

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

0 249 565
B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45)

Date de publication du fascicule du brevet:
13.09.89

(51)

Int. Cl.4: **B 22 D 11/16, B 22 D 11/04**

(21)

Numéro de dépôt: **87420069.4**

(22)

Date de dépôt: **11.03.87**

(54)

Dispositif de réglage du niveau de la ligne de contact de la surface libre du métal avec la lingotière dans une coulée verticale.

(30)

Priorité: **13.03.86 FR 8604118**

(43)

Date de publication de la demande:
16.12.87 Bulletin 87/51

(45)

Mention de la délivrance du brevet:
13.09.89 Bulletin 89/37

(84)

Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES GB GR IT LI LU NL SE

(56)

Documents cités:
FR-A-2 107 852
GB-A-752 271
GB-A-1 566 819
GB-A-2 014 487

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 7, no. 137 (M-222) 1282, 15 juin 1983

(73)

Titulaire: **CEGEDUR PECHINEY RHENALU, 23, rue Balzac, F-75008 Paris (FR)**

(72)

Inventeur: **Vives, Charles, Route d'Avignon, F-13160 Chateaurenard (FR)**
Inventeur: **Riquet, Jean- Pierre, Maison Bouveyron, F-38590 Saint Etienne de St. Geoirs (FR)**

(74)

Mandataire: **Vanlaer, Marcel, PECHINEY 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon Cédex 3 (FR)**

EP 0 249 565 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention concerne un dispositif de réglage du niveau de la ligne de contact de la surface libre du métal avec la lingotière dans une coulée verticale selon les preambules des revendications 1 et 2.

Lors de la fabrication de semi-produits métallurgiques par coulée de métaux ferreux ou légers comme l'aluminium et ses alliages, l'homme de l'art cherche à obtenir des lingots, des billettes, des plaques, etc... ayant la meilleure homogénéité physique et chimique possible, ceci afin d'éviter l'apparition de certains défauts lors de la transformation ultérieure de ces produits en feuilles, fils, etc...

Or, la plupart des procédés de coulée utilisés actuellement dans l'industrie donnent lieu, lors du passage du métal de l'état liquide à l'état solide, à la formation de défauts d'homogénéité plus ou moins importants, dus essentiellement à des conditions de refroidissement différentes d'un point à l'autre des produits coulés. C'est ainsi que dans la coulée en lingotière à passage vertical où le métal est successivement refroidi indirectement par l'intermédiaire de la lingotière, puis directement par une lame d'eau, on constate la présence sur les semi-produits d'une couche externe dite "couche corticale primaire". Cette couche dont la structure et la composition diffèrent de celles de la partie interne du semi-produit, résulte du refroidissement indirect du métal au contact de la lingotière. Par ailleurs, d'autres hétérogénéités, beaucoup moins prononcées, mais toutes aussi gênantes, peuvent apparaître, telles que les "picots" ou petites piqures dues notamment à une dispersion dans la masse métallique de la couche d'oxyde qui se forme à la surface du métal liquide en contact avec l'atmosphère.

Certes, l'homme de l'art n'est pas resté inactif devant ces problèmes et il a apporté un certain nombre de solutions plus ou moins satisfaisantes visant à supprimer ou tout au moins à diminuer l'importance de ces hétérogénéités.

C'est ainsi que dans le brevet français 1 509 962, l'homme de l'art a préconisé l'utilisation de la coulée électromagnétique, technique dans laquelle, grâce au confinement du métal à l'aide de forces d'origine électromagnétique, on peut supprimer la lingotière et éviter ainsi l'apparition de la couche corticale puisqu'il n'y a plus de refroidissement indirect.

On arrive ainsi à améliorer l'homogénéité des semi-produits.

Toutefois, cette technique présente les inconvénients suivants:

- il faut équiper le métier de coulée avec une installation électrique relativement complexe et chère à cause de la nécessité de disposer de courants de fréquence non industrielle (500 à 4000 Hz) de grande intensité (de l'ordre de 5000 A) pour créer un champ de confinement convenable,

- le risque d'hétérogénéité par picots est accru en raison, d'une part de l'absence de lingotière et donc de l'augmentation de la surface de métal liquide susceptible d'être oxydé, d'autre part du phénomène de brassage de la masse liquide causé par le champ de confinement qui contribue fortement à la dislocation du film d'oxyde et à sa dispersion dans le métal,
- il est souvent difficile de créer un confinement convenable lors du démarrage de la coulée électromagnétique,
- la sécurité du personnel peut être mise en cause quand on coule l'aluminium et ses alliages car en cas de défaillance électrique, le métal liquide n'étant plus confiné se répand à l'extérieur de la lingotière et peut entrer en contact avec le fluide de refroidissement direct en provoquant une explosion.

D'autres solutions plus simples ont également été proposées pour diminuer l'épaisseur de la couche corticale. Par exemple, le brevet français 1 398 526 enseigne l'emploi d'une bande de fiberfrax collée sur la lingotière de façon à réduire la hauteur du métal en contact avec la lingotière, et donc de réduire les effets dus au refroidissement indirect. Cependant, cette réduction de hauteur ne peut être fixée une fois pour toutes, car elle dépend notamment de la vitesse de coulée. Aussi, quand ce paramètre varie, il faut soit changer de lingotière, soit tout au moins modifier la hauteur de la bande. Ce qui confère un manque de souplesse à une solution n'apportant en définitive qu'une suppression partielle des hétérogénéités.

Dans le brevet français 1 496 241, on supprime les inconvénients du refroidissement indirect en utilisant une lingotière en graphite non refroidie, mais on se heurte alors à des problèmes d'entretien et de changement fréquent de la lingotière dus à la fragilité de ce matériau.

Une autre solution consiste à mettre en oeuvre des lingotières à surface intérieure striée au moyen desquelles on réduit de plus de 30 % l'épaisseur de la couche corticale quand on coule de l'aluminium 1050 par exemple. Toutefois, outre l'usinage de ces lingotières qui en augmente sensiblement le prix, on retrouve les inconvénients dus à l'adaptation de la lingotière, et ici des stries, à chaque vitesse de coulée.

On connaît encore la coulée en charge avec rehausse, dite "HOT TOP", mais elle a aussi l'inconvénient à la fois de conduire à une solidification périodique du ménisque, cause de petits replis à la surface des semi-produits, et de s'accompagner de difficultés lors du démarrage.

Enfin, plus récemment, le brevet français 2 417 357 a revendiqué un procédé dans lequel on fait varier la longueur axiale de la partie de la lingotière en contact avec le métal liquide en mettant en oeuvre une manchette glissant sur la paroi intérieure de la lingotière. Un tel système a l'inconvénient lors d'une solidification intempestive du métal de conduire à une adhérence entre la lingotière et la manchette provoquant ainsi un

arrachement des pièces en présence au moment où l'on procède au mouvement de glissement.

C'est pourquoi la demanderesse consciente des problèmes posés par ces techniques a, dans le but d'obtenir des semi-produits homogènes dans lesquels l'épaisseur de la couche corticale est pratiquement nulle, le grain est affiné et la peau est exempte de picots, cherché et mis au point un procédé qui présente par rapport à ceux de l'art antérieur, les avantages suivants:

- utilisation d'installations électriques moins compliquées que celles imposées par la coulée électromagnétique traditionnelle,
- passage aisé de la phase de démarrage de la coulée au régime de croisière,
- adaptation facile à des variations de paramètres tels que la vitesse de coulée puisque le procédé ne nécessite aucune modification du matériel tel que le changement de lingotière,
- application à n'importe quel type de lingotière classique,
- absence de tout dispositif dans lequel on met des pièces en mouvement,
- risques d'explosion par fuite de métal liquide moins grands qu'avec la coulée électromagnétique traditionnelle.

Pour parvenir à ce résultat, la demanderesse est partie des observations suivantes:

- d'une part le démarrage de la coulée est d'autant plus facile que le niveau de métal dans la lingotière est haut. En effet, avec un niveau bas, le filtre en tissu de verre qui régularise l'alimentation en métal de la lingotière se rapproche du front de solidification et risque, pour des semi-produits de petites dimensions, d'être bloqué par une solidification intempestive du métal et de ne plus pouvoir assurer sa fonction. De même, le phénomène de cambure qui se manifeste avec les semi-produits de grande largeur interdit également un démarrage en niveau bas.
- d'autre part, en régime de croisière, il est préférable de couler avec une hauteur de métal dans la lingotière la plus faible possible car on limite ainsi la hauteur de contact de métal avec la paroi de la lingotière et de ce fait, on réduit l'épaisseur de la zone corticale qui, comme on l'a vu plus haut, est essentiellement due au refroidissement du métal par l'intermédiaire de la lingotière.

Il fallait donc, partant d'une lingotière classique avec ses contingences, c'est-à-dire tout en gardant dans la lingotière une hauteur de métal suffisante pour ne pas gêner le fonctionnement du filtre, pouvoir limiter le plus possible la hauteur de contact du métal avec la surface de la lingotière ce qui revenait en somme à trouver un moyen de régler le niveau de la ligne de contact de la surface libre du métal liquide avec la paroi de la lingotière.

Ce moyen consiste à appliquer au liquide en

cours de solidification un champ magnétique périodique d'intensité variable et de direction sensiblement parallèle à l'axe de la lingotière et à adapter son intensité en fonction du niveau souhaité.

En effet, il a été constaté qu'en plaçant autour de la lingotière au moins une bobine circulaire constituée par un circuit électrique formé d'un ou de plusieurs enroulements, et en l'alimentant avec un courant alternatif de tension industrielle suffisante, on parvenait à modifier le profil du ménisque métallique et notamment à faire varier le niveau de cette ligne de contact du métal avec la lingotière et ce d'autant plus que les variations de la tension d'alimentation et corrélativement de l'intensité du champ créé, étaient grandes.

Ainsi, en faisant croître l'intensité du champ, on pouvait abaisser le niveau et par suite diminuer la hauteur de la zone de contact métal-lingotière ou au contraire en la faisant décroître, on pouvait élever ce niveau et par suite augmenter cette hauteur.

L'intérêt d'un tel procédé est donc de permettre de réduire à volonté la hauteur de contact métal-lingotière et par suite l'épaisseur de la couche corticale simplement avec une bobine alimentée par un courant de fréquence industrielle 50 ou 60 Hz en sachant que toute défaillance électrique n'aura pour répercussion que de faire varier la hauteur de métal dans la lingotière, c'est-à-dire que tout risque de fuite de métal liquide sera écarté ce qui n'est pas le cas dans la coulée électromagnétique.

De plus, la présence d'une lingotière, tout en limitant la possibilité d'oxydation du métal liquide au niveau du ménisque, empêche, par le contact qu'elle a avec le métal, tout déplacement du film d'oxyde vers la paroi latérale et donc tout risque de picot à la surface du semi-produit.

De plus, le champ appliqué au métal a également pour effet de créer des forces à l'intérieur du liquide qui homogénéisent le refroidissement et tendent à provoquer un affinage du grain de coulée.

La bobine qui crée le champ magnétique a de préférence une forme voisine de celle de la lingotière, de sorte qu'elle crée un champ de direction sensiblement parallèle à l'axe de la lingotière. Elle est disposée le long de cet axe de manière que la zone où le champ exerce une action maximum se situe entre le sommet du ménisque liquide et le point de contact avec la lingotière.

Un tel procédé permet, lors d'une opération de coulée, d'effectuer un démarrage normal dans les meilleures conditions possibles, c'est-à-dire avec une hauteur élevée de métal dans la lingotière. Pour cela, on utilise un champ d'intensité faible et éventuellement nulle de manière à minimiser toute modification du niveau normal du métal. Par la suite, pour passer en régime de croisière, on fait croître l'intensité du champ jusqu'à atteindre une hauteur minimum conduisant à une épaisseur minimale de la couche corticale. La valeur maximum du champ admis-

sible est détectée facilement par apparition lorsqu'on la dépasse, de déformation de la surface du produit coulé.

Il suffit donc de déterminer cette valeur au cours du démarrage d'une coulée test et de la reconduire ensuite pour toutes les coulées du même type.

Cette valeur correspond généralement au moment où le niveau atteint par la ligne de contact correspond au niveau à laquelle se place la ligne d'intersection entre le front de solidification dû au refroidissement indirect et le front de solidification dû au refroidissement direct en coulée classique. La hauteur de contact se trouve alors pratiquement réduite à une ligne circulaire et la couche corticale inexistante.

Suivant le type d'alliage coulé, on sait qu'on sera amené à couler à des vitesses différentes. Le procédé permet de modifier l'intensité du champ pour l'adapter aux variations de vitesse et de déterminer comme précédemment la valeur maximum de l'intensité admissible pour chacune de ces vitesses.

Le procédé peut être mieux compris à l'aide de la figure 1 qui représente en coupe verticale deux demi-lingotières dont celle de gauche est utilisée suivant l'art antérieur et celle de droite suivant le procédé que l'on a décrit ci-dessus.

On distingue une busette d'alimentation (1) en métal liquide, une quenouille (2) de régulation de niveau, une lingotière (3) refroidie directement par un fluide (4) qui refroidit ensuite le métal (5) directement au point (6). La demi-lingotière de droite est équipée d'une bobine (7) qui est alimentée sous une tension alternative (8) afin de créer le champ magnétique de direction (9) et de provoquer l'abaissement du niveau de la ligne de contact de la surface du métal avec la lingotière d'un point (10) dans la coulée de l'art antérieur au point (11) suivant en procédé, point qui est situé au niveau de l'intersection (12) du front de solidification (13) résultant du refroidissement indirect et du front (14) résultant du refroidissement direct. On voit ainsi qu'on a réduit la hauteur de contact du métal avec la lingotière d'une hauteur h_1 à une hauteur h_2 extrêmement petite qu'on peut assimiler au point (11).

Ce procédé peut être illustré à l'aide des exemples d'application suivants:

Dans une lingotière en aluminium de diamètre 320 mm, de hauteur 100 mm, on a coulé un alliage d'aluminium du type 2214 suivant les normes de l'Aluminium Association, à la vitesse de 60 mm/minute. La quenouille réglait le niveau de métal à mi-hauteur de la lingotière et le fluide de refroidissement entraînait en contact avec la peau de la billette coulée à 1 cm environ en-dessous de la base de la lingotière.

Dans un premier essai, la coulée a été effectuée dans les conditions de l'art antérieur et un examen micrographique de différentes sections de la billette a montré que la couche corticale avait une épaisseur moyenne de 18 mm.

Une série d'essais a été ensuite réalisée au cours de laquelle la lingotière a été entourée par

une bobine annulaire de diamètre intérieur 372 mm, extérieur 465 mm, de hauteur 48 mm, formée par 120 tours de fil de cuivre émaillé de diamètre 3,35 mm et alimentée par un courant alternatif de 50 Hz.

Chacun des essais a été mené sous une tension électrique différente et on a mesuré les épaisseurs corticales moyennes correspondantes ainsi que la taille des grains par la méthode des intersections.

Les résultats figurent dans le tableau ci-après:

Tension en volts	0	50	100	150	180
Epaisseur corticale en mm	18	16	13	9	0
Taille des grains en μm	500		300	180	

On constate donc que l'application du procédé conduit à une réduction progressive de l'épaisseur de la couche corticale à mesure que l'on augmente la tension électrique aux bornes de la bobine dans des proportions telles que cette épaisseur devient nulle pour une tension de 180 volts.

Simultanément, la taille des grains diminue de telle sorte qu'à partir d'un métal qui présente des grains de 500 μm en coulée classique, on obtient suivant l'invention des grains de 180 μm en moyenne.

Par ailleurs, on ne note la présence d'aucun picot.

Mais, au cours de ses essais, la demanderesse a constaté que les dispositifs classiques utilisés, que ce soit pour la coulée de plaques ou la coulée de billettes, n'étaient pas les mieux adaptés à ce procédé de réglage. C'est ainsi qu'elle a trouvé que l'on pouvait, tout en maintenant les résultats obtenus sur les couches corticales et la taille des grains, diminuer la tension nécessaire au réglage c'est-à-dire la puissance électrique consommée si l'on augmentait la résistance électrique des appareils situés au voisinage de la bobine et notamment celle de la lingotière elle-même.

Cette augmentation peut être obtenue en modifiant la composition du matériau constituant les appareils pour lui conférer une plus grande résistivité, soit la structure des appareils pour augmenter leur résistance.

Selon l'invention, les deux voies ont été suivies, l'une caractérisée en ce que l'on utilise une lingotière constituée par un matériau solide ayant une résistivité supérieure à 5 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, l'autre caractérisée en ce que l'on utilise une lingotière partagée dans le sens de la hauteur en au moins deux secteurs séparés l'un de l'autre par un isolant électrique. Suivant la première voie, si l'augmentation de la résistivité, pour les boîtes à eau par exemple, est facile à obtenir en utilisant des matériaux tels que les aciers inoxydables ou des résines armées de fibres, par contre, pour les lingotières, la solution s'avère moins pratique en raison de l'usage traditionnel de l'aluminium ou

du cuivre, métaux ayant une très faible résistivité ($< 3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$).

Au cours des essais, la demanderesse a constaté qu'il était possible de réduire la tension électrique nécessaire au réglage, tout en maintenant des conditions de coulée convenables, en utilisant des matériaux appartenant au groupe constitué par les céramiques, des métaux tels que par exemple les aciers inoxydables amagnétiques, le titane. Toutefois, la solution la meilleure consiste à utiliser des alliages d'aluminium avec des éléments tels que le manganèse, le chrome, le titane, le vanadium, lesquels permettent à des concentrations pas trop élevées d'obtenir des teneurs en solution solide relativement importantes et par suite des résistivités plus grandes.

Ainsi, on peut citer parmi les alliages celui qui contient en poids environ 1,8 % Mn - 0,25 % Cr - 0,2 % Ti et 0,1 % V et dont la résistivité est égale à $9,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Cette résistivité peut cependant être améliorée par ajout de Mg jusqu'à 5 %, auquel cas des valeurs de 11 à $12 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ peuvent être obtenues. L'ajout de Li jusqu'à 1 % ou de Zr jusqu'à 0,15 % est également favorable.

D'autres solutions consistent à utiliser des lingotières constituées par des produits composites tels que par exemple un acier inoxydable revêtu intérieurement par une mince couche d'aluminium.

Suivant la deuxième voie, pour réduire la tension électrique nécessaire au réglage, on utilise une lingotière de structure telle qu'elle permette d'augmenter la résistance électrique. Cette structure peut être obtenue en partageant la lingotière en secteurs qui sont séparés les uns des autres par un isolant électrique et assemblés par des moyens connus de l'homme de l'art.

La figure 2 montre en perspective une telle lingotière de diamètre 320 mm et de hauteur 120 mm sur laquelle on distingue 4 secteurs (15) séparés sur toute leur hauteur par une lame de mica (16). Ces pièces sont maintenues assemblées entre elles au moyen de goupilles en acier inox (17) passant à travers le rebord de la lingotière et de chevilles (18) en matière isolante, tous ces moyens étant placés dans la masse de la lingotière. Pour obtenir un résultat convenable, on a constaté qu'il fallait cependant avoir des secteurs dont la largeur ne soit pas trop grande. C'est ainsi que des largeurs comprises entre 10 et 30 cm ont donné les meilleurs résultats.

Les lingotières conçues selon l'invention ont pour résultat, lorsqu'elles sont soumises à l'action d'un champ magnétique créé par un courant industriel de fréquence 50 à 60 Hz, l'obtention de produits coulés présentant à la fois une couche corticale d'épaisseur très faible ou nulle et un grain fin.

Toutefois, la demanderesse a trouvé que leur fonctionnement pouvait être optimisé en les soumettant à l'action de plusieurs champs magnétiques de fréquence différente, susceptibles d'exacerber séparément chacun des deux résultats recherchés. Il faut savoir en effet qu'un

champ de fréquence élevée exerce son influence près de la surface du produit coulé, alors qu'un champ de fréquence faible peut étendre son influence jusqu'au milieu du produit coulé. En conséquence, pourvu qu'il traverse la lingotière, un champ de fréquence élevée N_1 conviendra pour obtenir une épaisseur corticale nulle. Par contre, pour obtenir un affinage du grain, qui intéresse donc toute la section du produit, il faudra une fréquence N_2 plus faible et adaptée à ladite section.

De préférence, N_1 est choisie parmi les fréquences comprises entre 50 Hz et 1 kHz en fonction de la nature et de la géométrie de la lingotière et N_2 est au minimum de l'ordre du Hz pour les produits coulés de forte épaisseur (de l'ordre de 60 cm d'épaisseur).

L'application simultanée de ces fréquences N_1 et N_2 permet donc d'agir au mieux à la fois sur les deux résultats recherchés. Il faut noter que si le montage électrique permettant de faire circuler les deux courants de fréquence N_1 et N_2 dans une seule spire paraît trop compliqué, on peut utiliser deux spires concentriques, la spire parcourue par le courant de fréquence N_2 entourant la spire parcourue par le courant de fréquence N_1 .

On notera que l'application de ces champs intenses peut conduire à une lévitation des lingotières en alliages d'aluminium. Ce phénomène peut être évité en fixant solidement la lingotière au métier de coulée ou en remplaçant sa partie supérieure par une pièce en acier inoxydable. On peut évidemment conjuguer les deux solutions.

L'invention peut être illustrée à l'aide de l'exemple d'application suivant:

On a utilisé des lingotières de dimensions 1100 x 300 mm et de hauteur 120 mm de différentes résistivités. Ces lingotières ont été entourées d'une spire constituée, pour des raisons de sécurité électrique, d'un seul enroulement et parcourue par un courant de fréquence 50 Hz. Nous avons mesuré la tension nécessaire aux bornes de la spire pour obtenir dans tous les cas le même réglage de hauteur de la ligne de contact métal liquide - lingotière, conduisant à une épaisseur de couche corticale nulle. Les résultats sont les suivants:

Résistivité ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	2,8	4	8	11	72
Tension (volts)	6,3	5,7	4,0	3,9	3,2

On constate que l'on réduit notablement la tension électrique aux bornes de la spire, et par suite la puissance consommée en utilisant des lingotières de résistivité plus grande. Toutefois, pour les très grandes résistivités le gain obtenu est relativement faible.

La présente invention trouve son application dans la coulée de semi-produits métallurgiques notamment en aluminium et ses alliages, tels que, par exemple, les alliages au lithium et dans lesquels on veut obtenir à la fois une zone corticale d'épaisseur pratiquement nulle, un grain

fin sans ajout préalable d'agents d'affinage comme l'AT5B et une absence de picots.

Revendications

1. Dispositif de réglage du niveau de la ligne de contact de la surface libre du métal avec une lingotière (3) dans une coulée verticale au moyen d'au moins une bobine annulaire (8) parcourue par un courant électrique périodique et entourant ladite lingotière, caractérisé en ce que, dans le but de réduire la tension électrique nécessaire au réglage, on utilise une lingotière constituée par un matériau solide ayant une résistivité supérieure à $5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

2. Dispositif de réglage du niveau de la ligne de contact de la surface libre du métal avec une lingotière (3), dans une coulée verticale au moyen d'une bobine annulaire (8) parcourue par un courant électrique périodique et entourant ladite lingotière caractérisé en ce que, dans le but de réduire la tension électrique nécessaire au réglage, on utilise une lingotière partagée dans le sens de la hauteur en au moins deux secteurs (15) séparés l'un de l'autre par un isolant électrique (16).

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau appartient au groupe constitué par les céramiques, les métaux et alliages à haute résistivité.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau est un alliage d'aluminium de haute résistivité.

5. Dispositif selon la revendication 4 caractérisé en ce que le matériau est un alliage d'aluminium de composition en poids: 1,8 % Mn - 0,25 % Cr - 0,2 % Ti - 0,1 % V et 5 % Mg.

6. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le matériau est un produit composite.

7. Dispositif selon la revendication 6 caractérisé en ce que le matériau est un acier inoxydable amagnétique revêtu intérieurement d'une mince couche d'aluminium.

8. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que les secteurs ont une largeur comprise entre 10 et 30 cm.

9. Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la bobine annulaire est reliée simultanément à deux sources de courant électrique de fréquence différente N_1 et N_2 .

10. Dispositif selon la revendication 9 caractérisé en ce que l'une des sources a une fréquence industrielle N_1 et l'autre une fréquence N_2 inférieure à N_1 .

11. Dispositif selon les revendications 1 ou 2 caractérisé en ce qu'il comporte deux bobines annulaires l'une alimentée par une source de fréquence industrielle N_1 , l'autre par une source de fréquence inférieure N_2 .

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung des Niveaus der Kontaktlinie der freien Oberfläche des Metalls mit einer Gießform (3) bei einem Vertikalguß mittels wenigstens einer von einem periodischen elektrischen Strom durchflossenen und die Gießform umgebenden ringförmigen Spule (8),

5

dadurch gekennzeichnet,

daß man zwecks Verringerung der zur Steuerung erforderlichen elektrischen Spannung eine Gießform verwendet, die aus einem festen Material mit einem Widerstand über $5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ besteht.

10

2. Vorrichtung zur Steuerung des Niveaus der Kontaktlinie der freien Oberfläche des Metalls mit einer Gießform (3) bei einem Vertikalguß mittels wenigstens einer von einem periodischen elektrischen Strom durchflossenen und die Gießform umgebenden ringförmigen Spule (8),

15

dadurch gekennzeichnet,

daß man zwecks Verringerung der zur Steuerung erforderlichen elektrischen Spannung eine Gießform verwendet, die in der Richtung der Höhe in wenigstens zwei Sektoren (15) unterteilt ist, die untereinander durch einen elektrischen Isolierstoff (16) getrennt sind.

20

25

3. Vorrichtung nach dem Anspruch 1

dadurch gekennzeichnet,

daß das Material zur Gruppe gehört, die aus den Keramiken, den Metallen und Legierungen mit hohem Widerstand gebildet ist.

30

4. Vorrichtung nach dem Anspruch 1

dadurch gekennzeichnet,

daß das Material eine Aluminiumlegierung hohen Widerstands ist.

35

5. Vorrichtung nach dem Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Material eine Aluminiumlegierung der Gewichts zusammensetzung mit 1,8 % Mn, 0,25 % Cr, 0,2 % Ti, 0,1 % V und 5 % Mg ist.

40

6. Vorrichtung nach dem Anspruch 1

dadurch gekennzeichnet,

daß das Material ein Verbunderzeugnis ist.

45

7. Vorrichtung nach dem Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Material ein nichtoxidierbarer unmagnetischer Stahl ist, der innenseitig mit einer dünnen Aluminiumschicht überzogen ist.

50

8. Vorrichtung nach dem Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Sektoren eine Breite im Bereich von 10 bis 30 cm haben.

55

9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die ringförmige Spule gleichzeitig an zwei Quellen elektrischen Stroms verschiedener Frequenz (N_1 und N_2) angeschlossen ist.

60

10. Vorrichtung nach dem Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß die eine der Quellen eine industrielle Frequenz (N_1) hat und die andere eine Frequenz (N_2) unterhalb (N_1) hat.

65

11. Vorrichtung nach dem Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß sie zwei ringförmige Spulen aufweist, deren eine von einer Quelle einer industriellen Frequenz (N_1) gespeist wird und deren andere von einer Quelle einer niedrigeren Frequenz (N_2) gespeist wird.

5

Claims

10

1. Apparatus for regulating the level of the line of contact of the free surface of the metal with a mould (3) in a vertical casting operation by means of at least one annular coil (8) through which passes a periodic electrical current, surrounding said mould, characterised in that, in order to reduce the electrical voltage necessary for the regulation effect, a mould is used which consists of a solid material having a level of resistivity of higher than $5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

15

20

2. Apparatus for regulating the level of the line of contact of the free surface of the metal with a mould (3) in a vertical casting operation by means of an annular coil (8) through which passes a periodic electrical current, surrounding the mould, characterised in that, in order to reduce the electrical voltage necessary for the regulation effect, a mould is used which is divided in the direction of its height into at least two sectors (15) which are separated from each other by an electrical insulation (16).

25

30

3. Apparatus according to claim 1 characterised in that the material belongs to the group formed by ceramics, and metals and alloys with a high level of resistivity.

35

4. Apparatus according to claim 1 characterised in that the material is an aluminium alloy with a high level of resistivity.

5. Apparatus according to claim 4 characterised in that the material is an aluminium alloy of the following composition by weight: 1.8 % Mn - 0.25 % Cr - 0.2 % Ti - 0.1 % V and 5 % Mg.

40

6. Apparatus according to claim 1 characterised in that the material is a composite product.

7. Apparatus according to claim 6 characterised in that the material is a non-magnetic stainless steel internally coated with a thin layer of aluminium.

45

8. Apparatus according to claim 2 characterised in that the sectors are between 10 and 30 cm in width.

50

9. Apparatus according to claims 1 and 2 characterised in that the annular coil is simultaneously connected to two sources of electrical current at different frequencies N_1 and N_2 .

55

10. Apparatus according to claim 9 characterised in that one of the sources is at an industrial frequency N_1 and the other a frequency N_2 , lower to N_1 .

11. Apparatus according to claims 1 or 2 characterised in that it comprises two annular coils, one of which is fed by a source at industrial frequency N_1 and the other by a source at a lower frequency N_2 .

60

65

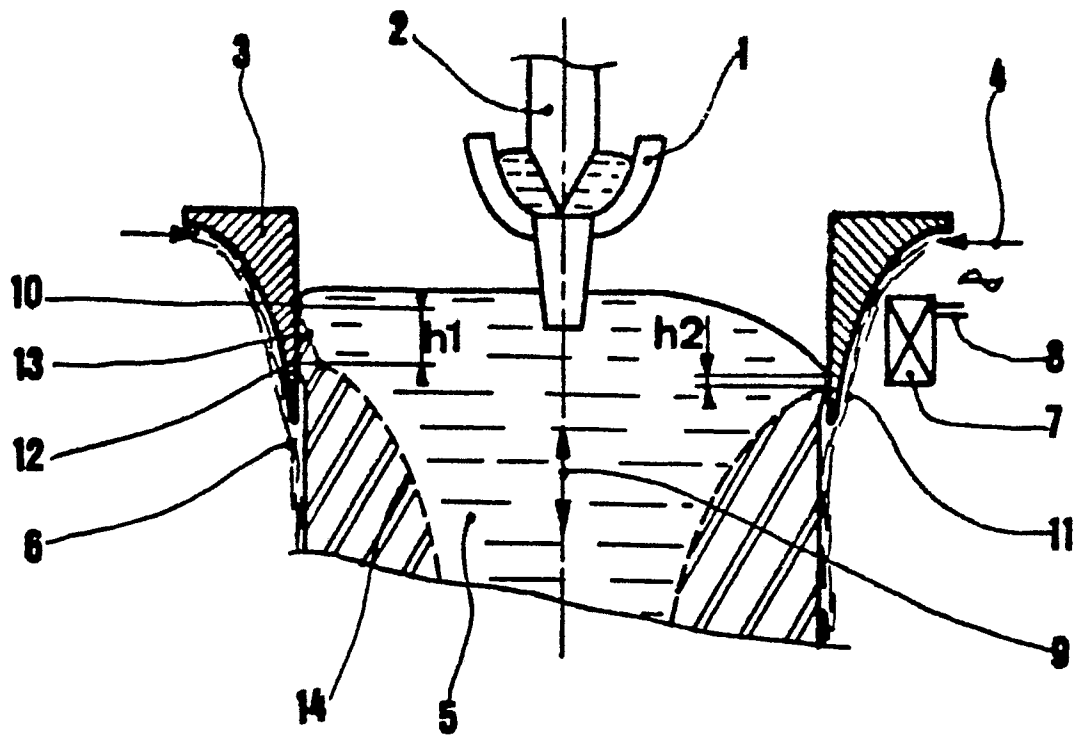


FIG. 1

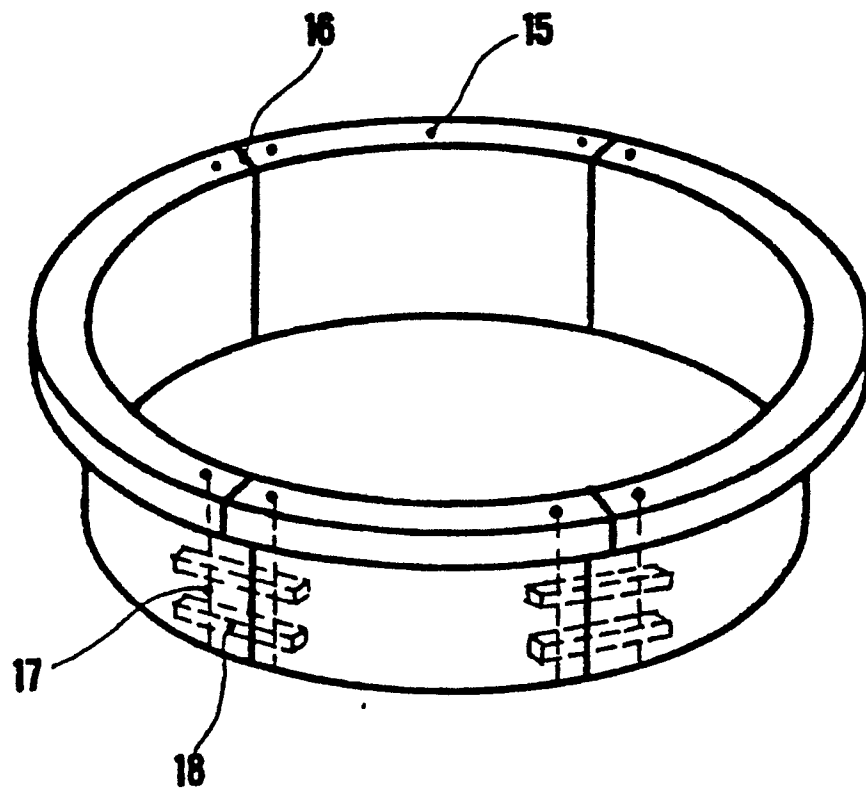


FIG. 2