

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 79400560.3

(51) Int. Cl.³: **B 22 D 11/04**

(22) Date de dépôt: 08.08.79

(30) Priorité: 04.09.78 FR 7825583

(43) Date de publication de la demande:
19.03.80 Bulletin 80/6

(84) Etats Contractants Désignés:
AT BE DE GB IT LU

(71) Demandeur: ROTELEC
Tour Gan Cédex 13
F-92082 Paris La Defense(FR)

(72) Inventeur: Birat, Jean-Pierre
10, chemin des Pavillons
F-57210 Semecourt(FR)

(72) Inventeur: Dussart, Bernard
11 La Résidence
Haulchin, F-59121 Prouvy(FR)

(72) Inventeur: Nove, Marie-Claude
47, Bd. Victor Hugo
F-92200 Neuilly-sur-Seine(FR)

(74) Mandataire: Giovannetti, Gilberte et al,
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE
FRANCAISE (IRSID) 185, rue Président Roosevelt
F-78105 Saint-Germain-en-Laye(FR)

(54) Procédé de coulées continue des métaux en fusion et installation de mise en oeuvre.

(57) L'invention concerne un procédé et un dispositif pour la coulée continue des métaux en fusion, notamment de l'acier, selon lequel le métal liquide est mis en rotation autour de l'axe de la lingotière au moyen de champs magnétiques tournants créés par un inducteur statique polyphasé disposé autour de la lingotière.

L'invention se caractérise en ce que l'on égalise la fréquence de rotation du champ magnétique à celle du courant électrique alimentant l'inducteur, et en ce que l'on règle cette dernière à une valeur comprise entre 1 et 60 Hz.

L'invention s'applique à la quasi-totalité des produits coulés en continu et permet d'une part de faire usage d'inducteurs habituellement utilisés dans ce domaine et d'autre part une économie appréciable au niveau de l'alimentation électrique en autorisant l'emploi de groupes tournants ou, le cas échéant, de simples autotransformateurs.

EP 0 008 968 A1

PROCEDE DE COULEE CONTINUE DES METAUX EN FUSION
ET INSTALLATION DE MISE EN OEUVRE

L'invention concerne les procédés de coulée continue des métaux en fusion, notamment de l'acier, qui comportent un brassage du métal liquide en lingotière au moyen de champs magnétiques mobiles.

On sait que la coulée continue avec brassage du métal en fusion en lingotière présente, par rapport à la coulée continue classique, l'avantage d'améliorer la qualité des demi-produits obtenus, puisqu'elle influe favorablement à la fois sur la propreté superficielle et inclusionnaire et sur la structure de solidification.

Il est connu de provoquer ce brassage, par voie mécanique, en entraînant le produit coulé en rotation autour de l'axe de la lingotière par une mise en rotation de la lingotière elle-même et des moyens d'extraction, associée à une alimentation en métal liquide décentrée et inclinée sur la verticale (coulée continue centrifuge mécanique).

Il est connu également de mettre le métal en mouvement par action électromagnétique au moyen d'un champ magnétique mobile créé par un inducteur statique polyphasé, de structure tubulaire, entourant la lingotière et généralement immergé dans la chambre à eau supérieure de cette dernière. On sait que, selon le type d'inducteur utilisé, le métal liquide peut-être soumis à un mouvement de rotation ou à un mouvement toroïdal, autour de l'axe de la lingotière. Dans le premier cas, l'inducteur produit un champ magnétique tournant autour de l'axe (brevet français n° 2 315 344 - IRSID) et dans le second, un champ magnétique glissant le long de cet axe (brevet français n° 2 248 103 - IRSID).

Ces procédés électromagnétiques, en particulier le procédé à champ magnétique tournant, s'ils présentent par rapport au procédé mécanique l'avantage d'une plus grande simplicité technologique et celui de s'affranchir des sujétions relatives au mode d'introduction du métal en lingotière, se sont cependant heurtés dès l'origine à des difficultés telles qu'ils commencent à peine à se développer industriellement.

Toutefois, cette sanction industrielle naissante apparaît tributaire des contraintes liées à la nécessité d'une alimentation électrique de haute puissance délivrée à basse fréquence généralement inférieure à 10 - 15 Hz (brevet français n° 2 279 500 - USINOR ; brevet français n° 2 338 755 - IRSID) à savoir l'utilisation de convertisseurs de fréquences de type statique très élaborés et dont le coût d'acquisition et d'entretien peut constituer un handicap à l'expansion récente du procédé.

Le but de la présente invention est précisément de supprimer un tel handicap.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de coulée continue des métaux en fusion, tels que l'acier, selon lequel le métal liquide est
5 mis en mouvement au sein de la lingotière au moyen de champs magnétiques mobiles créés par un inducteur statique polyphasé, de structure tubulaire disposé autour de la lingotière, et caractérisé en ce que le rapport entre la vitesse linéaire de déplacement du champ et la distance sur laquelle il se propage est égal à la fréquence du courant électrique alimentant l'induc-
10 teur, et en ce que l'on règle cette dernière à une valeur comprise entre 1 et 60 Hz environ.

Selon une caractéristique de l'invention, l'intensité efficace du champ magnétique agissant sur le métal liquide est comprise entre 0,01 et 0,1 Tesla environ.

15 Le procédé s'applique aux lingotières de type usuel, en cuivre ou alliage de cuivre, ou autre, dont l'épaisseur ne dépasse guère 15 à 20 mm environ et dont le côté ou le rayon intérieur est compris entre 30 et 400 mm, ce qui couvre, à l'exclusion des brames, la quasi-totalité des demi-produits obtenus habituellement par coulée continue de l'acier.

20 Le procédé s'applique également quelle que soit la forme des produits coulés, c'est-à-dire aussi bien aux lingotières rondes, que carrées ou plus généralement quadrangulaires. De ce fait, par "rayon intérieur" de la lingotière, on entend le "rayon équivalent" R, donné par la relation

$$R = 0,55 \frac{a + b}{2}$$

25 où a et b sont les dimensions respectives des deux côtés de la lingotière.

Comme on le comprend, l'invention complète donc l'enseignement habituel en élargissant vers des fréquences plus élevées le domaine d'exploitation du procédé connu de centrifugation électromagnétique.

De récentes études faites par le demandeur montrent en effet que, même
30 dans le domaine des fréquences utilisées jusqu'ici, allant même jusqu'aux fréquences industrielles de 50 ou 60 Hz, le seuil critique de l'intensité du champ nécessaire à l'obtention d'un brassage satisfaisant du métal se situe à un niveau inférieur à celui atteint par le champ utile délivré par l'inducteur, et ceci malgré la forte diminution que subit ce dernier lors
35 de la traversée de la lingotière. Autrement dit, il demeure possible d'employer les inducteurs usuels, en particulier ceux équipant déjà des machines de coulée continue électromagnétique.

Pour illustrer ce qui vient d'être dit, on va décrire un exemple
39 relatif à la coulée continue électrocentrifuge (champ magnétique tournant

autour de l'axe de la lingotière).

On considère une lingotière en cuivre de 10 mm d'épaisseur pour la coulée de billettes d'acier rondes de 150 mm de diamètre, donc d'un format très courant notamment pour la fabrication de tubes sans soudures. A une
5 fréquence de 50 Hz, le champ magnétique utile, c'est-à-dire celui agissant sur le métal coulé, doit présenter une intensité minimale de 0,02 T. eff. environ. Dans ces conditions, les calculs et l'expérience montrent que l'absorption du champ, principalement due à la présence de la lingotière, est de l'ordre de 60 % environ. Le champ devant être créé par l'inducteur
10 doit donc pouvoir atteindre des valeurs de l'ordre de 0,05 T. eff. On sait que les inducteurs habituellement employés peuvent fournir sans difficultés un tel champ puisqu'ils sont capables d'atteindre des niveaux proches de 0,1 T. eff.

Il est à noter qu'à une fréquence donnée, le seuil critique minimum
15 varie dans le sens inverse du format, des produits coulés. Ainsi il peut s'avérer que, pour les petits formats, par exemple voisins de 40 mm de rayon, le champ nécessaire à 50 Hz atteigne au niveau de l'inducteur 0,15 - 0,20 T. eff. Dans ce cas, il faut disposer d'un inducteur plus puissant. Mais l'environnement immédiat de la lingotière, ou le caisson de la lingo-
20 tière, dans lequel est généralement placé l'inducteur, ayant un volume disponible d'autant plus important que la lingotière est de dimension réduite, l'augmentation nécessaire de la taille de l'inducteur ne pose pas de problèmes particuliers d'adaptation. La limite déterminée par le demandeur se situe néanmoins au voisinage d'un rayon de 25-30 mm.

25 De même, dans le sens des formats croissants, la taille maximale théorique correspond à un rayon de l'ordre de 300 mm. Mais, dans ce cas, la limitation a une autre origine : celle de l'épaisseur de la lingotière. Les lingotières pour la coulée de grands formats doivent en effet avoir une épaisseur suffisante pour assurer leur rigidité et éviter leur déformation
30 mécanique sous l'effet des contraintes de pression qui s'exercent notamment pour les formats non circulaires. A titre d'exemple, il est souhaitable pour la coulée de produits carrés de 400 mm de côté, soit un rayon équivalent de 220 mm (qui, en pratique, est un maximum pour les produits coulés en continu) de faire usage d'une lingotière en cuivre de 20 mm au moins
35 d'épaisseur. Dans ce cas, le seuil critique de l'intensité du champ est seulement de l'ordre de 0,01 T. eff. à 50 Hz. Mais compte tenu de son affaiblissement très important lors de la traversée de la paroi en cuivre de 20 mm, l'intensité nécessaire au niveau de l'inducteur peut atteindre
39 des niveaux bien plus élevés, de l'ordre de 10 fois plus.

Il doit également être noté que pour un format donné de la lingotière le seuil critique du champ augmente lorsque la fréquence diminue, ce qui est conforme aux prévisions puisque l'on sait que l'intensité de brassage est, d'une part, linéairement proportionnelle à la vitesse angulaire du champ, donc à la fréquence du courant, et d'autre part proportionnelle au carré de l'intensité moyenne du champ agissant sur le produit coulé.

Ainsi, si l'on reprend l'exemple de la lingotière ronde en cuivre de 150 mm de diamètre intérieur, le seuil critique du champ est de l'ordre de 0,03 T. eff. pour une fréquence du courant de 25 Hz. L'intensité du champ au niveau de l'inducteur doit être alors d'environ deux fois supérieure, (absorption de 50 % environ) soit environ 0,06 T. eff. Dans les mêmes conditions, on obtiendrait pour 5 Hz, un seuil critique de 0,06 T. eff. et au niveau de l'inducteur (absorption de 15 % environ) un champ de 0,07 T. eff. environ, ce qui est encore largement dans les possibilités des inducteurs usuels. A titre indicatif, la limite vers les basses fréquences est atteinte vers 60 Hz pour les formats voisins de 30 mm de rayon, vers 3 Hz pour les formats voisins de 75 mm de rayon, vers 1 Hz pour les formats supérieurs à 130 mm de rayon.

Comme on le comprend, les avantages procurés par l'invention se situent à un double niveau : d'abord elle permet de conserver un inducteur de type habituel ; en second lieu elle permet de se passer de convertisseurs statiques de fréquence au profit de groupes tournants bien moins chers sur le marché, pour une gamme de fréquence allant de 15 à 50 Hz environ, et d'utiliser de simples autotransformateurs lorsque la fréquence souhaitée est celle que délivre le réseau d'alimentation, à savoir 50 ou 60 Hz selon les pays. Bien entendu de tels avantages ne sont obtenus que dans les limites du domaine d'application de l'invention telles qu'elles ont été précisées dans les lignes précédentes.

Une dernière condition nécessaire est, comme on l'a déjà dit, que le rapport entre la vitesse linéaire de déplacement du champ et la distance sur laquelle il se propage, soit égal à la fréquence du courant électrique polyphasé alimentant l'inducteur. Selon que l'inducteur est du type à champ glissant ou tournant, la distance de propagation du champ s'identifie respectivement avec la hauteur de l'inducteur ou avec son périmètre intérieur.

Une telle condition est satisfaite lorsque l'inducteur présente une paire de pôles magnétiques par phase de l'alimentation électrique.

Dans le cas d'un inducteur à champ tournant, cette condition se traduit par l'égalité entre la fréquence de rotation du champ et celle du courant d'alimentation, et reflète le fait que le champ magnétique à l'intérieur du produit coulé doit être uniforme.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de coulée continue des métaux en fusion, notamment de l'acier, selon lequel le métal liquide est mis en mouvement dans la lingotière au moyen de champs magnétiques mobiles créés par un inducteur statique polyphasé, de structure tubulaire, disposé autour de la lingotière au voisinage immédiat du produit coulé, caractérisé en ce que le rapport entre la vitesse de déplacement du champ et la distance sur laquelle il se propage dans l'entrefer de l'inducteur est égal à la fréquence du courant électrique alimentant l'inducteur et en ce que l'on règle ladite fréquence à une valeur comprise entre 1 et 60 Hz environ.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'intensité efficace du champ magnétique agissant sur le métal liquide est comprise entre 0,01 et 0,1 T. environ.

3. Procédé selon les revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le champ magnétique est un champ tournant autour de l'axe de la lingotière et en ce que la fréquence du mouvement de rotation du dit champ est égale à la fréquence du courant électrique alimentant l'inducteur.

4. Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que la lingotière présente un rayon interne équivalent compris entre 30 et 300 mm environ.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisées en ce que la fréquence du courant est comprise entre 15 et 60 Hz environ.

6. Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que la fréquence du courant est égale à 50 ou à 60 Hz.

7. Installation de coulée continue pour la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 1 ou 3 caractérisée en ce que l'inducteur présente une paire de poles magnétiques par phase de l'alimentation électrique.

8. Installation selon la revendication 7 pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 5 caractérisée en ce qu'elle présente des moyens d'alimentation électrique constitués par un groupe tournant.

9. Installation selon la revendication 7 pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 6 caractérisée en ce qu'elle présente des moyens d'alimentation électrique constitués par des autotransformateurs à raison de un autotransformateur par phase de l'alimentation électrique.



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0008968

Numéro de la demande

EP 79 400 560.3

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.)
Categorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	<u>DE - A1 - 2 704 918</u> (IRSID FRANCAISE) * revendication 1 *	5	B 22 D 11/04
	--		
A,P	<u>DE - A1 - 2 810 876</u> (S.A. ARBED) * revendication 9 *	5	
	& <u>FR - A1 - 2 383 732</u> --		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.)
A,P	<u>DE - A1 - 2 819 160</u> (IRSID FRANCAISE) * revendications 6, 7 *	5,8	B 22 D 11/00
	--		
A,D	<u>FR - A1 - 2 279 500</u> (USINOR) * fig. 3 *	5,6	

			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Berlin		Date d'achèvement de la recherche 23-11-1979	Examineur GOLDSCHMIDT