

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 83400746.0

51 Int. Cl.³: **B 22 D 7/04**

22 Date de dépôt: 15.04.83

30 Priorité: 15.04.82 FR 8206475
23.03.83 FR 8304718

71 Demandeur: **CREUSOT-LOIRE, 42 rue d'Anjou,
F-75008 Paris (FR)**

43 Date de publication de la demande: 26.10.83
Bulletin 83/43

72 Inventeur: **Dor, Philippe, 20 résidence des Bords du Lac
Torcy, F-71210 Montchanin (FR)**
Inventeur: **Martin, Daniel, Le Vieux Port,
F-71210 Montchanin (FR)**
Inventeur: **Saint-Ignan, Jean-Claude, 101 rue du Creusot
Le Bourg, F-71670 Le Breuil (FR)**

84 Etats contractants désignés: **AT BE DE FR GB IT**

74 Mandataire: **Leroy, Pierre et al, CREUSOT-LOIRE 15 rue
Pasquier, F-75383 Paris Cedex 08 (FR)**

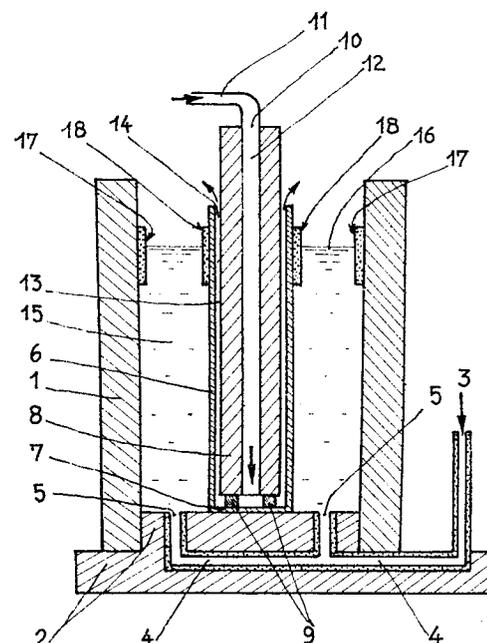
54 **Procédé et dispositif de fabrication d'un lingot d'acier creux.**

57 La présente invention concerne la fabrication de lingots creux en acier.

Elle a d'abord pour objet un procédé de fabrication d'un lingot (15) d'acier creux, utilisant une lingotière (1) posée sur une base (2) de coulée en source comportant un noyau cylindrique vertical (6) (7) (8) (9), entièrement métallique, placé au centre de la lingotière, et caractérisé à la fois en ce que ce noyau est parcouru par un courant refroidissant constitué par un gaz ou par un brouillard, et en ce que des conditions spécifiques de coulée en source sont respectées.

L'invention a aussi pour objet un dispositif de mise en oeuvre du précédent procédé, dans lequel l'épaisseur de la chemise (6) du noyau est comprise entre 4 et 20 millimètres.

L'invention s'applique spécialement bien à la coulée de gros lingots creux utilisés ensuite comme ébauches pour forger des pièces cylindriques creuses de grande taille.



Procédé et dispositif de fabrication d'un lingot d'acier creux

La présente invention concerne la fabrication de lingots creux en acier, et est spécialement intéressante pour couler de gros lingots creux utilisés ensuite comme ébauches pour forger des pièces creuses de grande taille.

5 La technique traditionnelle pour réaliser des pièces forgées creuses, telles que des viroles, des tubes, des récipients destinés à être mis sous pression, etc..., consiste à faire subir à un lingot classique, donc plein, les opérations successives suivantes : bloomage, écrasement, perçage, étirage sur mandrin, bigornage.

10 On a parfois pensé à utiliser des lingots creux, mais cette technique s'est très peu développée, jusqu'à présent. Pourtant, elle présente d'importants avantages sur la technique traditionnelle :

1 - Les opérations de forgeage se trouvent simplifiées, car le bloomage, l'écrasement et le perçage deviennent inutiles et sont supprimés;

15 2 - La mise au mille, c'est à dire le rapport entre le poids en kilogrammes du lingot de forge constituant l'ébauche de forgeage et le poids en tonnes de la pièce finie après forgeage, se trouve notablement réduite ;

20 3 - Le taux de ségrégation du carbone et des impuretés est diminué grâce à une durée de solidification du lingot creux beaucoup plus courte que celle d'un lingot classique plein ;

25 4 - Si l'évacuation de la chaleur par le centre creux du lingot est satisfaisante, la ségrégation résiduelle du carbone et des impuretés se localise au voisinage de la mi-épaisseur du lingot creux, puis du produit fini, de telle sorte que la surface intérieure de ce dernier est exempte de toute ségrégation. C'est là un avantage important, car cette surface est celle qui est la plus sollicitée en service et elle doit, par conséquent, présenter partout une analyse homogène du métal de base. C'est ainsi par exemple, qu'elle est souvent recouverte d'acier inoxydable, dans le cas de
30 soudures de cuves nucléaires, ou de pièces creuses utilisées en pétrochimie.

Malgré ces multiples avantages du forgeage d'une pièce creuse à partir d'un lingot creux, cette technique s'est très peu développée, essentiellement à cause de la grande difficulté de réaliser un lingot creux.
35 Ceci nécessite en effet de placer dans la lingotière un noyau, et de nombreux problèmes relatifs à ce noyau apparaissent, parmi lesquels il faut

citer :

- a) Les difficultés pour obtenir une bonne tenue du noyau.
- b) Les difficultés de démoulage du noyau.
- c) Les difficultés pour évacuer les calories communiquées au
5 noyau pendant la coulée et la solidification du lingot.

Plusieurs solutions ont bien été proposées, parmi lesquelles on peut citer par exemple celle qui est décrite dans le brevet n°79-09210 (ou 2.422.459), et qui consiste à utiliser un noyau réfractaire cylindrique pris en sandwich entre deux tubes métalliques, l'ensemble se trouvant re-
10 froidi intérieurement par un courant gazeux. Dans celle qui vient d'être mentionnée, le noyau réfractaire cylindrique s'oppose à l'évacuation rapide de la chaleur par le courant gazeux, ce qui est défavorable.

Le but de la présente invention est de pouvoir réaliser un lingot creux assurant une évacuation énergique de la chaleur par le noyau pendant
15 la solidification du lingot, et évitant les inconvénients mentionnés ci-dessus en a) et b).

A cet effet, la présente invention a d'abord pour objet un procédé de fabrication d'un lingot d'acier creux, utilisant de façon traditionnelle une lingotière posée sur une base de coulée en source, alimentée par
20 au moins une sortie de source, et comportant en outre, au centre de la lingotière, la pose d'un noyau cylindrique vertical, entièrement métallique, ce procédé étant caractérisé à la fois en ce que ce noyau, comportant une chemise cylindrique extérieure en tôle et un mandrin intérieur creux, séparés l'un de l'autre par un intervalle régulier, est parcouru en permanence
25 par un courant refroidissant constitué par un gaz, ou par un brouillard, ou par le mélange d'un gaz et d'un brouillard, descendant selon l'axe du mandrin creux et remontant le long de la chemise dans ledit intervalle régulier, en ce que la température de l'acier mesurée en poche juste avant sa coulée en lingotière est au plus égale à 1590°C, en ce que la vitesse d'alimentation de la lingotière en acier liquide, à chaque sortie de source, est
30 au plus égale à 20 (vingt) centimètres par seconde, en ce que la vitesse ascensionnelle de l'acier en lingotière est au plus égale à 14 (quatorze) centimètres par minute, et en ce que le mandrin peut être retiré intact après la solidification du lingot, tandis que la chemise reste adhérente au
35 lingot, et non soudée à ce dernier, sans risque de percée de la chemise, et sans risque de formation de criques nocives dans le lingot.

La température optimale de coulée de l'acier est choisie en fonction du liquidus de la nuance d'acier à couler. D'un autre côté,

les vitesses de sortie de source et de montée de l'acier en lingotière sont choisies en tenant compte de la géométrie de l'ensemble formé par la lingotière et par le noyau.

Comme courant refroidissant du noyau, l'invention exclut l'emploi
5 de tout liquide, mais non pas celui de gouttelettes constituant un brouillard ou une suspension dans un gaz.

L'élément refroidissant du noyau est choisi de préférence, mais non obligatoirement, parmi les corps suivants : air ordinaire, gaz carbonique, vapeur d'eau, brouillard d'eau.

10 L'invention présente une possibilité de moduler le débit et la nature de l'élément refroidissant, en vue de réaliser un refroidissement variable, plus ou moins énergique, qui soit optimal à chaque instant de la solidification du lingot, par exemple décroissant au cours de la solidification du lingot suivant une loi de variation bien précise pour chaque type
15 de lingot. L'invention donne ainsi une maîtrise complète de la position, dans l'épaisseur du lingot, du front de fin de solidification.

En pratique, le noyau est placé dans la lingotière avant d'introduire le métal en fusion, et celui-ci est ensuite coulé de bas en haut entre le noyau et la lingotière.

20 Le procédé selon l'invention peut également s'appliquer sous vide, en cas de besoin.

L'invention a aussi pour objet un dispositif de fabrication d'un lingot d'acier creux, appliquant le procédé mentionné ci-dessus, comportant de façon traditionnelle une lingotière posée sur une base de coulée en source,
25 ce, alimentée par au moins une sortie de source, et comportant en outre un noyau cylindrique vertical disposé au centre de la lingotière, ce dispositif étant caractérisé en ce que le noyau cylindrique vertical est constitué : d'une chemise cylindrique en tôle, consommable, d'une épaisseur comprise entre 4 et 20 millimètres, fermée à sa partie inférieure par un fond métallique reposant sur la base, et d'un mandrin métallique creux réutilisable,
30 introduit au centre de ladite chemise, ménageant avec elle un intervalle régulier, et reposant sur ledit fond métallique par l'intermédiaire de cales laissant entre elles des passages libres ; et en ce que ledit noyau est parcouru par un courant refroidissant de gaz ou de brouillard descendant au
35 centre du mandrin, passant entre lesdites cales et remontant dans l'intervalle ménagé entre le mandrin et la chemise cylindrique.

Suivant une caractéristique préférentielle de l'invention, l'épaisseur de la chemise cylindrique en tôle est comprise entre 5 et 12 mil-

limètres.

Le précédent dispositif selon l'invention peut comporter des plaquettes exothermiques ou isolantes formant masselottes, disposées au niveau supérieur du métal liquide, et adossées d'une part à la paroi interne de la 5 lingotière, et d'autre part à la chemise cylindrique du noyau.

L'un des principaux avantages du procédé et du dispositif selon l'invention est constitué par l'importante évacuation de chaleur à travers le noyau, pendant toute la solidification du lingot, du fait que la chemise cylindrique du noyau n'est qu'une tôle métallique, bonne conductrice de la 10 chaleur, dont la face interne est directement en contact avec le courant refroidissant, et que le noyau ne comporte aucune partie réfractaire, donc aucune partie isolante s'opposant au transfert de chaleur.

Ce transfert de la chaleur à travers le noyau est d'ailleurs complexe : d'une part, la chemise cylindrique rougit et rayonne sur le mandrin 15 refroidi, et d'autre part les calories échauffant le mandrin et la chemise sont évacuées, par conductibilité et par convection, par le courant refroidissant. Il est d'ailleurs important, et caractéristique de l'invention, que le mandrin soit efficacement refroidi par son alésage, qui est parcouru par le courant refroidissant dès l'entrée de celui-ci dans le noyau.

20 Un autre avantage notable de l'invention est sa flexibilité et sa rapidité de réponse. En effet, grâce à la faible épaisseur de la chemise cylindrique, il est possible de faire varier rapidement la vitesse d'évacuation de la chaleur par le noyau en jouant soit sur le débit du courant refroidissant, soit sur sa nature, par exemple en ajoutant un brouillard 25 d'eau à un courant d'air comprimé préexistant. D'une part en effet, il faut refroidir énergiquement l'intérieur du lingot pour éloigner de sa surface interne la zone de fin de solidification qui contient les ségrégations. Mais d'autre part, il faut néanmoins éviter de solidifier trop vite, de "geler", la peau de la paroi interne du lingot, sous peine de courir des 30 risques de tapures, qui sont des fissures de grande longueur dues à un choc thermique de grande amplitude. La modulation de la vitesse de refroidissement pour le noyau, grâce à l'invention, permet de réaliser un programme de refroidissement du lingot selon sa nature et selon ses dimensions, assurant un refroidissement optimal à chaque instant de la solidification du 35 lingot.

C'est ainsi que, dans les cas où le noyau doit être de diamètre faible par rapport aux dimensions du lingot, il est recommandé d'utiliser plutôt un brouillard qu'un gaz, au moins pendant une bonne partie du début

de la solidification du lingot, car l'effet refroidissant d'un brouillard est plus marqué que celui d'une même masse de gaz.

Un autre avantage du procédé selon l'invention est que les conditions de coulée sont telles que la chemise cylindrique en tôle n'encourt
5 aucun risque de percée.

Un avantage du dispositif selon l'invention est que, si la chemise en tôle est à renouveler à chaque coulée, le mandrin central, massif et bien refroidi sur ses deux faces, interne et externe, est réutilisable un certain nombre de fois.

10 Un autre avantage du dispositif selon l'invention est que, en fin de solidification, alors que la chemise de tôle reste adhérente au lingot solidifié, le mandrin central peut être extrait sans aucune difficulté, puisqu'un intervalle libre régulier le sépare de la chemise sur toute sa hauteur.

15 Enfin, un avantage du refroidissement par gaz ou par brouillard est qu'il ne présente aucun risque d'explosion, contrairement au refroidissement par eau.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire ci-après, à titre d'exemple non limitatif un mode de réalisation du procédé
20 et du dispositif selon l'invention.

Il s'agit de la coulée en source d'un lingot de forge polygonal creux, à 24 pans, pesant 86 tonnes, de diamètre moyen égal à 2500 millimètres, et de hauteur totale égale à 2960 millimètres, dont 400 mm de masselotte.

25 La composition de l'acier est la suivante :

C = 0,16 % ; Si = 0,25 % ; Mn = 1,35 % ; Ni = 0,70 % ; Cr = 0,17 % ; Mo = 0,50 % ; le restant étant constitué par du Fer, avec quelques éléments résiduels.

30 La figure unique 1 représente une coupe verticale, par l'axe de l'ensemble du dispositif et du lingot.

La lingotière 1 est posée sur la base de source 2, à travers laquelle va arriver le métal liquide en provenance de la mère de coulée 3 non représentée, par un canal 4 et deux orifices tels que 5, de 180 millimètres de diamètre.

35 La lingotière 1 est en fonte ; elle présente une conicité d'environ 40 mm par mètre par rapport à l'axe vertical, et sa grande section est située en haut.

Au milieu de la base 2, on pose la chemise 6 en tôle d'acier doux

de 10 mm d'épaisseur et de 1080 mm de diamètre intérieur, munie à sa partie inférieure d'un fond métallique 7 de même épaisseur, par lequel elle repose au milieu de la base 2.

Le mandrin creux 8 a un diamètre extérieur de 980 mm et un diamètre intérieur de 360 mm. Il est sensiblement plus haut que la chemise 6. Il en est distant de 50 mm. Il est réalisé en acier doux. Il repose sur des cales telles que 9, elles-mêmes posées sur le fond 7 de la chemise 6, et laissant entre elles des espaces libres, non visibles sur la figure. Le mandrin 8 doit être bien centré par rapport à la chemise 6, de façon que l'intervalle de 5,0 mm soit respecté tout autour du mandrin.

Par l'orifice supérieur 10 du mandrin 8, une canalisation 11 introduit de l'air comprimé, avec ou sans brouillard d'eau. Cet air comprimé de refroidissement parcourt tout l'intérieur 12 du mandrin 8, passe entre les cales telles que 9, et remonte dans l'intervalle 13 existant entre la chemise 6 et le mandrin 8, pour sortir à l'air libre annulairement en 14.

Le débit d'air comprimé introduit en 10 est normalement de 125 Nm³/min. Ce débit d'air est ici maintenu constant pendant toute la durée de la solidification du lingot, car ce réglage a été déterminé pour que la fin de solidification se situe à mi-épaisseur du lingot creux. Si l'on veut modifier la position du front de fin de solidification, il suffit de moduler le débit d'air de refroidissement, ou encore d'ajouter à l'air un peu de vapeur d'eau ou de brouillard d'eau.

Au niveau supérieur 16 du lingot 15 sont disposées des plaquettes exothermiques 17, 18, les unes 17, se trouvant adossées à la paroi interne de la lingotière 1, les autres 18, se trouvant adossées à la chemise 6 du noyau. Ces plaquettes exothermiques 17, 18 forment une masselotte pour la tête du lingot 15. La partie immergée dans l'acier des plaquettes exothermiques 17, 18 présente une hauteur de 400 millimètres.

Les conditions de coulée en source dans le présent exemple sont les suivantes :

La température de l'acier en poche juste avant la coulée dans la mère de coulée est de 1580° C.

La vitesse de sortie de l'acier liquide à travers les deux sorties de source 5, à l'entrée dans la lingotière 1, est de 11 centimètres par seconde environ.

La vitesse ascensionnelle de l'acier en lingotière se maintient autour de 9 centimètres par minute.

La durée de la coulée en source de ce lingot de 86 tonnes est lé-

gèrement supérieure à 35 minutes.

Avec de telles conditions de coulée en source, dans le dispositif qui vient d'être décrit, on évite la percée de la chemise 6, tout en échappant d'autre part à toute formation de criques nocives dans le lingot.

5 Enfin, l'on est entièrement maître de la position, dans l'épaisseur du lingot, du front de fin de solidification, grâce à un réglage approprié, pour chaque type de lingot, des variations de débit et de la nature du gaz ou du brouillard de refroidissement du noyau, en fonction de l'évolution de la solidification du lingot.

10 Il est bien entendu que l'on peut, sans sortir du cadre de l'invention, imaginer des variantes et perfectionnements de détails, de même qu'envisager l'emploi de moyens équivalents.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un lingot (15) d'acier creux, utilisant de façon traditionnelle une lingotière (1) posée sur une base (2) de coulée en source, alimentée par au moins une sortie de source (5), et comportant en outre, au centre de la lingotière (1), la pose d'un noyau cylindrique vertical, entièrement métallique, ce procédé étant caractérisé à la fois en ce que ce noyau, comportant une chemise cylindrique extérieure (6) en tôle et un mandrin intérieur creux (8), séparés l'un de l'autre par un intervalle régulier (13), est parcouru en permanence par un courant refroidissant constitué par un gaz, ou par un brouillard, ou par le mélange d'un gaz et d'un brouillard, descendant selon l'axe du mandrin creux (8) et remontant le long de la chemise (6) dans ledit intervalle régulier (13), en ce que la température de l'acier mesurée en poche juste avant sa coulée en lingotière est au plus égale à 1590°C, en ce que la vitesse d'alimentation de la lingotière (1) en acier liquide, à chaque sortie de source (5), est au plus égale à 20 (vingt) centimètres par seconde, en ce que la vitesse ascensionnelle de l'acier en lingotière est au plus égale à 14 (quatorze) centimètres par minute, et en ce que le mandrin (8) peut être retiré intact après la solidification du lingot (15) tandis que la chemise (6) reste adhérente au lingot (15), et non soudée à ce dernier.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément refroidissant du noyau est choisi parmi les corps suivants : air ordinaire, gaz carbonique, vapeur d'eau, brouillard d'eau.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le débit et la nature du courant refroidissant du noyau sont modulés de façon que l'effet refroidissant soit optimal à chaque instant de la solidification du lingot.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, utilisant la coulée en source, caractérisé en ce que le noyau (6), (7), (8), (9) est disposé dans la lingotière avant d'introduire le métal en fusion, et que celui-ci est ensuite coulé de bas en haut entre le noyau et la lingotière (1).

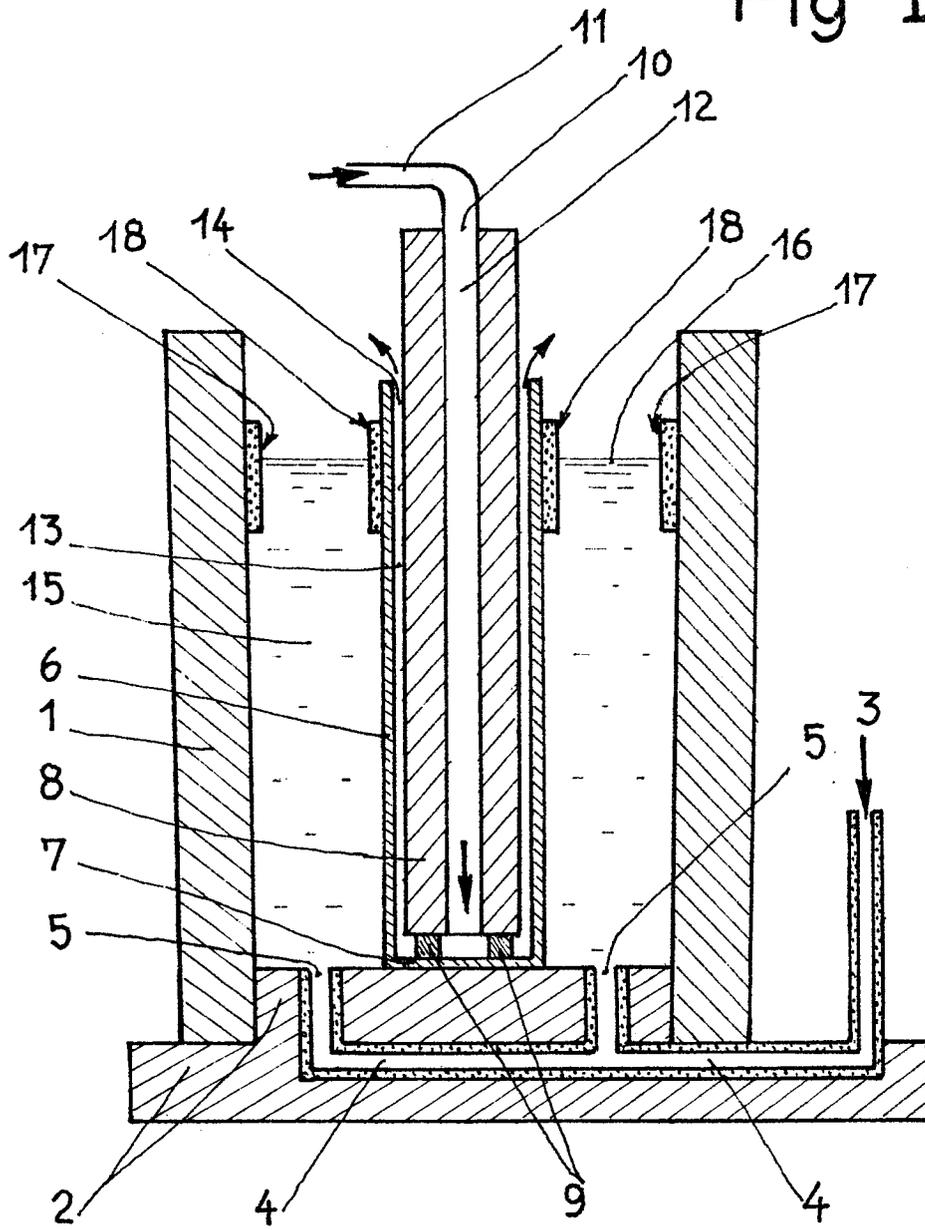
5. Dispositif de fabrication d'un lingot d'acier creux, appliquant l'un quelconque des procédés selon les revendications 1 à 4, comportant une lingotière (1) posée sur une base (2) de coulée en source, alimentée par au moins une sortie de source (5), et comportant en outre un

noyau cylindrique vertical disposé au centre de la lingotière, ce dispositif étant caractérisé en ce que le noyau cylindrique vertical est constitué : d'une chemise cylindrique (6) en tôle, consommable, d'une épaisseur comprise entre 4 et 20 millimètres, fermée à sa partie inférieure par un fond
5 métallique (7) reposant sur la base (2) ; et d'un mandrin métallique creux, réutilisable (8), introduit au centre de ladite chemise (6), ménageant avec elle un intervalle régulier (13), et reposant sur ledit fond métallique (7) par l'intermédiaire de cales (9) laissant entre elles des passages libres ;
10 et en ce que ledit noyau est parcouru par un courant refroidissant de gaz ou de brouillard descendant au centre du mandrin (8), passant entre lesdites cales (9) et remontant dans l'intervalle (13) ménagé entre le mandrin (8) et la chemise cylindrique (6).

6. Dispositif selon la revendication 5,
caractérisé en ce que l'épaisseur de la chemise cylindrique (6) est compri-
15 se entre 5 et 12 millimètres.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 et 6,
caractérisé en ce que des plaquettes (17) (18) exothermiques ou isolantes for-
mant masselottes, sont disposées au niveau supérieur (16) du métal liquide,
et adossées d'une part (17) à la paroi interne de la lingotière (1) et
20 d'autre part (18) à la chemise cylindrique (6) du noyau.

Fig 1





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. 3)
Y	DE-C- 571 778 (OSNABRÜCKER KUPFER- UND DRAHTWERK) * Figure 2; page 2, lignes 114-122 *	1-5	B 22 D 7/04
Y,D	FR-A-2 422 459 (KAWASAKI STEEL CORP.) * Page 4, ligne 25 - page 6; page 9; page 15, lignes 10-30; figure 1 *	1-5	
Y	DE-A-1 944 149 (KOCKS) * Page 10, lignes 11-23 *	1-5	
Y	DE-A-2 007 196 (AIKOH) * Figure 2; page 7, ligne 14 - page 8, ligne 15 *	7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
			B 22 C B 22 D
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 18-07-1983	Examineur STEIN K.K.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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		& : membre de la même famille, document correspondant	