

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑰ Numéro de dépôt: 83420124.6

⑤① Int. Cl.³: **B 22 D 11/01**

⑱ Date de dépôt: 19.07.83

③① Priorité: 23.07.82 FR 8213220

⑦① Demandeur: **ALUMINIUM PECHINEY**, 23, rue Balzac,
F-75008 Paris (FR)

④③ Date de publication de la demande: 08.02.84
Bulletin 84/6

⑦② Inventeur: **Vives, Charles**, Route d'Avignon,
F-13160 Chateaufort (FR)

⑧④ Etats contractants désignés: **AT CH DE GB IT LI**

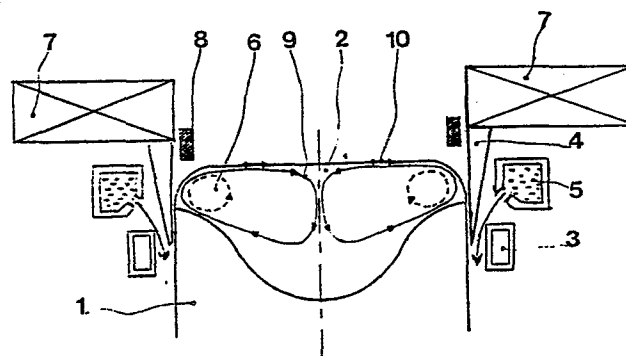
⑦④ Mandataire: **Vanlaer, Marcel et al, PECHINEY UGINE**
KUHLMANN 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon
Cédex 3 (FR)

⑤④ **Procédé de coulée électromagnétique de métaux dans lequel on fait agir au moins un champ magnétique différent du champ de confinement.**

⑤⑦ La présente invention est relative à un procédé de coulée électromagnétique de métaux.

Elle est caractérisée en ce que l'on fait agir simultanément un champ stationnaire et un champ variable de fréquence convenable pour produire à la fois des vibrations radiales au sein du métal non encore solidifié, et limiter le brassage.

L'invention trouve son application dans tous les cas où on cherche à améliorer à la fois la structure et l'état de surface des produits coulés.



PROCEDE DE COULEE ELECTROMAGNETIQUE DE METAUX DANS
LEQUEL ON FAIT AGIR AU MOINS UN CHAMP MAGNETIQUE
DIFFERENT DU CHAMP DE CONFINEMENT

La présente invention est relative à un procédé de coulée électromagnétique de métaux dans lequel on fait agir au moins un champ magnétique différent du champ de confinement.

- 5 Il est connu par le brevet français 1.509.962 que l'on peut obtenir des lingots d'acier ou d'aluminium par coulée électromagnétique. Cette technique consiste à engendrer autour d'une colonne de métal en fusion, un champ électromagnétique alternatif au moyen d'un inducteur annulaire.
- 10 Sous l'action de ce champ, apparaissent dans le métal des forces centripètes qui empêchent son étalement et lui confèrent une certaine géométrie.
- Lorsque le métal ainsi confiné est soumis à un refroidissement par un agent frigoporteur convenable, il se solidifie alors suivant la forme
- 15 imposée par le champ.

A la différence de la coulée classique, la solidification ne se produit pas contre les parois d'un moule, mais en dehors de tout contact avec un matériau solide. Dans ces conditions, on obtient généralement

20 des lingots ayant un meilleur état de surface qui, dans certains cas, peuvent être utilisés directement dans des opérations de transformation dimensionnelle sans avoir recours à des traitements particuliers de surface, tels que le scalpage par exemple.

- 25 Cependant, l'application de cette technique n'est pas sans inconvénients. On a, en effet, constaté que le champ électromagnétique de confinement provoque des tourbillons et un brassage excessif du métal liquide. Ceci entraîne, d'une part au cours du refroidissement, une instabilité du processus de cristallisation qui se traduit par une hétérogénéité de structure et la présence de grains de morphologie dif-
- 30 férente, d'autre part, l'apparition de piqûres à la surface des lingots dues en partie à la dislocation du film d'oxyde recouvrant le métal, et à sa dissémination dans la masse de métal encore liquide.

La demanderesse, consciente des avantages que procurait malgré tout la coulée électromagnétique, a cherché à remédier à ces défauts.

Plusieurs séries d'essais l'ont amenée à mettre au point un procédé
5 dans lequel on fait agir, au cours de la coulée, au moins un champ magnétique différent du champ variable de confinement et qui se singularise par le fait que l'on fait agir simultanément un champ stationnaire et un champ variable de fréquence convenable pour, à la fois, produire des vibrations radiales au sein du métal non encore solidi-
10 fié et limiter le brassage.

Dans la coulée électromagnétique, le maintien en confinement du métal liquide est obtenu par application d'un champ électromagnétique créé au moyen d'un inducteur annulaire alimenté par un courant alternatif
15 de fréquence généralement comprise entre 500 et 5000 hertz. L'inducteur exerce son action sur le métal liquide qui est amené par un distributeur et qui s'échappe sous forme de colonne à la partie inférieure d'un écran de section sensiblement voisine de celle du lingot à couler et de même axe.

Cette action se traduit non seulement par l'effet de confinement,
20 mais aussi par des mouvements de rotation du métal liquide à la périphérie du lingot dans un plan passant par son axe et dirigé de bas en haut quand on s'éloigne de cet axe.

Dans le procédé suivant l'invention, on fait agir à la fois un champ
25 stationnaire et un champ variable de fréquence convenable pour, à la fois produire des vibrations radiales au sein du métal non encore solidifié et limiter le brassage.

Ce champ stationnaire a une direction sensiblement verticale et il
30 est créé par une bobine annulaire alimentée en courant continu comportant un nombre de spires suffisant pour atteindre des valeurs inférieures à 0,5 tesla. Cette bobine a une section horizontale voisine de celle de l'écran, et elle est placée au-dessus de ce dernier et de façon concentrique par rapport à l'axe du lingot. Ce champ peut être
35 modifié par adjonction à l'intérieur de la bobine d'un noyau en fer de forme annulaire.

Sous l'action combinée de ce champ et du champ de confinement, on

constate déjà un effet bénéfique sur l'état de surface et sur la structure et l'homogénéité du métal dans la zone corticale du produit coulé.

5 Cependant, l'invention ne se limite pas à la seule application d'un champ stationnaire, mais également à celle d'un champ variable de fréquence convenable pour provoquer des vibrations radiales et limiter le brassage.

10 Ce champ variable de direction parallèle à l'axe du lingot est obtenu au moyen d'une bobine alimentée par un courant alternatif de basse fréquence, c'est-à-dire compris entre 5 et 100 hertz. Il est évident que, pour des raisons de commodité, on choisit généralement la fréquence industrielle de 50 Hz.

15 Cette bobine, également annulaire, est placée concentriquement à l'intérieur de la bobine alimentée en courant continu et à une hauteur moyenne située à la limite entre l'écran et cette dernière bobine.

Il est possible de supprimer cette bobine en alimentant directement l'écran en courant alternatif et qui devient alors générateur de champ variable, et cette substitution rend plus aisée l'introduction d'un
20 noyau en fer dans la bobine alimentée en courant continu.

En raison de la basse fréquence utilisée, le champ variable créé soit par la bobine soit par l'écran, étend son action électromagnétique à l'ensemble du métal liquide, de sorte que le mouvement de rotation du métal n'est plus limité au voisinage de la périphérie du lingot comme
25 avec le champ de confinement, mais se manifeste jusqu'à l'axe du lingot. De plus, la rotation s'effectue dans un sens inverse de celui produit par le champ de confinement : il résulte de ces effets antagonistes, une réduction de l'ampleur des tourbillons et du brassage constatés dans la coulée électromagnétique classique. Cette action,
30 qui concerne donc toute la section du lingot, se traduit par un affinement du grain et une homogénéité plus grande de la cristallisation. Corrélativement, la vitesse de transfert du métal dans les tourbillons diminue et la dislocation de la peau d'oxyde, même si elle n'est pas complètement supprimée, n'est plus suivie d'une dissémination généralisée dans le métal des particules qui en résultent, d'où une atténuation du phénomène de piqûres.

Mais le champ variable, joue également d'autres fonctions. Il donne naissance dans le métal à un courant induit dont les lignes de force

sont des cercles concentriques. Sous l'action combinée du champ stationnaire et du courant induit, se développent des forces de direction radiale et de fréquence N égale à la fréquence du champ variable. De même, par interaction du champ variable et du courant induit, tous
5 deux de fréquence N , naissent également des forces radiales variables, mais de fréquence $2 N$. Ces vibrations forcées ont pour effet de produire un affinage du grain.

Selon une variante de l'invention, il est possible de créer le champ
10 variable à partir d'une bobine alimentée avec un courant alternatif de fréquence supérieure à 100 hertz. Dans ce cas, la pénétration du champ électromagnétique dans le métal va être d'autant plus limitée que la fréquence est élevée. L'action combinée du champ stationnaire et du courant induit se trouve alors très réduite et les vibrations
15 forcées, pratiquement inexistantes.

Néanmoins, on peut quand même obtenir des effets de vibration en utilisant la résonance.

En effet, en fonction des dimensions des produits coulés, de la vitesse de coulée, de la nature des métaux et alliages mis en oeuvre,
20 il existe des fréquences de vibration propres du métal liquide, des dendrites en cours de formation ou de la masse solide, dont la valeur peut être déduite par le calcul ou par mesure à l'aide de capteurs adéquats. Si on ajuste la fréquence du champ variable à la valeur de ces fréquences fondamentales ou harmoniques, on développe la formation
25 de vibrations de résonance dont les effets sont aussi notables sur l'affinage du grain.

Dans ce cas, il n'est pas toujours nécessaire de recourir à une bobine spéciale pour créer le champ variable car on peut, dans certaines conditions, obtenir le phénomène de résonance à partir du champ électromagnétique de confinement lui-même.
30

L'invention sera mieux comprise à l'aide des dessins qui accompagnent la présente demande, et sur lesquels on peut voir en figure 1 une coupe par un plan vertical passant par l'axe du lingot, d'un dispositif
35 de coulée électromagnétique suivant l'art antérieur, et en figure 2, la même coupe du dispositif suivant l'invention.

Sur la figure 1, on voit un lingot de métal (1) dont la partie

supérieure (2) est à l'état liquide. Ce lingot est entouré par un inducteur (3) qui crée le champ électromagnétique de confinement, par un écran (4) et un système de refroidissement (5). Le champ crée dans le métal liquide des tourbillons (6).

5

Sur la figure 2, on retrouve les mêmes moyens que ci-dessus auxquels sont ajoutés les moyens suivant l'invention, à savoir, une bobine (7) alimentée en courant continu et une bobine (8) alimentée en courant alternatif. Le champ créé par cette dernière bobine produit une circulation du métal suivant la trajectoire (9), tandis que se développent des vibrations radiales représentées par (10).

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

15 On a coulé une billette de $\varnothing$ 350 mm en alliage d'aluminium 2024 affiné avec de l'AT5B à raison de 1 kg/tonne d'aluminium. Une première partie a été réalisée avec application d'un champ de confinement de fréquence 2000 hertz créé sous une tension de 28 volts et une intensité de 4900 ampères.

20 Sur une deuxième partie, on a appliqué le procédé selon l'invention, c'est-à-dire qu'on a alimenté une bobine annulaire placée au-dessus de l'écran sous une tension continue de 24 volts, par un courant de 17 500 ampère-tours pour créer un champ stationnaire de 0,04 tesla. Une autre bobine, placée à l'intérieur de la première, à une hauteur
25 voisine du haut de l'écran, était alimentée sous une tension de 75 volts, par un courant de 3800 ampère-tours, ayant une période de 50 hertz, pour créer un champ variable.

On a constaté que la deuxième partie de la billette présentait uniquement des grains équiaxes dendritiques, alors que, dans la première
30 partie, étaient présents également des grains équiaxes sans dendrites ; de plus, le nombre de grains avait également été multiplié par 8, tandis que l'état de surface s'était sensiblement amélioré, ne présentant ni piqûres, ni rugosités.

35 La présente invention trouve son application dans la coulée électromagnétique des métaux et alliages sous forme de plaques, billettes, lingots etc... quand on cherche à améliorer à la fois la structure et l'état de surface des produits coulés.

REVENTICATIONS

1. Procédé de coulée électromagnétique de métaux dans lequel on fait agir sur le métal en cours de solidification dans une lingotière au moins un champ magnétique différent du champ électromagnétique de confinement afin de créer des vibrations radiales au sein du métal non encore solidifié, et d'en limiter le brassage, caractérisé en ce que
5 l'on fait agir simultanément un champ stationnaire et un champ variable de fréquence appropriée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le champ
10 stationnaire a une valeur inférieure à 0,5 tesla.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le champ stationnaire est modifié par la présence d'un noyau en fer.
- 15 4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le champ variable a une fréquence comprise entre 5 et 100 000 Hertz.
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le champ variable est le champ de confinement.
- 20 6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le champ variable est différent du champ de confinement.
7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que, lorsque
25 la fréquence du champ variable est comprise entre 100 et 100 000 hertz on choisit des valeurs de fréquence qui entrent en résonance avec les fréquences propres du métal liquide, des dendrites en cours de formation, ou de la masse solide.
- 30 8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le champ stationnaire est créé par une bobine annulaire dont la partie basse est située au-dessus du niveau du métal liquide.
9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le champ
35 variable est créé par une bobine annulaire dont la partie basse est située au-dessus du niveau de métal liquide.

1/1

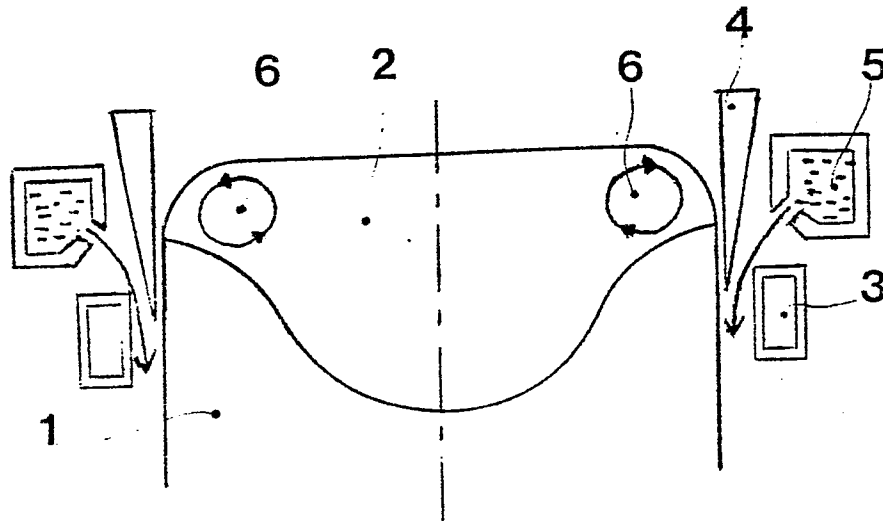


FIG. 1

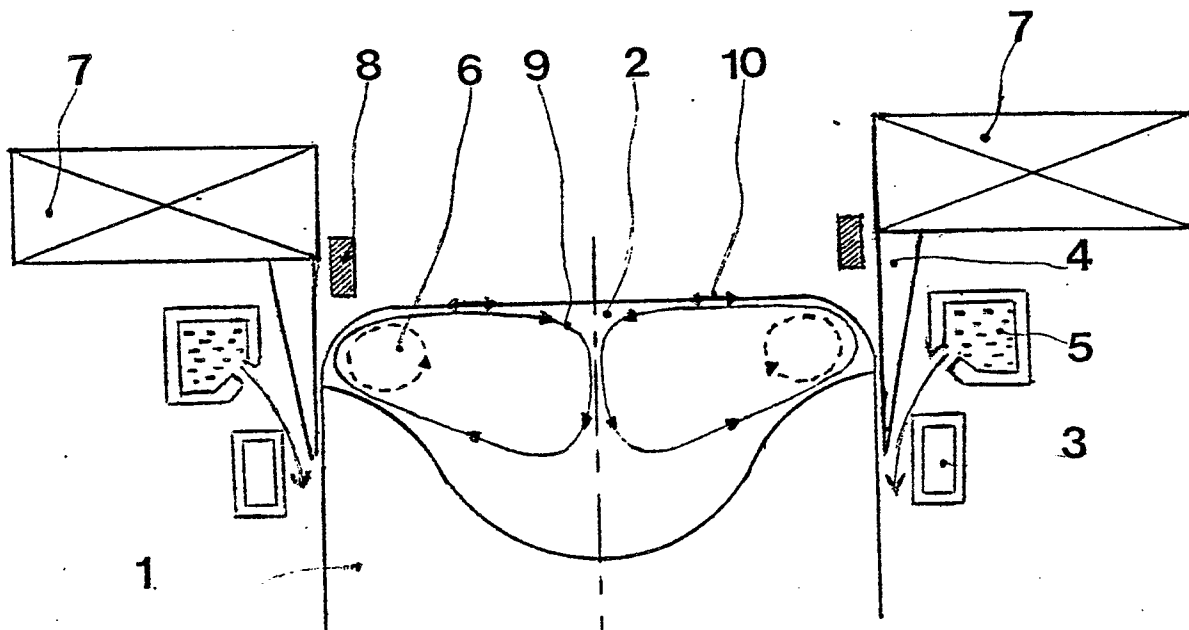


FIG. 2