



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92870117.6**

(51) Int. Cl.⁵ : **B22D 11/10, B22D 11/04**

(22) Date de dépôt : **06.08.92**

(30) Priorité : **12.08.91 BE 9100734**

(43) Date de publication de la demande :
17.02.93 Bulletin 93/07

(84) Etats contractants désignés :
AT BE CH DE ES FR GB IT LI LU NL SE

(71) Demandeur : **CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES CENTRUM VOOR
RESEARCH IN DE METALLURGIE Association
sans but lucratif
Vereniging zonder winstoogmerk Rue
Montoyer, 47
B-1040 Bruxelles (BE)**

(72) Inventeur : **Wilmotte, Stéphan
54, rue de la Loignerie
B-4050 Chaudfontaine (BE)
Inventeur : Naveau, Paul
Allée des Fauvettes, 16
B-4432 Aleur (BE)
Inventeur : Marique, Christian
30, rue des Ragayets
B-4042 Liers (BE)**

(74) Mandataire : **Lacasse, Lucien Emile et al
CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES Abbaye du Val-Benoît 11,
rue Ernest Solvay
B-4000 Liège (BE)**

(54) **Procédé et dispositif pour la coulée continue d'un métal en fusion.**

(57) On établit le niveau supérieur, ou ménisque (8) du métal en fusion dans une région située en amont du point où commence la solidification du métal dans la lingotière (5), de façon à éviter les variations de niveau du métal dans cette lingotière (5). Le dispositif comprend un récipient de coulée (1) pourvu d'un orifice de coulée (2), et une lingotière sans fond (5) placée sous l'orifice de coulée (2). Il comporte en outre un élément tubulaire (4) en matière réfractaire disposé entre le récipient de coulée (1) et la lingotière (5), en alignement avec celle-ci; cet élément tubulaire (4) en matière réfractaire est rigidement fixé, par son extrémité inférieure, à la partie supérieure de la lingotière (5), et il est relié, par son extrémité supérieure, au récipient de coulée (1). Un joint élastique (21) est interposé entre le récipient de coulée (1) et l'élément tubulaire (4), tandis qu'un joint en matière réfractaire (6) est interposé entre l'élément tubulaire (4) et la lingotière (5).

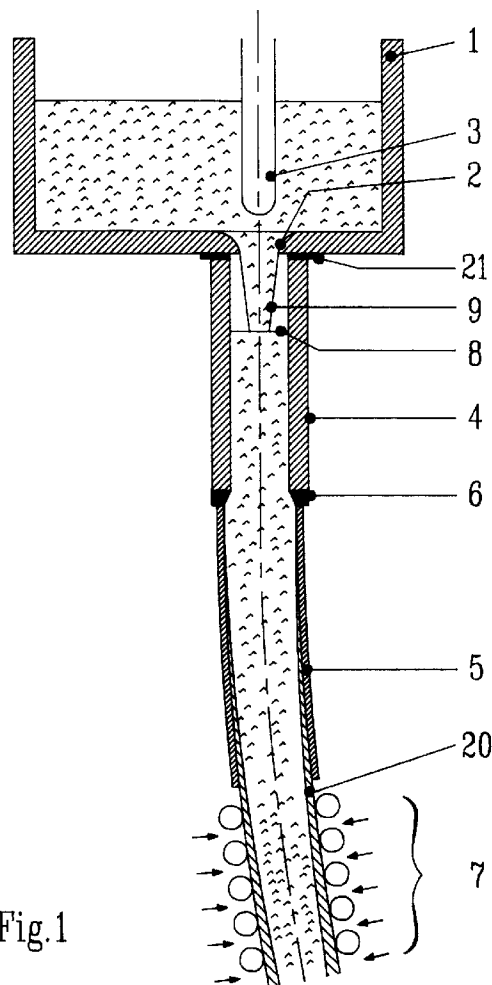


Fig.1

La présente invention concerne un procédé pour la coulée continue d'un métal en fusion, en particulier de l'acier. Elle porte également sur un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Pour fixer les idées, la description qui suit fait référence plus particulièrement à la coulée continue de l'acier. Ce choix n'a cependant qu'un caractère d'exemple et n'entraîne aucune limitation de l'objet de l'invention, lequel est défini par les revendications annexées.

La coulée continue est une technique largement répandue, qui permet de couler l'acier directement d'un récipient de coulée dans une lingotière sans fond, de laquelle il est extrait sous la forme d'un brin continu partiellement solidifié. Le récipient de coulée est habituellement une poche de coulée ou un panier répartiteur; pour simplifier, on se référera ici, d'une manière générique, à un panier répartiteur.

Dans la pratique courante, le fond du panier répartiteur est percé d'un trou avec lequel coopère un organe d'obturation de type connu. Sous le fond du panier et coaxialement au trou de coulée est fixée une busette de coulée, qui plonge librement dans la partie supérieure de la lingotière proprement dite. Cette lingotière est en cuivre et est refroidie à l'eau. De plus, la lingotière est habituellement animée d'un mouvement d'oscillation, d'une amplitude de quelques millimètres, destiné à empêcher le collage de l'acier à ses parois.

En fonctionnement, l'acier provenant du panier répartiteur s'écoule par la busette dans la lingotière, où il se solidifie progressivement en formant une peau d'épaisseur croissante. L'extrémité inférieure de la busette est immergée dans l'acier liquide, dont le niveau supérieur, ou ménisque, est situé dans la portion supérieure de la lingotière.

La technique actuelle de la coulée continue présente divers inconvénients qui sont à l'origine de défauts observés dans les produits coulés. Il est notamment très difficile de maintenir un niveau rigoureusement constant de l'acier dans la lingotière, principalement lorsque le débit d'acier est élevé et que la lingotière est de petite section; ces variations du niveau perturbent le démarrage de la solidification et provoquent des défauts de surface dans les produits. La vitesse de coulée reste de ce fait limitée, en particulier pour les produits de petite section. Enfin, il n'est pas possible d'empêcher complètement la formation de criques internes et de ségrégations axiales dans les produits coulés, malgré toutes les précautions qui peuvent être prises pour réaliser un contrôle précis des équipements et des conditions de fabrication.

La présente invention a pour objet de proposer un procédé, ainsi qu'un dispositif de mise en oeuvre, pour la coulée continue d'un métal en fusion, qui permet de couler à grande vitesse des produits de haute qualité en ce qui concerne l'état de surface et la santé interne.

L'idée de base de l'invention est d'éviter que le ménisque s'établisse dans la région où commence la solidification de la peau du métal.

Conformément à la présente invention, un procédé pour la coulée d'un métal en fusion, dans lequel on coule le métal en fusion dans une lingotière où il se solidifie, est caractérisé en ce que l'on établit le niveau supérieur, ou ménisque, dudit métal en fusion dans une région située en amont du point où commence la solidification dudit métal dans la lingotière.

Il est intéressant de réduire le frottement entre le produit coulé et la paroi intérieure de la lingotière. A cet effet, on applique à la lingotière un mouvement d'oscillation, de préférence vertical, ayant une amplitude inférieure à 0,5 mm, et avantageusement de l'ordre de 0,2 - 0,3 mm. De même, on réalise une lubrification forcée de la lingotière, de préférence en injectant un lubrifiant à travers au moins une de ses parois.

Dans le procédé de l'invention, la solidification du métal en fusion commence et se poursuit toujours dans la lingotière, comme dans les procédés de coulée conventionnels; toutefois, le ménisque est rejeté vers l'amont par rapport à l'endroit où commence cette solidification. Les variations du niveau du métal, c'est-à-dire de la position du ménisque, ne perturbent dès lors plus le démarrage de la solidification et ne se traduisent plus par des défauts de surface dans le produit coulé.

L'invention concerne également un dispositif pour la coulée continue d'un métal en fusion, qui comprend un récipient de coulée pourvu d'un orifice de coulée et une lingotière sans fond placée sous ledit orifice de coulée, caractérisé en ce qu'il comporte un élément tubulaire en matière réfractaire disposé entre le récipient de coulée et la lingotière, en alignement avec celle-ci, en ce que ledit élément tubulaire en matière réfractaire est rigidement fixé, par son extrémité inférieure, à la partie supérieure de la lingotière, et en ce que ledit élément tubulaire en matière réfractaire est relié par son extrémité supérieure audit récipient de coulée.

La lingotière est avantageusement équipée de moyens destinés à réduire le frottement entre le produit coulé et la paroi de la lingotière, notamment des moyens pour appliquer à la lingotière une vibration ayant une amplitude inférieure à 0,5 mm, de préférence de l'ordre de 0,2-0,3 mm, et/ou des moyens pour réaliser une lubrification forcée en injectant un lubrifiant à travers au moins une paroi.

Un joint élastique est de préférence interposé entre ledit élément tubulaire en matière réfractaire et le récipient de coulée, afin d'absorber les vibrations provenant de la lingotière et de ne pas endommager l'élément tubulaire.

Différents dispositifs peuvent être placés entre le fond du récipient de coulée et l'extrémité supérieure dudit élément tubulaire en matière réfractaire, sous la

condition essentielle que ces dispositifs constituent un ensemble fermé entre le récipient de coulée et ledit élément tubulaire, et de préférence avec interposition du joint élastique précité entre ledit ensemble fermé et l'élément tubulaire.

En particulier, on peut monter un dispositif à tiroir de fermeture de l'orifice de coulée sous le fond dudit récipient de coulée, et assembler ledit élément tubulaire à ce dispositif de fermeture.

Il est également intéressant de monter, entre le récipient de coulée et ledit élément tubulaire, un dispositif de coulée à jet creux du genre de celui qui est décrit dans le document EP-A-0269180.

De même, ledit élément tubulaire en matière réfractaire peut être équipé de moyens pour provoquer une agitation intense du métal qu'il contient, en particulier des inducteurs destinés à mettre le métal en rotation dans ledit élément tubulaire.

La section dudit élément tubulaire en matière réfractaire a de préférence une forme qui correspond à celle de la lingotière. Elle est avantageusement légèrement plus petite que cette dernière.

D'autres particularités et avantages de la présente invention sont indiqués dans la description détaillée qui va suivre, et qui est illustrée par les dessins annexés, dans lesquels la

Fig. 1 présente le principe du dispositif de coulée de l'invention;

la

Fig. 2 montre une installation de coulée continue verticale faisant application de ce principe.

Ces figures constituent des représentations schématiques, sans échelle particulière, dans lesquelles on n'a reproduit que les éléments nécessaires à la compréhension de l'invention. Des éléments identiques ou analogues sont désignés par les mêmes repères numériques dans toutes les figures.

La Fig. 1 présente le principe du dispositif de coulée de l'invention, qui consiste à réaliser une enceinte fermée depuis le récipient de coulée jusqu'à la lingotière et à établir le ménisque dans une région où le métal reste à l'état liquide.

Le dispositif de coulée de l'invention comprend un panier répartiteur 1 avec, dans le fond, un trou de coulée 2 qui peut être obturé par une quenouille 3. A cet égard, il va de soi que l'on pourrait utiliser tout autre type connu d'organe d'obturation, par exemple un obturateur à tiroir. Un élément tubulaire 4 en matière réfractaire est placé sous le fond du panier répartiteur 1, coaxialement au trou de coulée 2.

A son extrémité inférieure, l'élément tubulaire 4 est assemblé à la lingotière 5, par l'intermédiaire d'un joint en matière réfractaire 6. De façon connue, la lingotière 5 est en cuivre et elle est équipée d'un système de refroidissement, non représenté. De plus, elle est animée d'un mouvement d'oscillation de faible amplitude, appliqué par des moyens non représentés ici; les vibrations sont absorbées par un joint élastique

21 et elles ne sont donc pas transmises au panier répartiteur.

Le joint en matière réfractaire 6 est du type du "break ring" utilisé dans les machines de coulée continue horizontale; il est par exemple réalisé en nitrure de bore.

La lingotière 5 est suivie d'un système de refroidissement secondaire 7, qui ne fait pas partie de la présente invention et qui peut être un système conventionnel composé de rouleaux de support et de gicleurs.

Dans le présent dispositif, l'acier est coulé du panier répartiteur 1 dans l'élément tubulaire 4 en matière réfractaire puis dans la lingotière en cuivre refroidie 5. Le ménisque 8 est situé dans l'élément tubulaire 4 en matière réfractaire, et la position de ce ménisque est contrôlée par un dispositif de régulation du débit de type connu; dans la présente invention, il n'est pas nécessaire que le contrôle de cette position soit réalisé de manière très précise.

La solidification de la surface de l'acier commence à l'entrée de la lingotière, immédiatement après le joint en matière réfractaire 6; elle se poursuit de la manière habituelle dans la lingotière 5 et dans le système de refroidissement secondaire 7, pour former une peau solidifiée 20 d'épaisseur croissante.

Une variation de la position du ménisque 8 pendant la coulée n'a dès lors aucun effet sur l'endroit où commence la solidification de la surface de l'acier et elle n'entraîne donc plus la formation de défauts de surface.

Par ailleurs, la section de la lingotière 5 peut être aussi petite qu'on le désire, par exemple pour la coulée continue de brames minces, puisque le dispositif ne comporte plus de busette immergée. De même, l'élément tubulaire 4 peut avoir une section de petites dimensions, proportionnées à celles de la lingotière. Il suffit que le tronçon d'entrée de l'élément tubulaire 4 puisse recevoir le jet de coulée 9 provenant du panier répartiteur 1. A cet égard, cet élément tubulaire 4 est représenté ici avec une section constante sur toute sa longueur; il va de soi que cette section pourrait varier sur la longueur de l'élément tubulaire 4, de préférence avec au moins un tronçon ayant une section plus petite que la lingotière, pour donner à cet élément le profil d'un entonnoir par exemple.

Dans la pratique conventionnelle, la vitesse de coulée est limitée en particulier par l'instabilité de la position du ménisque 8, qui s'accroît lorsque la vitesse de coulée augmente et qui multiplie ainsi les risques de formation de défauts de surface. Grâce au dispositif de l'invention, ce risque est largement éliminé et la vitesse de coulée peut être sensiblement accrue.

La Fig. 2 illustre une installation particulière de coulée continue qui applique le principe exposé dans la Fig. 1. Cette installation comprend plusieurs dispositifs supplémentaires, connus en soi, qui permettent

notamment de couler l'acier avec une faible surchauffe et d'accélérer le refroidissement du produit coulé. Tous ces dispositifs sont placés en série et ils sont alignés suivant l'axe de l'installation de coulée; dans la représentation de la Fig. 2, cet axe est vertical, mais il pourrait tout aussi bien être courbe, comme c'est le cas dans différents types de machines de coulée continue.

Sous le panier répartiteur 1 est placé un conduit vertical 10, également appelé busette à jet creux, composé d'un tronçon réfractaire 11 et d'un tronçon métallique refroidi 12. Dans le tronçon réfractaire 11 et sous le trou de coulée 2 est disposé un dôme 13 en matière réfractaire définissant un canal périphérique avec la paroi intérieure du tronçon réfractaire 11. Le dôme 13 est équipé d'une canne 14 d'injection de gaz à l'intérieur du tronçon métallique 12. Le tronçon réfractaire 11 est généralement cylindrique, tandis que le tronçon métallique 12 est avantageusement convergent, pour tenir compte d'une certaine contraction due à un début de refroidissement et de solidification, comme on le rappellera plus loin.

Le conduit vertical 10 débouche par son extrémité inférieure dans l'élément tubulaire 4 en matière réfractaire qui a été défini plus haut. Le joint élastique 21 est placé entre le conduit vertical 10 et l'élément tubulaire 4. Cet élément tubulaire 4 est muni d'inducteurs 15, destinés à agiter l'acier présent dans l'élément tubulaire 4.

Par le joint en matière réfractaire 6, l'élément tubulaire 4 se raccorde à la lingotière 5 en cuivre, refroidie à l'eau.

La lingotière est ici équipée d'un système de lubrification forcée, symbolisé par les flèches 16 qui indiquent les canaux d'introduction du lubrifiant. Celui-ci est introduit dans la zone du début de la solidification de l'acier.

On a également représenté un dispositif 17 pour appliquer à la lingotière des vibrations de faible amplitude. Ces vibrations sont absorbées par le joint élastique 21.

Enfin, sous la lingotière 5 est installé un dispositif de refroidissement secondaire 7, comprenant un système 18 de refroidissement intense au moyen d'une couche d'eau sous pression, et un système 19 de refroidissement modéré dans l'eau plus calme du produit coulé. Le volume occupé par l'eau est représenté en pointillé.

Cette installation fonctionne de la manière suivante:

L'acier coulé du panier répartiteur 1 par le trou de coulée tombe sur le dôme réfractaire 13, qui le dévie vers la paroi intérieure du tronçon réfractaire 11 du conduit 10. Par le canal périphérique l'acier s'écoule ensuite en un film mince le long de la paroi intérieure du tronçon 12. Ce film est maintenu le long de la paroi par le gaz sous pression insufflé par la canne 14.

Si l'acier présente initialement une surchauffe fai-

ble, par exemple de l'ordre de 20°C, il peut subir dans le tronçon métallique 12 un début de refroidissement, qui le rend légèrement pâteux.

Cet acier parvient ensuite dans l'élément tubulaire 4 en matière réfractaire, où il ne subit pas de refroidissement sensible. Les inducteurs 15 lui impriment un mouvement de rotation qui réalise un brassage intense de l'acier, le rend très homogène et lui assure une viscosité suffisamment basse.

L'acier pénètre enfin dans la lingotière 5 où, dès le contact avec le joint 6, il commence sa solidification de manière conventionnelle, avec une peau solidifiée 20 d'épaisseur croissante. La solidification se poursuit dans le dispositif de refroidissement secondaire 7: le système 18 assure un refroidissement intense de la peau du produit, et le système 19 de refroidissement modéré empêche un réchauffement trop rapide de la peau après le refroidissement intense. Ce refroidissement secondaire en deux étapes permet de diminuer fortement la formation de criques internes dans le produit coulé.

De plus, l'acier légèrement pâteux se solidifie avec une structure homogène, présentant une ségrégation axiale quasi nulle.

Le procédé de l'invention et son dispositif de mise en oeuvre permettent donc de couler plus rapidement des produits en acier qui présentent un excellent état de surface et une très bonne santé interne.

Revendications

1. Procédé pour la coulée d'un métal en fusion, dans lequel on coule le métal en fusion dans une lingotière (5) où il se solidifie, caractérisé en ce que l'on établit le niveau supérieur, ou ménisque, (8) dudit métal en fusion dans une région située en amont du point où commence la solidification dudit métal dans la lingotière (5).
2. Dispositif pour la coulée continue d'un métal en fusion suivant le procédé de la revendication 1, qui comprend un récipient de coulée (1) pourvu d'un orifice de coulée (2) et une lingotière sans fond (5) placée sous ledit orifice de coulée (2), caractérisé en ce qu'il comporte un élément tubulaire (4) en matière réfractaire disposé entre ledit récipient de coulée (1) et la lingotière (5), en alignement avec celle-ci, en ce que ledit élément tubulaire (4) en matière réfractaire est rigidement fixé, par son extrémité inférieure, à la partie supérieure de la lingotière (5), et en ce que ledit élément tubulaire (4) en matière réfractaire est relié par son extrémité supérieure audit récipient de coulée (1).
3. Dispositif suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'un joint élastique (21) est interposé entre

le récipient de coulée (1) et l'élément tubulaire (4) en matière réfractaire.

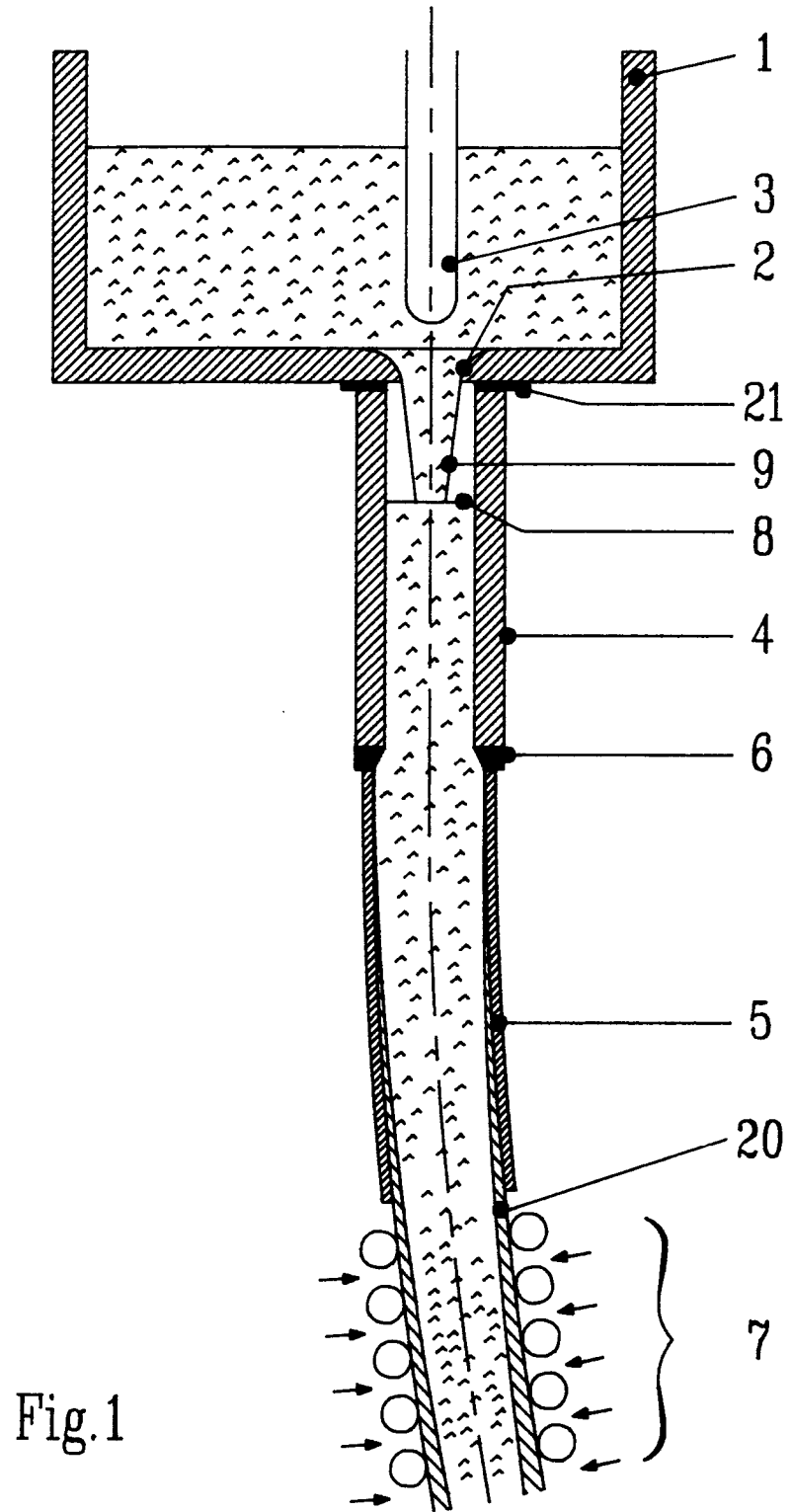
4. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 2 et 3, caractérisé en ce qu'un joint en matière réfractaire (6) est interposé entre ledit élément tubulaire (4) en matière réfractaire et la lingotière (5). 5
5. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ledit élément tubulaire (4) est équipé de moyens pour provoquer une agitation du métal qu'il contient. 10
6. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que ledit élément tubulaire (4) présente, dans au moins un tronçon de sa longueur, une section plus petite que celle de la lingotière (5). 15
7. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que l'ensemble comprenant le récipient de coulée (1), l'élément tubulaire (4) et la lingotière (5) forme un conduit fermé par rapport à l'atmosphère. 20 25
8. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte une busette à jet creux (10) avec un dôme réfractaire (13) disposée entre le récipient de coulée (1) et l'élément tubulaire (4) en matière réfractaire. 30
9. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de refroidissement secondaire (7) comprenant un système de refroidissement intense (18) et un système de refroidissement modéré (19), placé immédiatement après la lingotière (5). 35

40

45

50

55



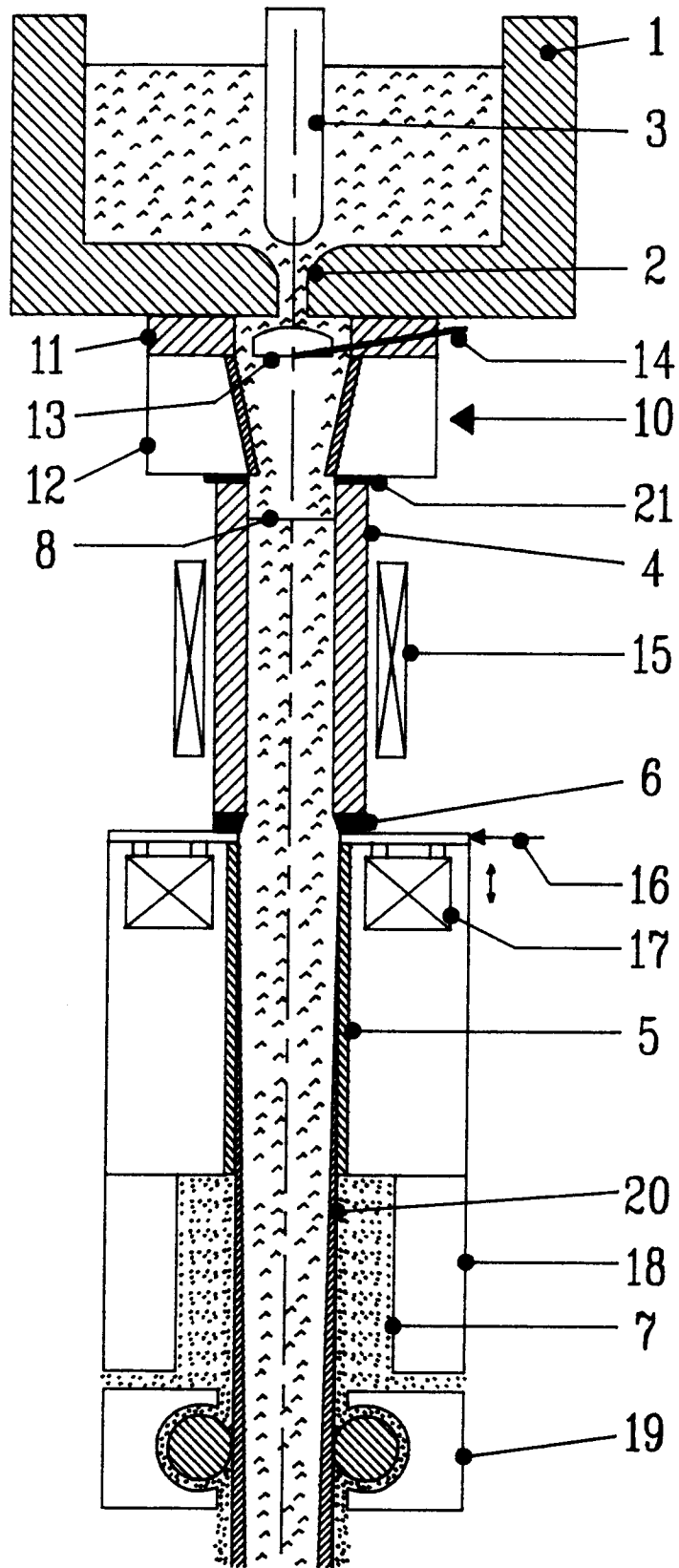


Fig. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 87 0117

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A, D	EP-A-0 269 180 (CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES)		B22D11/10 B22D11/04
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 310 (M-850)(3658) 14 Juillet 1992 & JP-A-62 129 848 (KOBE STEEL) 18 Avril 1989 * abrégé *		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 155 (M-485)(2211) 4 Juin 1986 & JP-A-61 009 949 (SHIN NIPPON SEITETSU K. K) 17 Janvier 1986 * abrégé *		
A	BE-A-519 819 (P GOSS)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B22D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 22 SEPTEMBRE 1992	Examineur COULOMB J. C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 (11.82) (P0402)