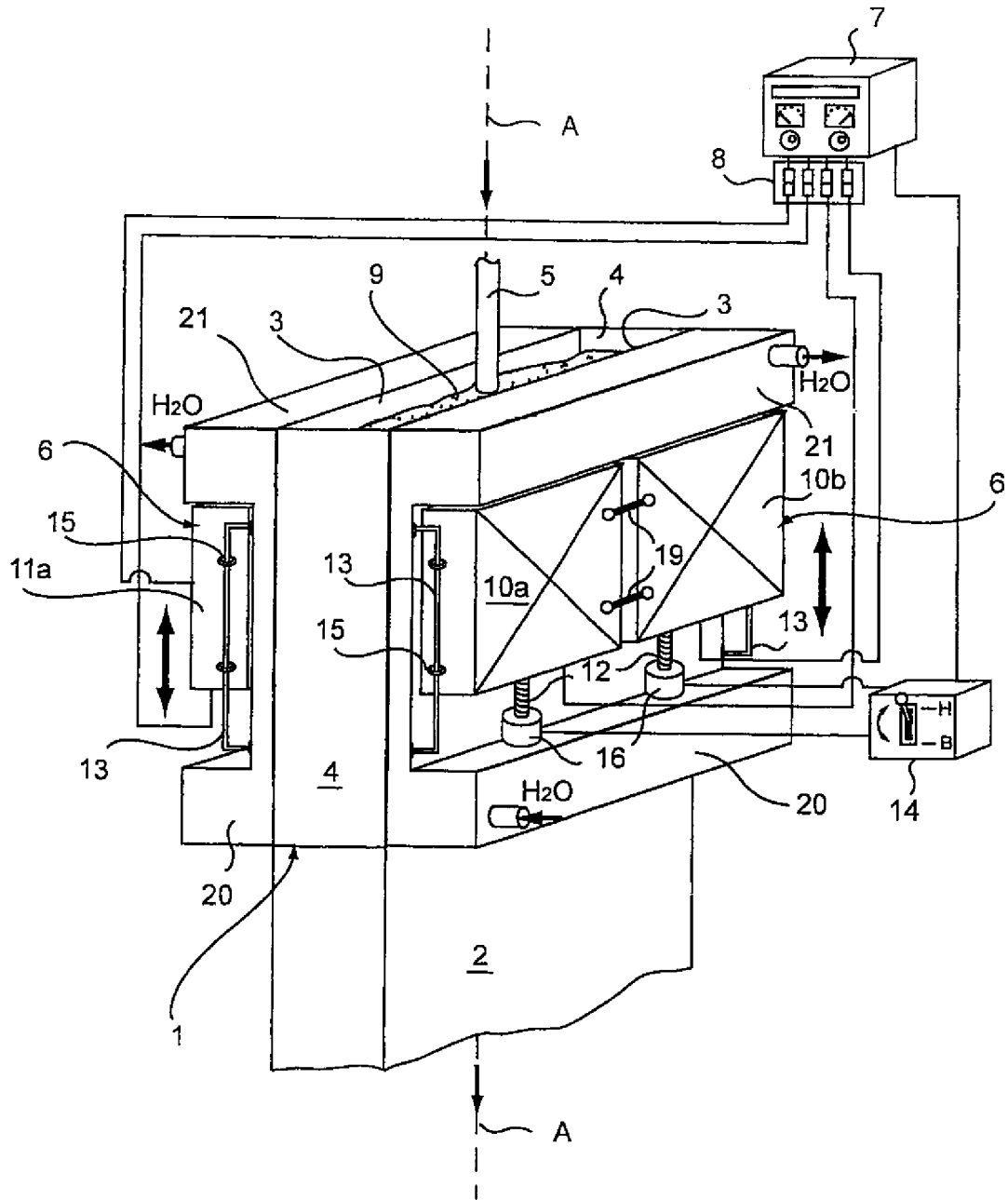


Fig.1

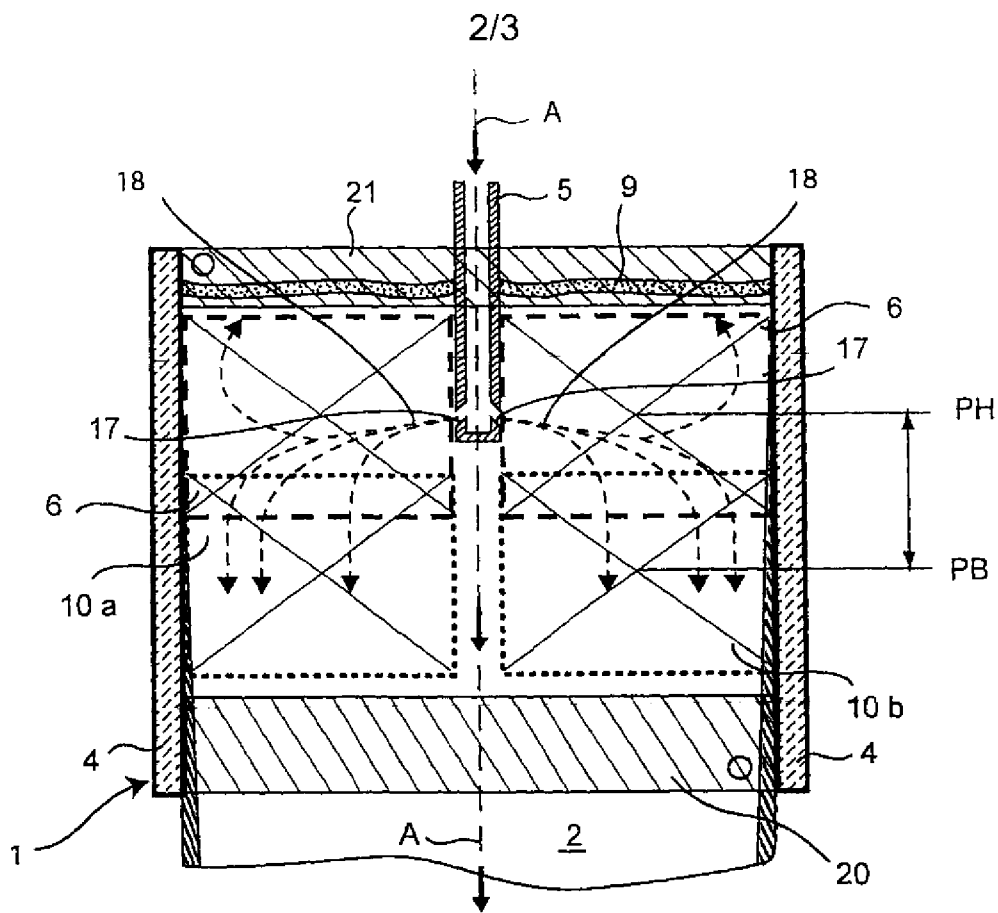


Fig. 2

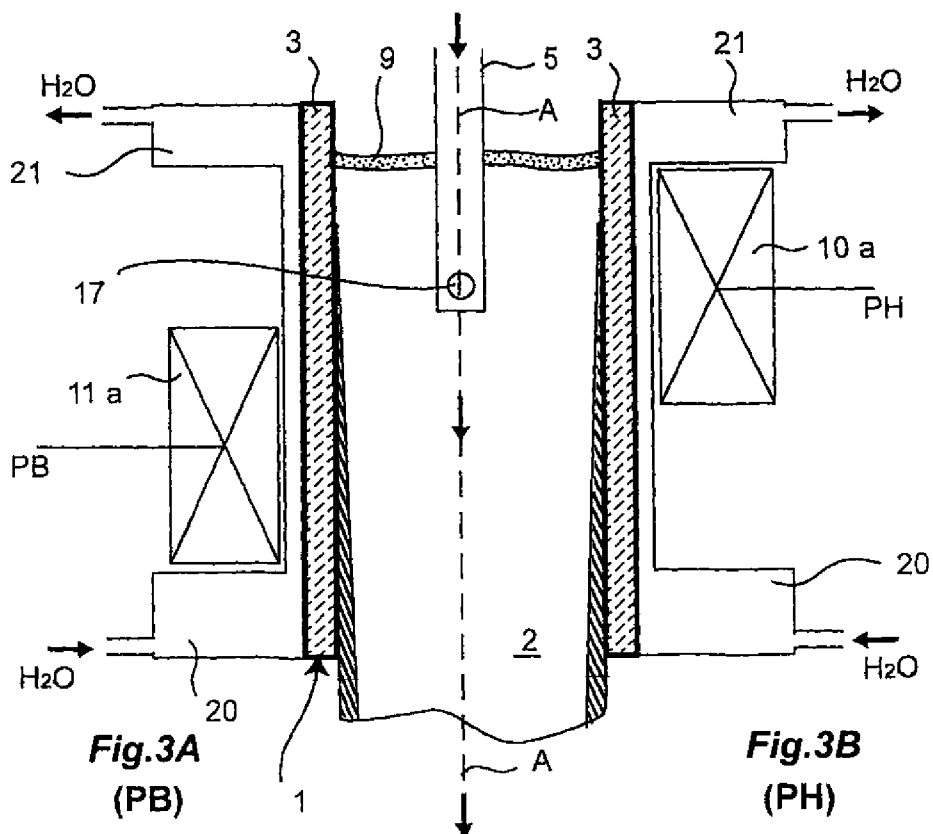


Fig. 3A
(PB)

Fig. 3B
(PH)

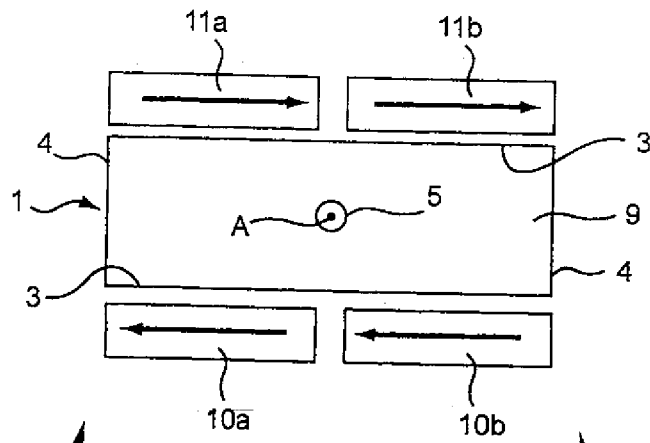


Fig. 4
(PH)

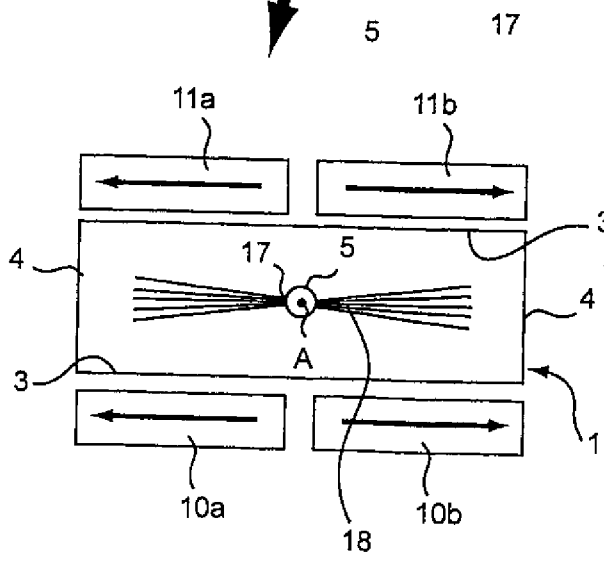


Fig. 5A
(PB)

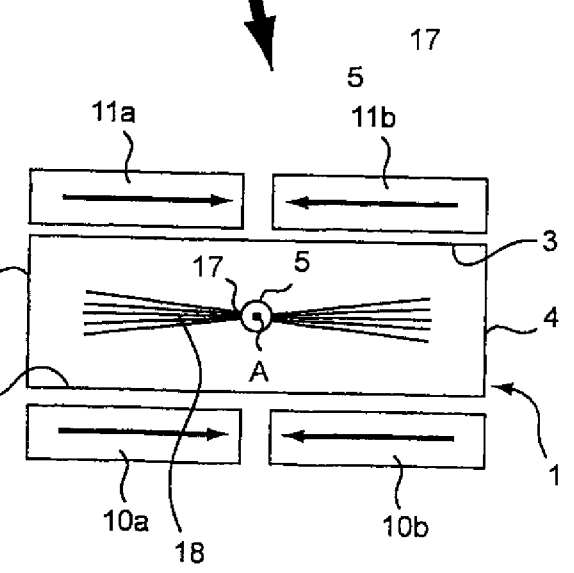


Fig. 5B
(PB)

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE REGULAGEM DO MODO DE MISTURAÇÃO ELETROMAGNÉTICA DO METAL LÍQUIDO NA ALTURA DE UMA LINGOTEIRA DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO E EQUIPAMENTO DE MISTURAÇÃO ELETROMAGNÉTICA".**

Em uma lingoteira de lingotamento contínuo de produtos metálicos planos com bico imerso com orifícios de saída laterais, lingoteira equipada em cada uma de suas faces maiores (3) de um par de indutores lineares de campo magnético que desliza horizontalmente de acordo com a largura da dita face maior e que são dispostos de um lado e de outro do bico de lingotamento (5), esse método de regulagem do modo de misturação é caracterizado pelo fato de que, os indutores (10a a 11b) sendo montados por par que desliza verticalmente de acordo com a altura da lingoteira, passa-se, por translação dos ditos indutores, de uma posição de ação de misturação baixa PB de assistência aos jatos de metal líquido que chega, situada ao nível dos orifícios (7) de saída do bico, para uma posição de ação de misturação alta PH de colocação em rotação do metal líquido vazado em torno do eixo de lingotamento, situada ao nível do menisco (9) do metal líquido na lingoteira, e reciprocamente; e pelo fato de que, por ocasião da passagem de uma posição para a outra, modifica-se a conexão dos indutores às fases de alimentação elétrica (7) a fim de inverter o sentido de deslizamento do campo magnético de somente um dos dois indutores de um mesmo par assim como daquele, entre os dois indutores do outro par, que é seu simétrico em relação ao eixo de lingotamento.