(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 723 520 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
20.05.2015 Bulletin 2015/21

(21) Numéro de dépôt: **11740698.3**

(22) Date de dépôt: **23.06.2011**

(51) Int Cl.:
B22D 11/08 *(2006.01)* ***B22D 11/04*** *(2006.01)*
B22D 11/00 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2011/051453

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2012/175822 (27.12.2012 Gazette 2012/52)

(54) PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR LA COULÉE CONTINUE D'UNE ÉBAUCHE DE PROFILÉ

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM STRANGGIESSEN EINES PROFILTEILROHLINGS

METHOD AND DEVICE FOR CONTINUOUSLY CASTING A PROFILE MEMBER BLANK

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Date de publication de la demande:
30.04.2014 Bulletin 2014/18

(73) Titulaire: **Arcelormittal Investigacion y Desarrollo, S.L.**
48910 Bizkaia (ES)

(72) Inventeurs:
- **JOLIVET, Jean-Marc**
  F-57310 Rurange-les-Thionville (FR)
- **BEAUVAIS, Martin**
  F-57535 Marange Silvange (FR)
- **HEMMER, Christophe**
  F-57070 Metz (FR)
- **GAUGUE, Michel**
  F-57780 Rosselange (FR)

(74) Mandataire: **Blot, Philippe Robert Emile**
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75009 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 685 916
JP-A- 11 077 246
JP-A- 60 040 647
JP-A- 2000 317 582
US-A- 4 565 236
US-B2- 7 159 642

- **HOEDL H ET AL: "LA COULEE CONTINUE D'EBAUCHES DE PROFILES AVEC VAI. BASES TECHNOLOGIQUES ET EXEMPLES DE REALISATIONS//VAI BEAM-BLANK CASTING TECHNOLOGY. FUNDAMENTALS AND EXAMPLES OF PLANT INSTALLATIONS", REVUE DE METALLURGIE - CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, vol. 99, no. 11, 1 novembre 2002 (2002-11-01), pages 981-989, XP001143235, ISSN: 0035-1563, DOI: 10.1051/METAL:2002110**
- **DZIERZAWSKI J T: "CONTINUOUS CASTING OF BEAM BLANKS", AISE STEEL TECHNOLOGY, AISE, PITTSBURG, PA, US, vol. 76, no. 9, 1 septembre 1999 (1999-09-01), pages 36-41, XP000875980, ISSN: 0021-1559**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 723 520 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention est relative à la coulée en continue d'une ébauche d'un profilé métallique dont la section transversale comporte au moins une portion de concavité orientée vers l'extérieur du profilé, et en particulier d'un profilé en acier de section en H notamment, présentant une section transversale de petite dimension localement.

[0002] De façon classique, les profilés en acier de section en H, en U, en L, en I ou en T, sont fabriqués à partir de demi-produits de section carrée ou rectangulaire qui sont laminés à chaud dans des trains de laminoir adaptés. Ce laminage comprend en général un certain nombre de passes de dégrossissage qui permettent d'obtenir des ébauches, lesquelles subissent alors une pluralité de passes de finition destinées à donner la forme finale au profilé. Ce procédé de fabrication a l'inconvénient de nécessiter un nombre important de passes de laminage coûteuses et consommatrices d'énergie.

[0003] Afin de réduire le coût de production de ces profilés et la consommation d'énergie correspondante, il a été proposé de fabriquer directement par coulée continue des ébauches de profilés dont la section a une forme proche de la forme finale souhaitée. L'utilisation de telles ébauches a l'avantage d'éviter d'avoir à réaliser des passes de laminage de dégrossissage et de réduire ainsi à la fois le nombre de passes de laminage et l'énergie de réchauffage qui est nécessaire lorsqu'on part d'un demi-produit telle qu'une billette de section carrée. A titre d'exemple, la fabrication d'un profilé du type IPE100 ayant une section de 100/50/5mm, nécessite six passes d'ébauchage et dix passes de finition. S'il était possible de fabriquer par coulée continue directement une ébauche de section en forme généralement en I de dimension 110/70/12mm (ayant un poids métrique de 25kg/m), il serait possible de fabriquer l'IPE100 par un laminage comprenant simplement six passes de finition.

[0004] Le procédé de fabrication directe par coulée continue d'ébauche de profilé a été mis en oeuvre pour fabriquer des profilés de dimension relativement importante, les ébauches ayant des dimensions minimales d'environ 300/700/50mm, ce qui correspond à un poids linéique de 500 kg/m.

[0005] La réalisation de profilés ayant des dimensions plus faibles rencontre des difficultés pendant les périodes transitoires qui correspondent, par exemple, aux changements de poche lors de la coulée en séquence de poches successives ou à des périodes de gestion d'incidents de coulée.

[0006] En général, pendant de telles périodes, il est nécessaire de ralentir considérablement voire d'arrêter la coulée pendant un temps suffisant. Lorsque les profilés sont de dimension importante, cela est possible sans difficultés. En revanche, lorsque les profilés sont de plus petite dimension et notamment lorsqu'ils ont un poids linéique inférieur à 500 kg/m, on constate d'importantes difficultés au redémarrage telles que des coincements.

[0007] Ces difficultés existent également au démarrage de la coulée qui est une phase transitoire particulière.

[0008] Par ailleurs, la coulée de produits de petites dimensions présente des difficultés pour introduire dans la lingotière de coulée continue du métal liquide avec des conditions d'écoulement permettant d'obtenir une bonne qualité de surface des ébauches.

[0009] Pour résoudre le problème de l'écoulement du métal liquide, on a proposé, notamment dans la demande de brevet WO 2006/108874, d'utiliser un procédé de coulée continue, dit coulée continue en charge. Dans ce procédé, on utilise un corps de lingotière métallique refroidi ayant une section correspondant à la section de l'ébauche de profilé que l'on veut obtenir, surmonté d'un anneau de liaison ayant une ouverture correspondant à la forme de l'ouverture du canal de coulée de la lingotière, sur lequel est disposé une rehausse en matériau réfractaire ayant une forme adaptée pour constituer un entonnoir. Cette disposition permet d'introduire le métal liquide dans la lingotière avec un écoulement peu turbulent. La lingotière peut être par exemple celle qui est décrite dans la demande de brevet WO 2006/108872.

[0010] On a essayé d'utiliser le procédé qui vient d'être décrit pour fabriquer des ébauches de profilé ayant un poids linéique de l'ordre de 25kg/m. Pour cela, avant la coulée, on a disposé dans le corps de la lingotière, une tête de mannequin comme cela se fait classiquement en coulée continue, puis on a versé le métal liquide dans la lingotière et on a commencé à déplacer le mannequin vers le bas pour extraire le produit coulé. Ces essais ont montré que le procédé ne permettait pas d'effectuer un démarrage de la coulée dans des conditions satisfaisantes. En effet, lorsque l'accélération est trop grande, on observe des ruptures du produit coulé peu de temps après le démarrage de la coulée, ce qui ne permet pas de couler le produit. Lorsque l'accélération au démarrage est trop faible, on observe un blocage de l'ébauche dans la lingotière qui oblige à arrêter la coulée. Il n'a donc pas été possible d'obtenir des ébauches de profilé de petites dimensions par coulée continue directe.

[0011] Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un moyen pour réaliser la coulée continue d'ébauche de profilé ayant une section de forme proche de la section finale souhaitée, ayant des dimensions faibles correspondant à des poids linéiques sensiblement inférieurs à 500kg/m linéaire pouvant même être de l'ordre d'une vingtaine de kilos par mètre linéaire, sans conduire à des incidents de coulée ou à des détériorations de matériel.

[0012] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de coulée continue d'une ébauche d'un profilé métallique dont la section transversale comporte au moins une portion dont la concavité est orientée vers l'extérieur du profilé, selon lequel on coule un métal liquide dans une lingotière de coulée continue comprenant un corps de lingotière refroidi, le

corps de lingotière définissant un canal de coulée de section transversale correspondant à la section transversale de l'ébauche, la section transversale du canal de coulée comprenant au moins deux portions adjacentes reliées par une portion concave dont la concavité est orientée vers l'extérieur du canal de coulée, le canal de coulée de la lingotière ayant une conicité C, une longueur L_C, une épaisseur transversale minimale E_{min}, l'âme de l'ébauche ayant un temps de solidification t_s. Selon ce procédé, dès que l'amorçage est réalisé, on maintient la vitesse d'extraction au-dessus d'une vitesse d'extraction minimale Vmin égale à : $Vmin = (L_C/t_s) \times A/(A + L_cCE_{min})$.

[0013] Pour assurer le démarrage, avant de couler du métal liquide, on dispose dans la lingotière une tête de mannequin comportant une embase et une lame de séparation réfractaire solidaire de l'embase et adaptée pour obstruer une desdites portions adjacentes de la section transversale du canal de coulée sur au moins une partie de la longueur du canal de coulée du corps de lingotière s'étendant depuis l'embase vers l'intérieur du canal de coulée du corps de lingotière, puis on commence à couler le métal liquide et on met en mouvement la tête de mannequin en direction de l'extérieur de la lingotière.

[0014] La lingotière de coulée peut, en outre, comprendre un anneau de liaison et une rehausse réfractaire. La lame de séparation réfractaire est alors adaptée pour s'étendre au moins jusqu'à la jonction entre la rehausse et l'anneau de liaison.

[0015] Le profilé peut comprendre une âme reliée à au moins une aile et la portion de la section transversale du canal de coulée obstruée par la lame de séparation réfractaire est la portion de la section transversale du canal de coulée correspondant à l'âme du profilé.

[0016] Le profilé est par exemple un profilé en H, en U, en I, en L ou en T, de masse linéique inférieure à 500 kg/m.

[0017] Lors de la mise en mouvement de la tête de mannequin, on fait passer la vitesse de la tête de mannequin de 0 m/s à une vitesse de démarrage Vd supérieure à la vitesse d'extraction minimale Vmin, en un temps d'amorçage Ta compris par exemple entre 0,5 s et 1,5 s, on maintient la vitesse de démarrage pendant un temps de démarrage Td compris, de préférence, entre 5 s et 20 s, et on amène progressivement la vitesse de la tête de mannequin à une vitesse de coulée Vc comprise, de préférence, entre 4 m/min et 12 m/min.

[0018] Le métal liquide est par exemple de l'acier. Dans ce cas, la température du métal liquide est ajustée pour que la surchauffe dans la rehausse soit comprise de préférence entre 10 °C et 60 °C.

[0019] L'invention a également pour objet une tête de mannequin pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, comprenant une embase de forme adaptée pour coulisser en l'obstruant dans le canal de coulée d'un moule de coulée continue d'une ébauche d'un profilé dont la section transversale comprend au moins deux portions adjacentes reliées par une portion concave dont la concavité est orientée vers l'extérieur de l'ébauche, au moins un moyen d'amarrage du métal solidifié et au moins un moyen d'étanchéité de l'embase un . La tête de mannequin, comprend, en outre, une lame de séparation réfractaire s'étendant au-dessus de la face supérieure de l'embase, la section transversale du séparateur étant adaptée pour obstruer une desdites portions de la section transversale du canal de coulée en laissant libre la ou les autres portions.

[0020] De préférence, la lame de séparation comprend une plaque métallique de forme généralement rectangulaire et un enrobage en matériau réfractaire souple.

[0021] De préférence, la plaque métallique comporte une pluralité de trous et l'enrobage est par exemple constitué d'une chaussette en mousse en fibres réfractaire enfilée sur la plaque métallique et cousue à l'aide de fils en métal réfractaire.

[0022] L'enrobage en matériau réfractaire peut également être constitué d'une tresse en fibres réfractaires, enroulée autour de la plaque métallique.

[0023] De préférence, la plaque métallique du séparateur est solidaire de la plaque de serrage du joint réfractaire.

[0024] De préférence, la plaque de serrage du joint réfractaire comprend au moins un trou et un moyen d'amarrage du métal solide qui est un goujon de fixation de la plaque de serrage comprenant une tête pour l'amarrage du métal coulé et une tige comportant un filetage s'étendant à travers le trou de la plaque de serrage et vissée dans un trou fileté de l'embase.

[0025] L'embase et la plaque de serrage ont une forme adaptée à la coulée d'ébauches de profilés par exemple en forme de H, de U, de I, de T ou de L, profilés dont .la dimension la plus petite est comprise, par exemple, entre 10 et 25 mm.

[0026] L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise mais non limitative en regard des figures annexées dans lesquelles :

- La figure 1 est une vue schématique de la section d'une ébauche de profilé en H.
- La figure 2 est une vue schématique en coupe longitudinale d'une lingotière de coulée en continue d'une ébauche de profilé, en cours de coulée.
- La figure 3 est une vue en coupe transversale de la lingotière de coulée continue de la figure 2.
- La figure 4 est un schéma mettant en évidence la conicité d'une lingotière.
- La figure 5 est un schéma de variation de vitesse de coulée pendant une période transitoire.
- La figure 6 est une vue schématique en coupe longitudinale de la lingotière de la figure 2, équipée d'un mannequin

de coulée, au stade du démarrage de la coulée.

- La figure 7 est une vue en coupe transversale de la lingotière de la figure 6.
- La figure 8 est une vue schématique en perspective de l'armature métallique d'un séparateur de tête de mannequin pour le démarrage de la coulée continue d'un profilé de petite dimension.
- La figure 9 est une vue en perspective d'un premier mode de réalisation d'une tête de mannequin avec séparateur pour le démarrage de la coulée continue d'ébauche de profilé de petite dimension.
- La figure 10 est une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'une tête de mannequin de coulée continue d'une ébauche de profilé de petite dimension.
- La figure 11 est une vue schématique en coupe longitudinale d'une tête de mannequin de coulée continue d'ébauche de profilé attachée à un corps de mannequin.
- La figure 12 est un schéma de la montée en vitesse d'extraction d'une tête de mannequin pour la coulée continue d'ébauche de profilé de petite dimension.

[0027] D'une façon générale, l'invention s'applique à la coulée d'ébauches de profilés dont la section a une forme comportant au moins une concavité tournée vers l'extérieur de sorte qu'il existe au moins une ligne joignant deux points de la peau solide en formation au cours de la coulée et sortant de la section coulée.

[0028] A la figure 1 on a représenté la section d'une ébauche d'un profilé qui correspond à cette définition. Il s'agit de l'ébauche d'un profilé en H qui comprend une ébauche d'âme 1 reliant deux ébauches d'ailes 2 et 3. Comme on peut le voir sur la figure, à la jonction entre l'âme 1 et les ailes 2 et 3, la section transversale du profilé comporte une portion 4 dont la concavité est orientée vers l'extérieur. Dans le cas particulier d'un profilé à section en H ou en I tel que représenté, la section transversale comporte quatre portions ayant des concavités orientées vers l'extérieur du profilé. Sur cette figure on a représenté les dimensions caractéristiques d'un profilé qui sont la hauteur H, la largeur des ailes L et l'épaisseur de l'âme E. Ces dimensions permettent d'identifier le profilé et de définir son poids linéique. Sur la figure on a également représenté le cercle de diamètre D correspondant à la jonction entre l'âme et l'aile et qui permet de déterminer la massivité maximale d'éléments de section du profilé.

[0029] A titre d'exemple, si le profilé qu'on souhaite fabriquer est un IPE100 dont la hauteur H est de 100mm, la largeur L des ailes est de 50mm et l'épaisseur de l'âme E est de 5mm, l'ébauche obtenue directement par coulée continue permettant de fabriquer dans des conditions satisfaisantes le profilé considéré, a une hauteur H de 110mm, une largeur des ailes L de 70mm et une épaisseur de l'âme E de 12mm. Une telle ébauche a un poids linéique de 25kg/m.

[0030] Pour couler en continu une telle ébauche, on peut utiliser une machine de coulée continue dont on a représenté à la figure 2 la lingotière au cours de la coulée.

[0031] La lingotière de coulée continue repérée généralement par 10 comporte un corps de lingotière en cuivre 11 refroidi par une circulation d'eau dans une pluralité de canaux 13. Ce corps de lingotière délimite un canal de coulée 12 dont la section transversale a sensiblement la forme de la section de l'ébauche du produit que l'on souhaite fabriquer. Comme on peut le voir à la figure 3, le canal de coulée 12 en forme de H, comporte une première portion 110 destinée à former l'âme de l'ébauche, et deux portions 111 A et 111 B destinées à former les ailes de l'ébauche. Les portions 111A et 111 B ne sont pas dans le prolongement de la portion 110 à laquelle elles sont reliées par des congés définissant des portions 112A et 112B ayant une concavité orientée vers l'extérieur du canal de coulée. L'ensemble du canal de coulée est entouré par une pluralité de canaux 13 destinés à faire circuler un fluide de refroidissement tel que l'eau afin de refroidir la lingotière et donc assurer la solidification du métal comme cela est connu de l'homme du métier en coulée continue.

[0032] Dans le sens longitudinal, le canal de coulée 12, a une forme comportant une dépouille adaptée pour pouvoir couler en continu le profilé. Cette dépouille correspond à la conicité de la lingotière qui résulte d'une évolution du profil entre l'entrée et la sortie du canal de coulée destinée à absorber les effets de la solidification sur la géométrie de l'ébauche au cours de son passage dans la lingotière. A la figure 4, on a représenté les profils d'entrée 12A et de sortie 12B du canal de coulée d'une lingotière destinée à couler un profilé en H. Comme on le voit sur cette figure, le canal de coulée comprend une partie centrale reliant deux ailes latérales. Les profils des parties centrales 1 A en entrée et 1 B en sortie, ont des épaisseurs sensiblement identiques. En revanche, la longueur de la partie centrale de sortie est légèrement plus faible que celle de la partie centrale d'entrée, de sorte que les profils des ailes de sortie 2B et 2'B sont rapprochés l'une de l'autre par rapport aux ailes d'entrées 2A et 2'A. Il est en de même des congés de raccordement des ailes avec l'âme 4A, 4'A et 4B, 4'B en entrée et en sortie de lingotière respectivement. De ce fait, la distance d_A des points A et A' des congés de raccordement 4A et 4A' du profil d'entrée est plus grande que la distance d_B des points correspondants B et B' des congés de raccordement du profil de sortie.

[0033] Si L_C est la longueur du canal de coulée de la lingotière, la conicité est, par définition, égale à $(d_A-d_B) / (d_A*L_C)$ et s'exprime en m^{-1}.

[0034] Le corps de lingotière 11 est surmonté d'un anneau de liaison 14 en réfractaire résistant, séparé de la face supérieure du corps de lingotière 11 par un interstice 15 par lequel on peut souffler un gaz neutre tel que de l'argon. L'anneau de liaison 14 comporte un passage central 14A de forme correspondant à la forme du canal de coulée du

corps de la lingotière. L'anneau de liaison 14 est surmonté par une rehausse réfractaire 16 dont la partie centrale creuse 16A est en forme d'entonnoir évasé vers le haut et dont le bas a une ouverture de sortie de forme correspondant à la forme du passage central 14A de l'anneau de liaison 14.

[0035] Sur la figure 2 on a représenté également la busette 24 par laquelle on déverse de l'acier liquide dans la lingotière de coulée pour alimenter le bain d'acier liquide 25 qui commence à se solidifier dans la zone correspondant au canal de coulée 12 du corps de lingotière en cuivre 11. Ce début de solidification crée une coquille externe 26 et une partie centrale 27 correspondant à l'âme de l'ébauche dont le sommet 28 correspond au début de solidification totale de l'âme. Alors que la longueur du canal de coulée du corps de la lingotière est L_C, le sommet solidifié 28 de l'âme est à une distance L_S en dessous du début du canal de coulée du corps de la lingotière. La longueur L_s est plus faible que L_C ce qui signifie que l'âme est entièrement solidifiée avant la sortie de la lingotière, alors que, de part et d'autre de l'âme, la fin de solidification se fait plus loin.

[0036] En effet, l'âme centrale et les deux ailes latérales ont des épaisseurs (ou des massivités) différentes et, de ce fait, ont des durées de solidification différentes. En effet, l'homme de métier sait que l'épaisseur e solidifiée au bout d'un temps t peut être exprimée par une relation du type $e = k\sqrt{t}$ . . Il résulte de cette formule que le temps nécessaire pour obtenir la solidification complète d'une partie d'un profilé est d'autant plus court que cette partie est mince.

[0037] En général, la partie la plus mince du profilé est la partie centrale de l'ébauche. Celle-ci a donc un temps de solidification plus faible que celui des autres parties du profilé. L'homme de métier sait déterminer ce temps de solidification minimal en fonction notamment de la géométrie de l'ébauche à fabriquer, et de la composition du métal qui est coulé et de l'intensité du refroidissement.

[0038] Pour que la coulée continue de tels profilés se déroule de façon satisfaisante, les inventeurs ont constaté de façon nouvelle, qu'en sortie de lingotière, au moins les parties les plus massives de l'ébauche ne devaient pas être complètement solidifiées et d'autre part, que la solidification complète de la partie la plus mince de l'ébauche ne devait pas avoir lieu trop en amont de la sortie de la lingotière. Pour cela, la vitesse d'extraction de l'ébauche doit toujours rester supérieure à une vitesse d'extraction minimale permettant d'assurer qu'il n'y a pas de solidification trop importante de l'ébauche à la sortie de la lingotière afin d'éviter le blocage de l'ébauche. Cette vitesse d'extraction minimale est fonction de la longueur du canal de coulée de la lingotière, de l'épaisseur minimale de l'ébauche et de la nature du métal coulé. En outre, les inventeurs ont constaté que cette vitesse minimale dépendait également de la conicité de la lingotière.

[0039] Comme on le voit à la figure 2, la partie la plus mince, c'est-à-dire l'âme du profilé est entièrement solidifiée à une distance L_s du début de la lingotière 11 proprement dite dont la longueur du canal est L_C. Cette distance L_s de fin de solidification de l'âme du profilé correspond à la distance parcourue par une tranche d'acier liquide dans la lingotière pendant le temps de solidification t_s de l'âme, proportionnel au carré de la moitié de l'épaisseur minimal E_{min} de celle-ci. Si V est la vitesse d'extraction, la longueur de fin de solidification de l'âme L_s est égale à V x t_s.

[0040] Les inventeurs ont constaté que pour que la coulée se fasse dans de bonnes conditions, c'est-à-dire sans coincement, il faut éviter que le refroidissement de la partie la plus mince de l'ébauche, après solidification dans la lingotière, conduise à une contraction plus forte que celle autorisée par la conicité de la lingotière. Cela conduit à imposer une vitesse d'extraction supérieure à une vitesse d'extraction minimale Vmin, qui se calcule de la façon suivante :

$$Vmin = (L_C/t_s) \times [2\,K\,\phi\,t_s/(2\,K\,\phi\,t_s + L_C\,C\,E_{min})]$$

avec :

L_C = longueur du canal de coulée de la lingotière.
t_s = temps de solidification de la partie la plus mince de l'âme.
ϕ = flux de chaleur moyen extrait dans la partie basse de la lingotière, entre la zone de fin de solidification de la partie la plus mince de l'ébauche et la sortie de la lingotière.
E_{min} = épaisseur minimale de la partie du canal de coulée correspondant à l'âme du profilé.
C = Conicité de la lingotière.
K = Coefficient dépendant de la nature du métal = a x (1/pCp)

avec :

a = Coefficient de dilatation moyen du métal.
ρ = Densité du métal.
Cp = Capacité calorifique du métal.

Cette formule peut s'écrire également :

$$Vmin = (L_C/t_s) \times A/ (A + L_C \, C \, E_{min})]$$
$$Avec : A = 2 \, K \, \phi \, t_s$$

[0041] On notera que, si la conicité est nulle, la vitesse minimale d'extraction est celle qui conduit à la fin de solidification de l'âme juste en sortie de lingotière ($V_{min} \times t_s = L_C$).

[0042] A titre d'exemple, pour des profilés en acier de construction faiblement ou non allié, les vitesses d'extraction minimales Vmin (en m/min) en fonction de la longueur du canal de coulée de la lingotière L_C (en mètres) et de l'épaisseur Emin de la partie du canal de coulée correspondant à l'âme la plus mince du profilé (en mm) sont reportées au tableau I pour une lingotière de conicité nulle.

Tableau I

Conicité nulle			
	L		
E min	0,3m	0,5m	0,7m
10 mm	6,9	11,5	16,1
12 mm	4,8	8,0	11,2
14 mm	3,5	5,9	8,2
16 mm	2,7	4,5	6,3
18 mm	2,1	3,6	5,0
20 mm	1,7	2,9	4,0

[0043] Lorsque la conicité est significative, la vitesse d'extraction minimale est sensiblement réduite. A titre d'exemple, pour une épaisseur Emin de 14mm, une longueur de canal de coulée L_C de 0,5m, une conicité de 20.10^{-3} m^{-1}, et un flux moyen Φ de 1,8MW/m^2, la vitesse d'extraction minimale est de 2,48m/min au lieu de 5,9m/min. pour une conicité nulle.

[0044] Cette nécessité de ne pas faire descendre la vitesse d'extraction en-dessous d'une vitesse limite a pour conséquence que, pour couler des ébauches de profilés de faible section, les installations et/ou les méthodes d'exploitation doivent être adaptées en conséquence.

[0045] A titre d'exemple, pour permettre de couler en séquence des poches successives, les répartiteurs doivent avoir une capacité suffisante pour pouvoir alimenter la coulée à vitesse minimale pendant le changement de poche.

[0046] Comme représenté à la figure 5, pendant la coulée du contenu d'une première poche (période p1), la vitesse d'extraction V_1 est élevée afin d'obtenir une bonne productivité. Lors du changement de poche, période P_t, la vitesse d'extraction est réduite progressivement jusqu'à une vitesse faible qui, contrairement à ce qu'il est possible de faire avec des produits de forte section, ne doit pas être nulle et doit rester supérieure à la vitesse minimale telle que définie ci-dessus. Cette vitesse minimale est maintenue pendant un temps Δt nécessaire pour remplacer la poche vide par une poche pleine. Lorsque le remplacement est terminé, il est possible de réaccélérer l'extraction pour atteindre une vitesse d'extraction élevée V_2 qui peut être inférieure, égale ou supérieure à la vitesse V_1, selon les circonstances.

[0047] Pendant la période de transition, la quantité d'acier liquide consommée est proportionnelle au produit de la vitesse minimale Vmin par la durée Δt du ralentissement, en tenant compte du nombre de lignes de coulée. Cette quantité doit rester inférieure à la quantité disponible dans le répartiteur.

[0048] Comme l'indique la formule permettant de calculer la vitesse minimale plus la cônicité est élevée, plus la vitesse limite est faible et donc moins les contraintes d'exploitation sont sévères.

[0049] Compte tenu des diverses autres contraintes que l'homme du métier connaît, il saura adapter les dimensionnements de ses équipements, la conicité et/ou la longueur du canal de coulée de la lingotière, puisque ce facteur intervient dans le calcul de la vitesse limite d'extraction, pour déterminer les conditions d'exploitation satisfaisantes permettant de couler dans de bonnes conditions les ébauches de profilés de petite section qu'il souhaite réaliser.

[0050] Cependant, au démarrage de la coulée, la vitesse d'extraction est initialement nulle, ce qui n'est pas compatible avec la condition indiquée ci-dessus. Aussi, les inventeurs ont imaginé une procédure de démarrage particulière permettant de passer progressivement de la vitesse nulle à une vitesse de démarrage Vd supérieure ou égale à la vitesse d'extraction minimale définie ci-dessus, mais inférieure à une vitesse maximale de démarrage Vdmax au-dessus de laquelle il peut y avoir rupture de la coque solidifiée du produit car celle-ci est trop mince. L'homme du métier sait déterminer cette vitesse maximale de démarrage en fonction des caractéristiques de la machine de coulée, de la

géométrie du produit et des paramètres de coulée.

[0051] Pendant cette phase d'amorçage de la coulée, le métal liquide versé dans la lingotière doit se solidifier partiellement, notamment au contact du mannequin disposé dans la lingotière pour démarrer la coulée, afin d'assurer l'ancrage de l'ébauche sur le mannequin. Comme cela est connu de l'homme du métier, cet ancrage permet de démarrer l'extraction du produit solidifié et ainsi de démarrer la coulée.

[0052] Cependant, les inventeurs ont constaté que pour pouvoir monter en vitesse sans blocage de l'ébauche pendant cette période d'amorçage, il est nécessaire d'éviter la solidification des parties les plus minces de l'ébauche. Aussi, ils ont imaginé de disposer au-dessus de la tête du mannequin de coulée, un séparateur réfractaire inséré dans la partie de la lingotière destinée à mouler la partie la plus mince de l'ébauche, afin d'empêcher la solidification dans cette zone pendant la phase d'amorçage. Lors de l'amorçage de la coulée, le séparateur est progressivement extrait de la lingotière. Pour que l'amorçage de la coulée se fasse dans des conditions satisfaisantes, il faut qu'au moment où l'extrémité supérieure du séparateur quitte la lingotière, l'état de solidification de l'ébauche au niveau de la sortie de la lingotière soit compatible avec les conditions indiquées ci-dessus pour éviter le coincement. Pour cela, la longueur du séparateur et les paramètres du procédé doivent être adaptés en conséquence. L'homme du métier saura déterminer la longueur minimale nécessaire en fonction des caractéristiques de la lingotière, du métal coulé et de la cinétique d'extraction des mannequins pendant la phase d'amorçage.

[0053] Cette façon de procéder est adaptée à la coulée continue aussi bien avec une lingotière droite qu'avec une lingotière courbe, la lingotière étant de type classique ou comportant une rehausse réfractaire comme cela est connu pour la coulée continue dite « en charge ».

[0054] Comme cela est connu de l'homme du métier, une fois que la coulée est démarrée, il est possible d'augmenter la vitesse d'extraction pour augmenter la productivité sans toutefois dépasser une vitesse limite d'extraction en régime permanent fonction, notamment, de la longueur de la machine. L'homme du métier sait déterminer cette vitesse maximale d'extraction en régime permanent qui est supérieure ou égale à la vitesse maximale de démarrage. On notera qu'en régime permanent, la fin de solidification de la partie la plus mince de l'ébauche peut très bien avoir lieu sensiblement après la sortie de la lingotière. Pendant cette phase de coulée, il peut être souhaitable de réduire la vitesse d'extraction. Mais celle-ci ne doit jamais devenir inférieure à la vitesse minimale définie ci-dessus.

[0055] On va maintenant décrire de façon plus détaillée un mode de réalisation privilégié du démarrage de la coulée continue en charge d'une ébauche de profilé.

[0056] Pour cela, on considère les figures 6 et 7 qui ne se distinguent des figures 2 et 3 que par le stade de la coulée auquel elles correspondent. Aussi, on ne décrira que les parties de ces figures qui correspondent au démarrage de la coulée.

[0057] A l'intérieur du canal de coulée 12 du corps de lingotière, est disposé une tête de mannequin 17 comportant une embase 18 reliée au corps de mannequin 19 destiné à tirer la tête de mannequin vers le bas pour l'extraire de la lingotière

[0058] L'embase 18 de la tête de mannequin est surmontée d'un séparateur 20 comportant une base 21 épousant la forme du canal de coulée et une lame de séparation 22 s'étendant vers le haut. Dans la disposition représentée, qui correspond au tout début de la coulée, l'extrémité supérieure 22A de la lame de séparation 22 se situe au-dessus de l'anneau de liaison 14. La tête du mannequin comporte par exemple également deux goujons d'amarrage 23 fixés dans l'embase de part et d'autre de la lame de séparation et dont les têtes s'étendent au dessus de l'embase, à l'intérieur du canal de coulée.

[0059] La lame de séparation réfractaire 22 est disposée à l'intérieur de la portion centrale 110 du canal de coulée. Cette lame de séparation réfractaire comprend une armature centrale 220 entourée d'un enrobage réfractaire 240 constitué de fibres réfractaires ayant une certaine souplesse de telle sorte que la lame de séparation obstrue complètement la portion 110 en empêchant l'infiltration continue de métal liquide entre la paroi du corps de lingotière et la surface de la lame de séparation qui serait susceptible de créer une jonction entre les deux ailes du profilé, et s'adapte aux variations de largeur de la portion 110 résultant de la dépouille. La coquille solide correspondant au début de la solidification de l'ébauche s'étend sur tout le pourtour des portions d'extrémités 111A et 111 B, en particulier dans les portions 112 A et 112B ayant des concavités tournées vers l'extérieur du canal de coulée.

[0060] Comme cela est représenté aux figures 8 et 9, la tête de mannequin comporte une embase 18 ayant une forme adaptée pour coulisser à l'intérieur d'un canal de coulée. Sur celle-ci est rapporté le séparateur 20 qui comprend une base 21 et une lame de séparation 22. Le séparateur 20 est constitué d'une armature métallique repéré généralement par 200 à la figure 4 et qui comprend une plaque de serrage inférieure 210 et une armature centrale. La plaque de serrage 210 est de forme identique à la forme de l'embase 18 de la tête de mannequin et comporte des trous 211 permettant le passage des goujons d'ancrage 23 qui viennent se visser dans des trous filetés 23A prévus dans l'embase de la tête de mannequin 18. L'armature centrale est constituée d'une plaque métallique rectangulaire 220 s'étendant au-dessus de la plaque de serrage de base 210 et comportant une pluralité de trous 221. La plaque de serrage 210 est disposée au-dessus de l'embase 18 de la tête de mannequin sur laquelle est disposé un joint en réfractaire fibreux 230 maintenu en place par serrage de la plaque de serrage 210 qui, elle-même, est recouverte de matière fibreuse réfractaire.

L'armature centrale 220 destinée à armer la lame de séparation est enveloppée par une chaussette en fibre réfractaire 240 maintenue en position par des fils de platine 241 qui passent à travers les trous 221 prévus dans l'armature centrale.

[0061] Dans un mode de réalisation particulier, la chaussette en fibre réfractaire a été obtenue à partir d'une bande de nappes SWB607/128 d'épaisseur 25mm qui a été coupée en deux à mi épaisseur comme un sandwich, afin d'être insérée autour de la plaque métallique. Puis, après avoir été amarrée à la plaque métallique par les fils de platine, la partie ayant subie la découpe a été recollée le long de la ligne de jonction 242 par une très fine couche de Refracol n °3 afin que l'acier liquide n'atteigne pas la plaque en cours de coulée. Le réfractaire SW607-128 (Surperwool™ 607™ Blanket) fabriqué par Morgan Thermal Ceramics. Il est constitué d'environ 62 à 68% de SiO_2, 26 à 32% de CaO et 3 à 7 % de MgO. Il se présente sous forme de nappes de laine réfractaire de densité d'environ 128kg/m^3 et a une température de classification de 1100°C (norme EN 1094-3). La colle Refracol™ n°3 estun ciment réfractaire de jointoiement de classe PRE classe B constitué d'environ 12 à 14% d'Al_2O_3, 82 à 87% de SiO_2 et 0,35% de Fe_2O_3..

[0062] Dans un deuxième mode de réalisation représenté à la figure 10, qui se distingue du précédent uniquement par l'enrobage en réfractaire de l'armature de la lame de séparation, celui-ci n'est pas constitué d'une chaussette réalisée à partir d'une nappe en matériau réfractaire mais est obtenue en enroulant autour de la plaque d'armature centrale une tresse 440 en fibre réfractaire par exemple du type silicate alcalinoterreux constitué de 60 à 70% de SiO_2 et de 30 à 40% de CaO + MgO. De telles tresses réfractaires sont connues en elles-mêmes de l'homme du métier.

[0063] Avec une telle disposition, des inventeurs ont constaté qu'il était possible de démarrer la coulée continue d'ébauche de profilés de petite dimension à condition de respecter des conditions particulières de vitesse de démarrage et de température du métal liquide.

[0064] A la figure 12 on a représenté l'évolution dans le temps de la vitesse d'extraction du produit ou du mannequin au début de la coulée permettant d'obtenir un démarrage de coulée satisfaisant. Sur ce schéma, avant l'instant t_0, la tête de mannequin est disposée à l'intérieur de la lingotière de telle sorte que la lame de séparation s'étende dans le canal de coulée en débouchant au dessus de l'anneau de liaison, et la lingotière ne contient pas d'acier liquide. Une fraction de seconde avant l'instant t_0, on commence à verser de l'acier liquide dans la lingotière de telle sorte qu'à l'instant t_0, celle-ci soit pleine d'acier liquide. On démarre alors l'extraction de la tête de mannequin par un mouvement accéléré de telle sorte qu'à l'instant t_1, on atteigne une vitesse Vd qui est la vitesse de démarrage. Cette première phase est une phase d'amorçage pendant laquelle il se forme une coquille d'acier solide dans les zones de la lingotière qui ne sont pas obstruées. Cette coquille englobe les têtes des goujons d'ancrage ce qui assure son ancrage à la tête de mannequin. Une fois la vitesse de démarrage atteinte, on maintient cette vitesse jusqu'à l'instant t_2 pendant une durée suffisante pour assurer un bon démarrage. La période qui s'écoule entre l'instant t_1 et l'instant t_2 est la période de démarrage. Elle permet de constituer un début d'ébauche solidifiée s'étendant sur tout le pourtour du canal de coulée qui, au plus tard à l'instant t_2, est suffisant pour poursuivre la coulée en continu de l'ébauche. A partir de l'instant t_2, lorsque la coulée est bien amorcée, on accélère la vitesse d'extraction jusqu'à l'instant t_3 de façon à atteindre la vitesse de coulée Vc qu'on maintient pendant tout le reste de la coulée de l'ébauche. Cette vitesse Vc est la vitesse de la coulée en régime permanent. Les inventeurs ont constaté que pour que l'amorçage de la coulée d'ébauche ayant un poids linéaire inférieur à 500 kg/m, voire inférieure à 300 kg/m, voire inférieur à 100kg/m et même inférieur à 50 kg/m, se fasse dans de bonnes conditions, il était nécessaire que seule l'une des deux parties du canal de coulée se situant de part et d'autre d'une zone concave soit remplie de métal liquide et que l'autre soit bien obstruée. En effet, au tout début de la coulée, si la coquille solidifiée s'étend de part et d'autre d'une portion concave dont la concavité est orientée vers l'extérieur de l'ébauche, il y a coincement de l'amorce solidifiée dans la lingotière. Ce n'est pas le cas lorsque seule une des deux portions entourant la portion concave est remplie de métal. Bien évidement, lorsque le profilé est en forme de H, l'âme est entourée de deux portions séparées de l'âme par des portions concaves. En obstruant l'âme, on évite que deux portions situées de part et d'autre d'une portion concave soient remplies de métal.

[0065] Les inventeurs ont constaté également qu'il fallait que le temps d'amorçage Ta qui s'écoule entre l'instant t_0 et l'instant t_1 soit compris entre 0,5 s et 1,5 s et que la vitesse Vd de démarrage soit supérieure à la vitesse d'extraction minimale correspondant au profilé considéré. Ils ont également constaté que la vitesse de démarrage Vd devait être maintenue pendant un temps de démarrage Td compris de préférence entre 5s et 20s. Avec ces conditions, il est possible de passer progressivement de la vitesse d'extraction du mannequin à une vitesse de coulée Vc comprise, en régime permanent, entre 4m/min et 12m/min par exemple.

[0066] Les inventeurs ont constaté, enfin, que, lorsque le métal est de l'acier, la surchauffe du métal liquide dans la rehausse, c'est-à-dire la différence entre la température du métal liquide et la température du solidus devait de préférence être comprise entre 10 °C et 40 °C.

[0067] A titre d'exemple, les inventeurs ont pu démarrer et couler dans de bonnes conditions la coulée continue d'ébauche de profilés dont les dimensions nominales sont 110mm, 70mm et 12 mm, ce qui correspond à un poids linéique d'environ 25kg/m, avec les paramètres suivants : vitesse de démarrage 3m/min, temps d'amorçage 1s, temps de démarrage entre 5 et 15s et vitesse de coulée de l'ordre 10m/min. Cette ébauche permet de fabriquer un profilé du type IPE 100 avec simplement six passes de finition au laminage à chaud. Dans cet exemple, la vitesse d'extraction ne doit pas descendre en dessous de 2,84 m/min pour une longueur de lingotière de 390 mm et une conicité de 20 pour 1000.

[0068] Les inventeurs ont noté qu'avec ce profilé, lorsque la vitesse d'extraction descend en dessous de 2,84 m/min, on pouvait avoir un coincement de l'ébauche dans la lingotière.

[0069] En outre, les inventeurs ont réalisé des essais de démarrage de coulée d'ébauches d'IPE 100 sans utiliser de séparateur. Ces essais ont toujours conduit à des échecs par coincement de l'ébauche, en particulier parce qu'il n'était pas possible d'atteindre une vitesse d'extraction supérieure à 2,84 m/min en fin d'amorçage.

[0070] Le procédé de coulée et de démarrage qui vient d'être décrit pour des ébauches de profilés en H ou en I, peut être adapté à tout profilé dont la section comporte deux portions non alignées délimitant une portion concave dont la concavité est orientée vers l'extérieur du profilé. L'homme du métier saura déterminer les paramètres adaptés, l'essentiel étant qu'au tout début du démarrage de la coulée, il ne puisse pas se former de coquille solidifiée en serrant une partie connexe de la paroi du canal de coulée.

Revendications

1. Procédé de coulée continue d'une ébauche d'un profilé métallique dont la section transversale comporte au moins une portion (4) dont la concavité est orientée vers l'extérieur du profilé, selon lequel on coule un métal liquide dans une lingotière de coulée continue (10) comprenant un corps de lingotière refroidi (11), le corps de lingotière définissant un canal de coulée (12) de section transversale correspondant à la section transversale de l'ébauche, la section transversale du canal de coulée comprenant au moins deux portions adjacentes (110; 111A, 111B) reliées par une portion concave (112A, 112B) dont la concavité est orientée vers l'extérieur du canal de coulée, le canal de coulée de la lingotière ayant une conicité C, une longueur L_C, une épaisseur transversale minimale E_{min}, l'âme de l'ébauche ayant un temps de solidification t_s, **caractérisé en ce que**, dès que l'amorçage est réalisé, on maintient la vitesse d'extraction au-dessus d'une vitesse d'extraction minimale $Vmin = (L_C / t_s) \times A/(A + L_C CE_{min})$.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, avant de couler du métal liquide dans la lingotière, on dispose dans la lingotière une tête de mannequin (17) comportant une embase (18) et une lame de séparation réfractaire (22) solidaire de l'embase et adaptée pour obstruer une desdites portions adjacentes (110) de la section transversale du canal de coulée sur au moins une partie de la longueur du canal de coulée du corps de lingotière s'étendant depuis l'embase vers l'intérieur du canal de coulée du corps de lingotière, puis on commence à couler le métal liquide et on met en mouvement la tête de mannequin en direction de l'extérieur de la lingotière.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la lingotière de coulée comprend en outre un anneau de liaison (14) et une rehausse réfractaire (26) et en ce que la lame de séparation réfractaire (22) est adaptée pour s'étendre au moins jusqu'à la jonction entre la rehausse et l'anneau de liaison.

4. Procédé selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel le profilé comprend une âme (1) reliée à au moins une aile (2 ; 3) et en ce que la portion (110) de la section transversale du canal de coulée obstruée par la lame de séparation réfractaire est la portion de la section transversale du canal de coulée correspondant à l'âme (1) du profilé.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le profilé est un profilé en H, en U, en I, en L ou en T, dont la plus petite dimension est comprise entre 10 et 25 mm.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans lequel le métal liquide est de l'acier et en ce que la température du métal liquide est ajustée pour que la surchauffe dans la rehausse soit comprise entre 10°C et 60°C.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel, lors de la mise en mouvement de la tête de mannequin, on fait passer la vitesse de la tête de mannequin de 0 m/s à une vitesse de démarrage Vd supérieure à la vitesse d'extraction minimale en un temps d'amorçage Ta compris entre 0,5 s et 1,5 s, on maintient la vitesse à la vitesse de démarrage pendant un temps de démarrage Td compris, de préférence, entre 5 s et 20 s, et on amène progressivement la vitesse de la tête de mannequin à une vitesse de coulée Vc comprise, de préférence, entre 4 m/min et 12 m/min.

8. Tête de mannequin (17) pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant une embase (18) de forme adaptée pour coulisser, en l'obstruant, dans le canal de coulée (12) d'un moule (11) de coulée continue d'une ébauche d'un profilé dont la section transversale comprend au moins deux portions (1, 2, 3) adjacentes reliées par une portion concave (4) dont la concavité est orientée vers l'extérieur de l'ébauche, au moins un moyen (23) d'amarrage du métal solidifié, au moins un moyen d'étanchéité de l'embase (230 ; 210), **caractérisée en ce qu'**elle comprend, en outre, une lame de séparation réfractaire (22) s'étendant au-

dessus de la face supérieure de l'embase, la section transversale de la lame de séparation étant adaptée pour obstruer une desdites portions (110) de la section transversale du canal de coulée en laissant libre la ou les autres portions (111A, 111B).

9. Tête de mannequin selon la revendication 8, pour laquelle la lame de séparation (22) comprend une armature centrale constituée d'une plaque métallique de forme généralement rectangulaire (220) et un enrobage (240, 440) en matériau réfractaire souple.

10. Tête de mannequin selon la revendication 9, pour laquelle la plaque métallique (220) comporte une pluralité de trous (221) et en ce que l'enrobage est constitué d'une chaussette (240) en fibres réfractaire enfilée sur la plaque métallique rectangulaire (220) et cousue à l'aide du fils en métal réfractaire (241).

11. Tête de mannequin selon la revendication 9, pour laquelle l'enrobage en matériau réfractaire est constitué d'une tresse en fibres réfractaires 440, enroulée autour de la plaque métallique (220).

12. Tête de mannequin selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, pour laquelle ledit moyen d'étanchéité de l'embase comprend un joint réfractaire (230) sur la face supérieure de l'embase et une plaque de serrage (210) du joint réfractaire.

13. Tête de mannequin selon la revendication 12, pour laquelle la plaque métallique (220) est solidaire de la plaque de serrage (210) du joint réfractaire.

14. Tête de mannequin selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13, pour laquelle la plaque de serrage (210) du joint réfractaire comprend au moins un trou (211) et en ce qu'un moyen d'amarrage du métal solide est un goujon (23) de fixation de la plaque de serrage, comprenant une tête pour l'amarrage du métal coulé et une tige (23A) comportant un filetage s'étendant à travers le trou de la plaque de serrage et vissée dans un trou fileté de l'embase (18).

15. Tête de mannequin selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, pour laquelle l'embase (18) a une forme adaptée à la coulée d'ébauches de profilés en forme de H, de U, de I, de T ou de L, dont la plus petite dimension est comprise entre 10 et 25 mm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggießen eines Rohlings eines Metallprofils, dessen Querschnitt wenigstens einen Abschnitt (4) aufweist, dessen Konkavität zum Äußeren des Profils hin orientiert ist, wobei man ein flüssiges Metall in eine Stranggießform (10) gießt, die einen gekühlten Formkörper (11) aufweist, wobei der Formkörper einen Gießkanal (12) mit einem Querschnitt definiert, der dem Querschnitt des Rohlings entspricht, wobei der Querschnitt des Gießkanals wenigstens zwei benachbarte Abschnitte (110; 111A, 111B) aufweist, die über einen konkaven Abschnitt (112A, 112B) verbunden sind, dessen Konkavität zu dem Äußeren des Gießkanals hin orientiert ist, wobei der Gießkanal der Form eine Konizität C, eine Länge L_C, eine minimale Querdicke E_{min} hat, wobei der Steg des Rohlings eine Verfestigungszeit t_S hat, **dadurch gekennzeichnet, dass**, sobald das Füllen realisiert ist, man die Extraktionsgeschwindigkeit über einer minimalen Extraktionsgeschwindigkeit $Vmin = (L_C/t_S) \times A/ (A + L_C C E_{min})$ aufrechterhält.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** man vor dem Gießen des flüssigen Metalls in die Form in der Form einen Modellkopf (17) anordnet, der eine Basis (18) und ein hitzebeständiges Trennblatt (22) aufweist, das mit der Basis fest verbunden ist und das angepasst ist zum Blockieren eines der benachbarten Abschnitte (110) des Querschnitts des Gießkanals über wenigstens einen Teil der Länge des Gießkanals des Formkörpers, der sich von der Basis aus zu dem Inneren des Gießkanals des Formkörpers hin erstreckt, wobei man dann beginnt, das flüssige Metall zu gießen und man den Modellkopf in Richtung des Äußeren der Form in Bewegung setzt.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei die Gießform ferner einen Verbindungsring (14) und einen hitzebeständigen Aufsatz (26) aufweist und wobei das hitzebeständige Trennblatt (22) angepasst ist, um sich wenigstens bis zur Verbindungstelle zwischen dem Aufsatz und dem Verbindungsring zur erstrecken.

4. Verfahren gemäß Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei das Profil einen Steg (1) aufweist, der mit wenigstens einem Gurt (2; 3) verbunden ist, und wobei der Abschnitt (110) des Querschnitts des Gießkanals, der von dem hitzebeständigen Trennblatt blockiert ist, der Abschnitt des Querschnitts des Gießkanals ist, der dem Steg (1) des Profils entspricht.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei das Profil ein H-, ein U-, ein I-, ein L- oder ein T-Profil ist, dessen kleinste Abmessung zwischen 10 und 25mm liegt.

6. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 2 bis 5, wobei das flüssige Metall Stahl ist und wobei die Temperatur des flüssigen Metalls eingestellt ist, damit die Überhitze im Aufsatz zwischen 10°C und 60°C liegt.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei, wenn man den Modellkopf in Bewegung setzt, man die Geschwindigkeit des Formkopfs in einer Anfahrzeit Ta, die zwischen 0,5s und 1,5s liegt, von 0 m/s bis auf eine Anfangsgeschwindigkeit Vd fahren lässt, die größer ist als die minimale Extraktionsgeschwindigkeit, man die Geschwindigkeit auf der Anfangsgeschwindigkeit aufrechterhält während einer Anfangszeit Td, die bevorzugt zwischen 5s und 20s liegt, und man die Geschwindigkeit des Modellkopfs progressiv auf eine Gießgeschwindigkeit Vc führt, die bevorzugt zwischen 4m/min und 12m/min liegt.

8. Modellkopf (17) zur Durchführung des Verfahrens gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend eine Basis (18) der Form, die angepasst ist zum Gießen, als die Blockierung, in dem Gießkanal (12) einer Stranggießform (11) eines Rohlings mit einem Profil, dessen Querschnitt wenigstens zwei benachbarte Abschnitte (1, 2, 3) aufweist, die über einen konkaven Abschnitt (4) verbunden sind, dessen Konkavität zum Äußeren des Rohlings hin orientiert ist, wenigstens ein Mittel (23) zur Befestigung des verfestigten Metalls, wenigstens ein Mittel zur Abdichtung der Basis (230; 210), **dadurch gekennzeichnet, dass** er ferner aufweist ein hitzebeständiges Trennblatt (22), das sich über der oberen Fläche der Basis erstreckt, wobei der Querschnitt des Trennblatts eingerichtet ist zum Blockieren eines der Abschnitte (110) des Querschnitts des Gießkanals unter Freilassen des oder der anderen Abschnitte (111A, 111B).

9. Modellkopf gemäß Anspruch 8, wobei das Trennblatt (22) einen zentralen Anker, der von einer Metallplatte von im Wesentlichen rechteckiger Form (220) gebildet ist, und eine Umhüllung (240, 440) aus einem weichen hitzebeständigen Material aufweist.

10. Modellkopf gemäß Anspruch 9, wobei die Metallplatte (220) eine Mehrzahl von Löchern (221) aufweist und wobei die Umhüllung von einer Socke (240) aus hitzebeständigen Fasern gebildet ist, die auf die rechteckige Metallplatte (220) aufgezogen ist und die mittels hitzebeständigen Metallfäden (241) aufgenäht ist.

11. Modellkopf gemäß Anspruch 9, wobei die Umhüllung aus hitzebeständigem Material aus einer Flechte aus hitzebeständigen Fasern 440 gebildet ist, die um die Metallplatte (220) herum gewickelt ist.

12. Modellkopf gemäß irgendeinem der Ansprüche 9 bis 11, wobei das besagte Mittel zur Abdichtung der Basis eine hitzebeständige Dichtung (230) auf der oberen Fläche der Basis und eine Platte zum Festklemmen (210) der hitzebeständigen Dichtung aufweist.

13. Modellkopf gemäß Anspruch 12, wobei die Metallplatte (220) mit der Platte zum Festklemmen (210) der hitzebeständigen Dichtung fest verbunden ist.

14. Modellkopf gemäß irgendeinem der Ansprüche 12 oder 13, wobei die Platte zum Festklemmen (210) der hitzebeständigen Dichtung wenigstens ein Loch (211) aufweist und wobei ein Mittel zur Befestigung des festen Metalls ein Bolzen (23) zur Fixierung der Platte zum Festklemmen ist, aufweisend einen Kopf für die Befestigung des gegossenen Metalls und einen Schaft (23A) mit einem Gewinde, der sich durch das Loch der Platte zum Festklemmen erstreckt und der in ein Gewindeloch der Basis (18) geschraubt ist.

15. Modellkopf gemäß irgendeinem der Ansprüche 8 bis 14, wobei die Basis (18) eine Form hat, die angepasst ist an den Guss von Rohlingen von Profilen von H-, von U-, von I-, von T- oder von L-Form, deren kleinste Abmessung zwischen 10 und 25 mm liegt.

Claims

1. Method for continuously casting a blank of a metal section, the cross-section of which has at least one portion (4), the concavity of which is directed towards the exterior of the section, whereby a liquid metal is poured into a continuous casting ingot mould (10) comprising a cooled ingot mould body (11), which ingot mould body defines a sprue channel (12) having a cross-section corresponding to the cross-section of the blank, the cross-section of the sprue channel comprising at least two adjacent portions (110; 111A, 111B) connected by a concave portion (112A, 112B), the concavity of which is directed towards the exterior of the sprue channel, the sprue channel of the ingot mould having a conicity C, a length L_C, a minimum transverse thickness E_{min}, the core of the blank having a solidification time t_s, **characterised in that**, once priming has been carried out, the extraction speed is maintained above a minimum extraction speed $Vmin = (L_C / t_s) \times A / (A + L_C\, CE_{min})$.

2. Method as claimed in claim 1, **characterised in that** before pouring the liquid metal into the ingot mould, a dummy bar head (17), comprising a base (18) and a refractory separation blade (22) joined to the base and designed to obstruct one of said adjacent portions (110) of the cross-section of the sprue channel on at least a part of the length of the sprue channel of the ingot mould body extending from the base towards the interior of the sprue channel of the ingot mould body, is placed in the ingot mould, after which pouring of the liquid metal is commenced and the dummy bar head is set in motion in the direction towards the exterior of the ingot mould.

3. Method as claimed in claim 2, wherein the casting ingot mould further comprises a connecting ring (14) and a refractory feed head (26) and the refractory separation blade (22) is designed to extend at least as far as a join between the feed head and the connecting ring.

4. Method as claimed in claim 2 or claim 3, wherein the section comprises a core (1) connected to at least one wing (2; 3) and the portion (110) of the cross-section of the sprue channel obstructed by the refractory separation blade is the portion of the cross-section of the sprue channel corresponding to the core (1) of the section.

5. Method as claimed in claim 4, wherein the section is an H, U, I, L or T section, the smallest dimension of which is between 10 and 25 mm.

6. Method as claimed in any one of claims 2 to 5, wherein the liquid metal is steel and the temperature of the liquid metal is adjusted so that overheating in the feed head is between 10°C and 60°C.

7. Method as claimed in claim 6, wherein when the dummy bar head is set in motion, the speed of the dummy bar head is increased from 0 m/s to a start-up speed Vd greater than the minimum extraction speed within a priming time Ta of between 0.5 s and 1.5 s, the speed is maintained at the start-up speed for a start-up time Td of preferably between 5 s and 20 s, and the speed of the dummy bar head is progressively increased to a casting speed Vc of preferably between 4 m/min and 12 m/min.

8. Dummy bar head (17) for implementing the method as claimed in any one of claims 1 to 5, comprising a base (18) of a shape designed to slide, and in doing so obstruct, the sprue channel (12) of a mould (11) for continuously casting a blank of a section, the cross-section of which comprises at least two adjacent portions (1, 2, 3) connected by a concave portion (4), the concavity of which is directed towards the exterior of the blank, at least one means (23) for anchoring solidified metal, at least one sealing means (230; 210) of the base, **characterised in that** it further comprises a refractory separation blade (22) extending above the top face of the base, the cross-section of the separation blade being designed to obstruct one of said portions (110) of the cross-section of the sprue channel whilst leaving the other portion or portions (111A, 111B) free.

9. Dummy bar head as claimed in claim 8, for which the separation blade (22) comprises a central frame comprising a metal plate (220) of a generally rectangular shape and a jacket (240, 440) of flexible refractory material.

10. Dummy bar head as claimed in claim 9, for which the metal plate (220) comprises a plurality of orifices (221) and the jacket is provided in the form of a sleeve (240) of refractory fibres threaded onto the rectangular metal plate (220) and stitched with the aid of refractory metal threads (241).

11. Dummy bar head as claimed in claim 9, for which the jacket of refractory material is provided in the form of a braid of refractory fibres 440, wound around the metal plate (220).

12. Dummy bar head as claimed in any one of claims 9 to 11, for which said sealing means of the base comprises a refractory seal (230) on the top face of the base and a locking plate (210) for the refractory seal.

13. Dummy bar head as claimed in claim 12, for which the metal plate (220) is joined to the locking plate (210) of the refractory seal.

14. Dummy bar head as claimed in any one of claims 12 or 13, for which the locking plate (210) of the refractory seal comprises at least one orifice (211) and a means for anchoring solid metal is a pin (23) for securing the locking plate, comprising a head for anchoring the cast metal and a rod (23A) having a thread extending through the orifice of the locking plate and screwed into a threaded orifice of the base (18).

15. Dummy bar head as claimed in any one of claims 8 to 14, for which the base (18) has a shape designed for casting blanks of sections having an H, U, I, T or L shape, the smallest dimension of which is between 10 and 25 mm.

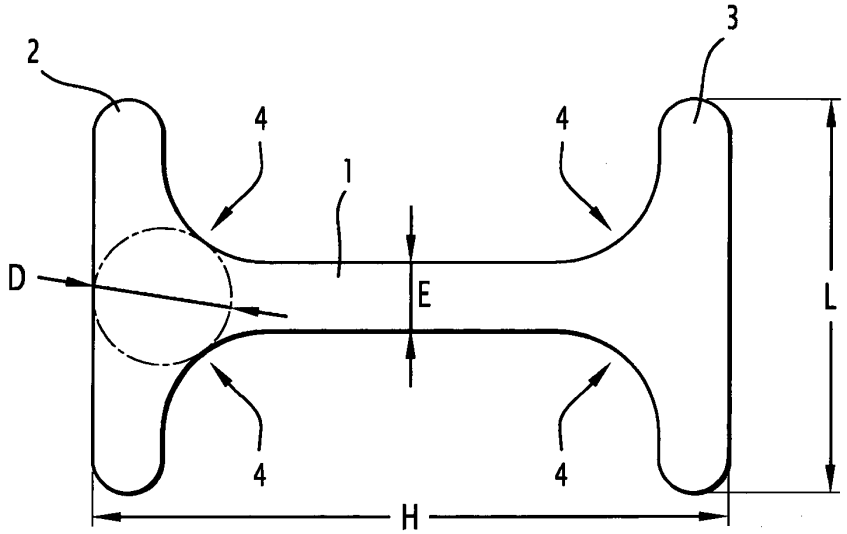

2
3
4
4
1
D
E
L
4
4
H

FIG.1

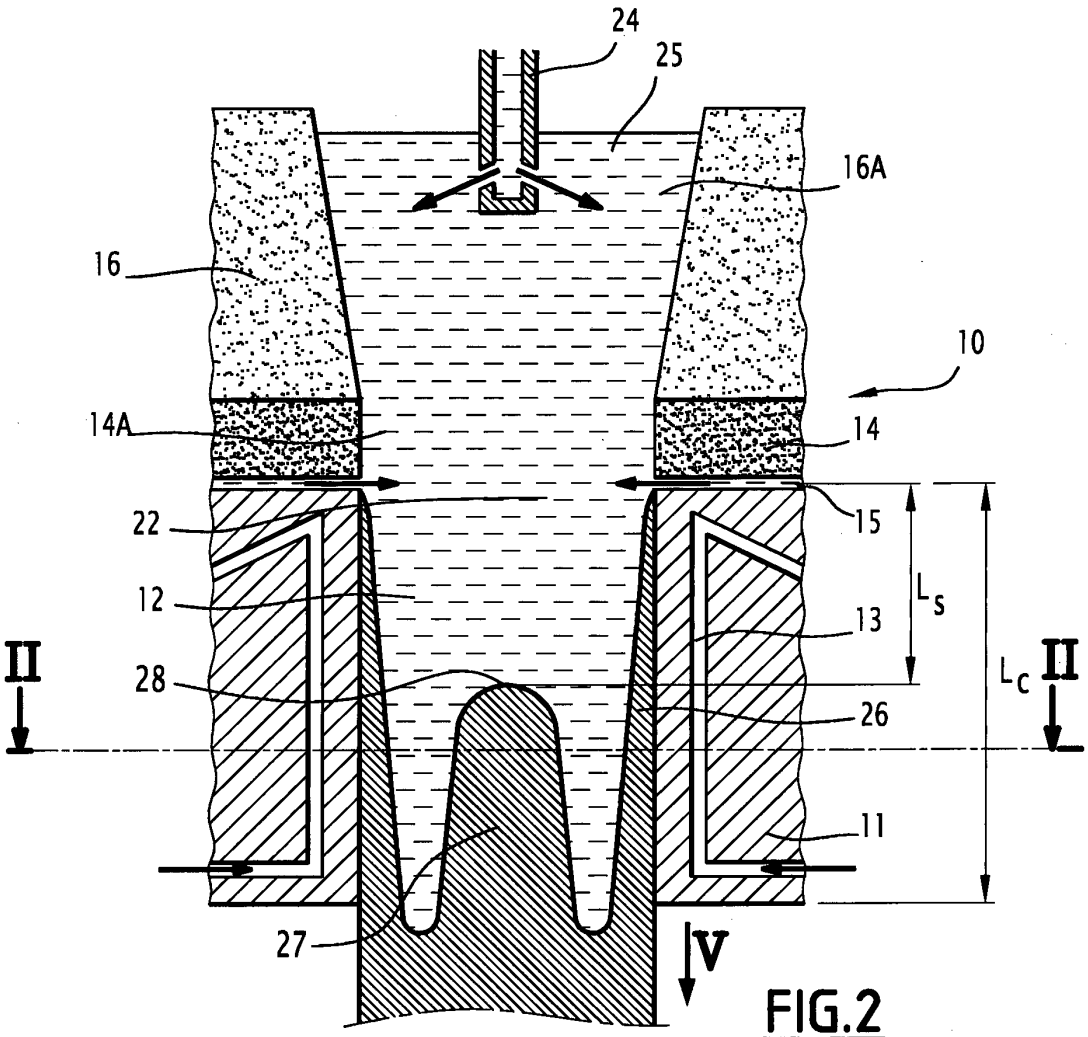

24
25
16A
16
10
14A
14
22
15
12
13
L_S
II
28
26
II
L_C
11
27
V

FIG.2

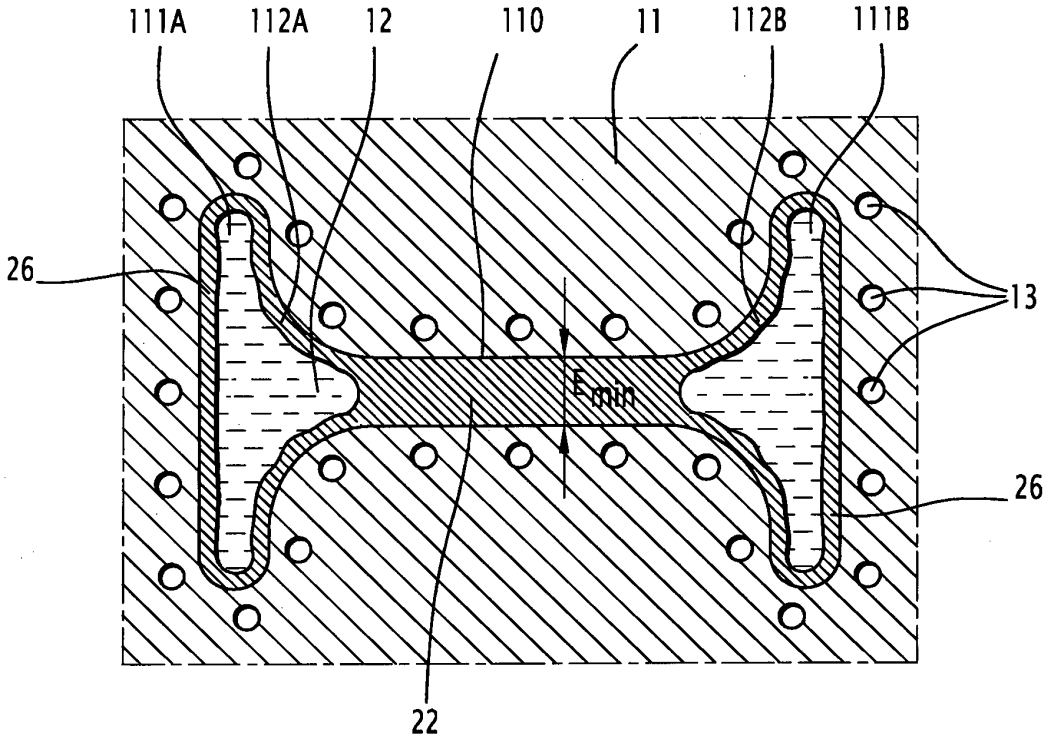

111A
112A
12
110
11
112B
111B
26
13
E min
26
22

FIG.3

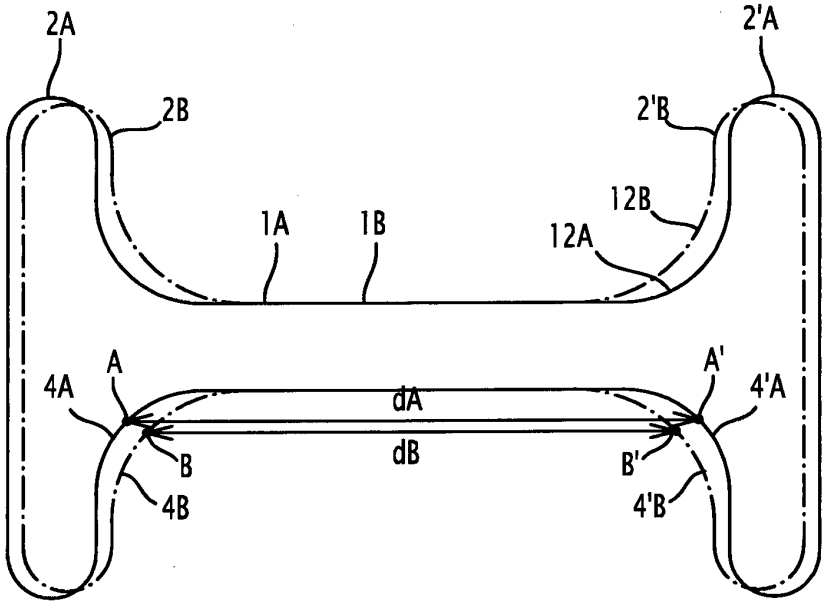

2A
2'A
2B
2'B
12B
1A
1B
12A
A
A'
4A
4'A
dA
dB
B
B'
4B
4'B

FIG.4

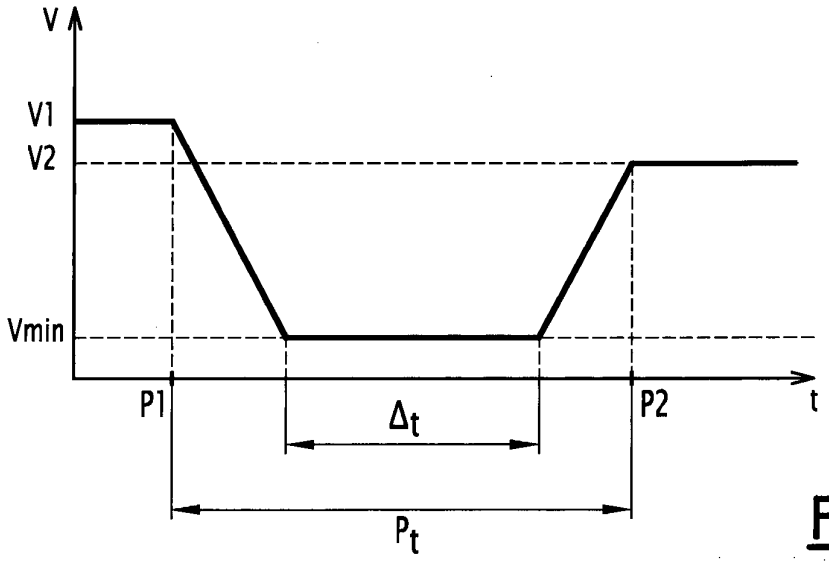

V
V1
V2
Vmin
P1
Δt
P2
t
Pt

FIG.5

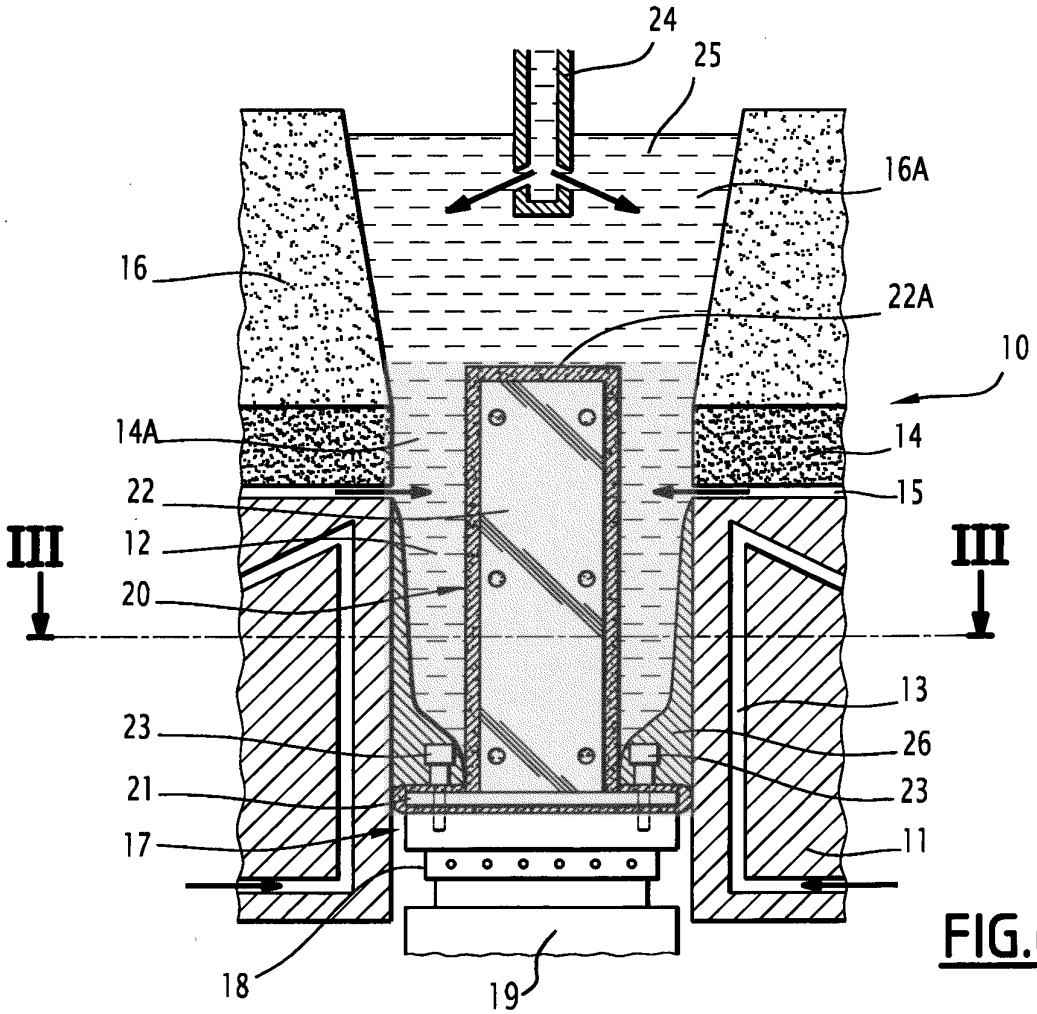

24
25
16A
16
22A
10
14A
14
22
15
III
12
III
20
13
23
26
23
21
17
11
18
19

FIG.6

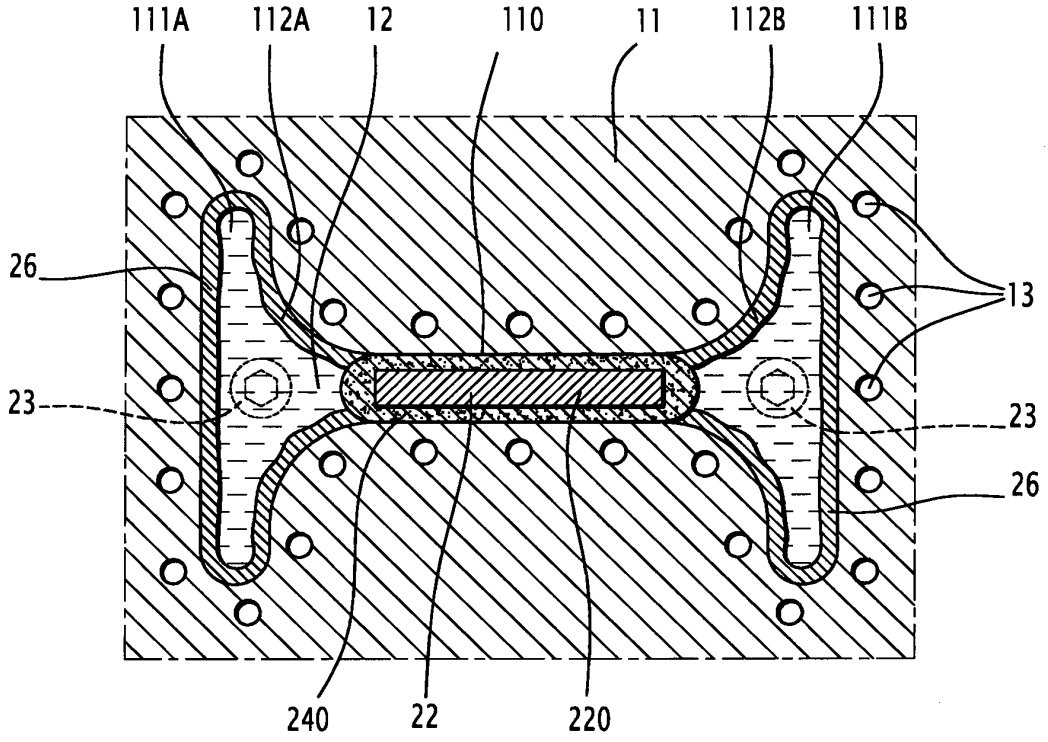

111A
112A
12
110
11
112B
111B
26
13
23
23
26
240
22
220

FIG.7

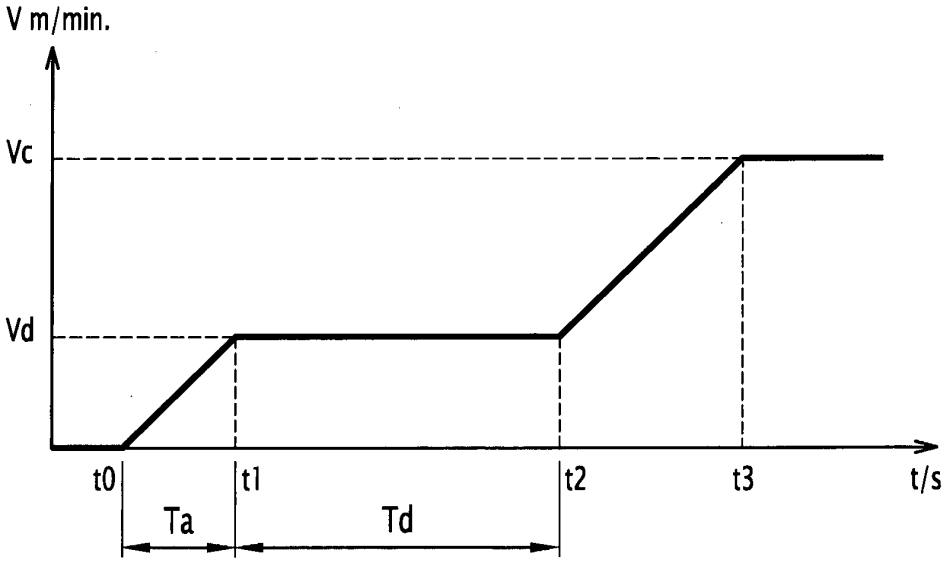

V m/min.
Vc
Vd
t0
t1
t2
t3
t/s
Ta
Td

FIG.12

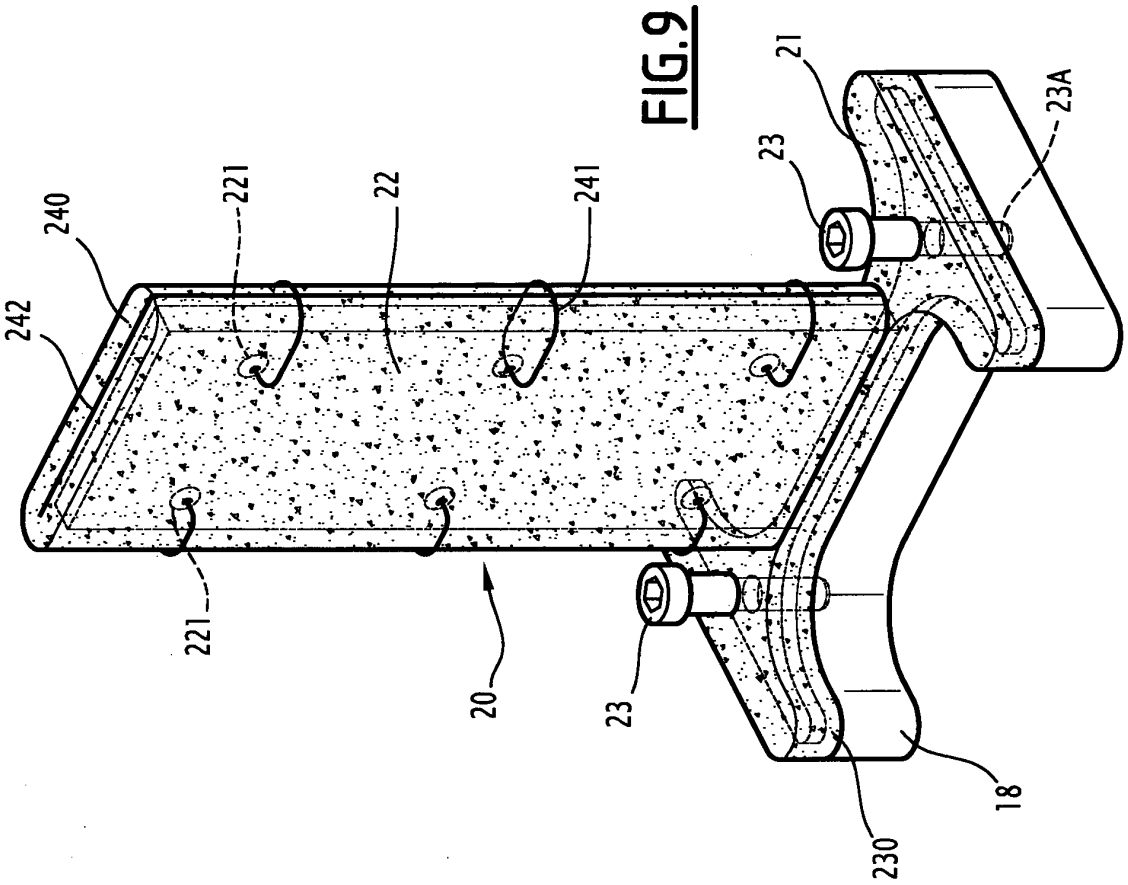

240
242
221
22
241
21
23
23A
221
20
23
18
230

FIG.9

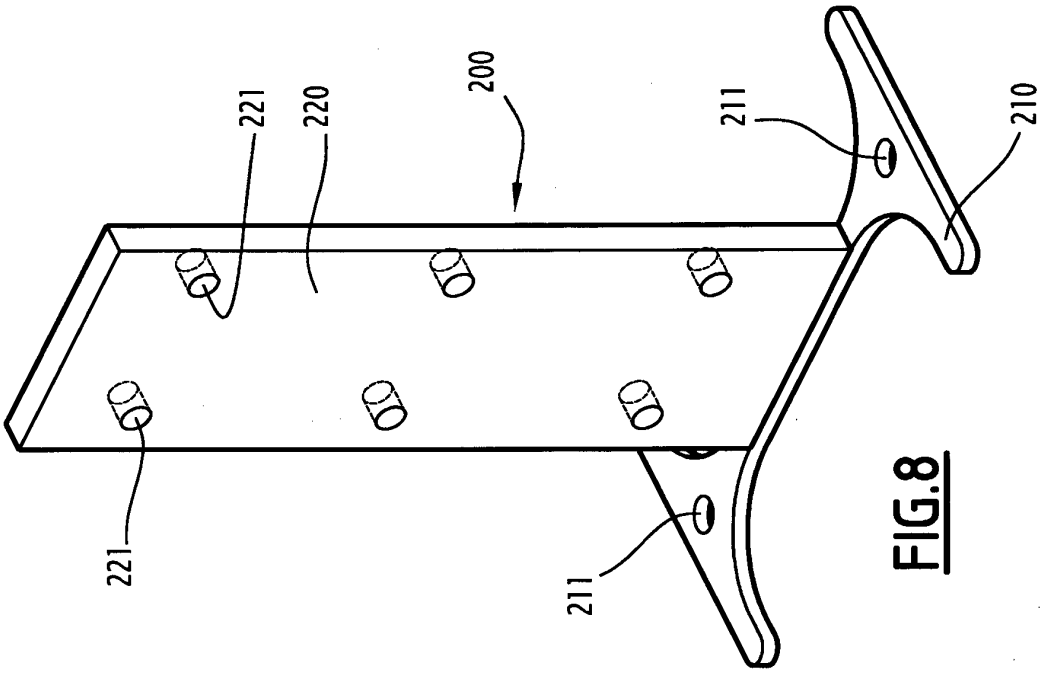

221
220
200
211
210
221
211

FIG.8

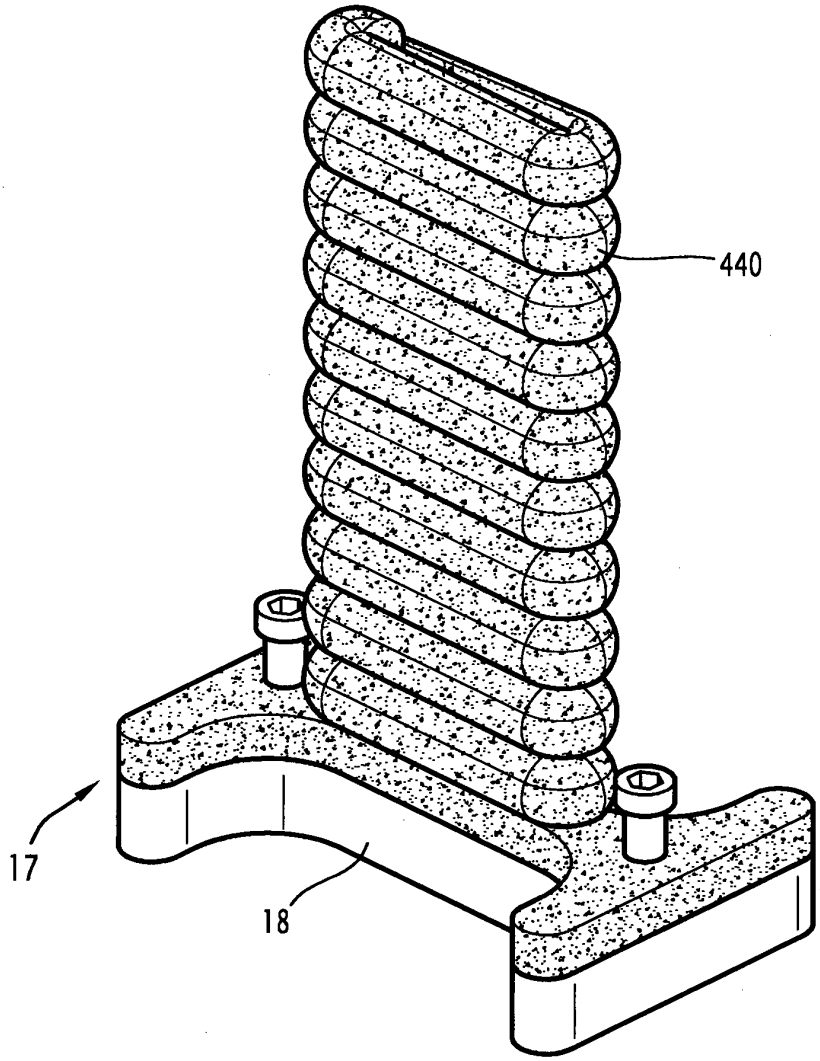


FIG.10

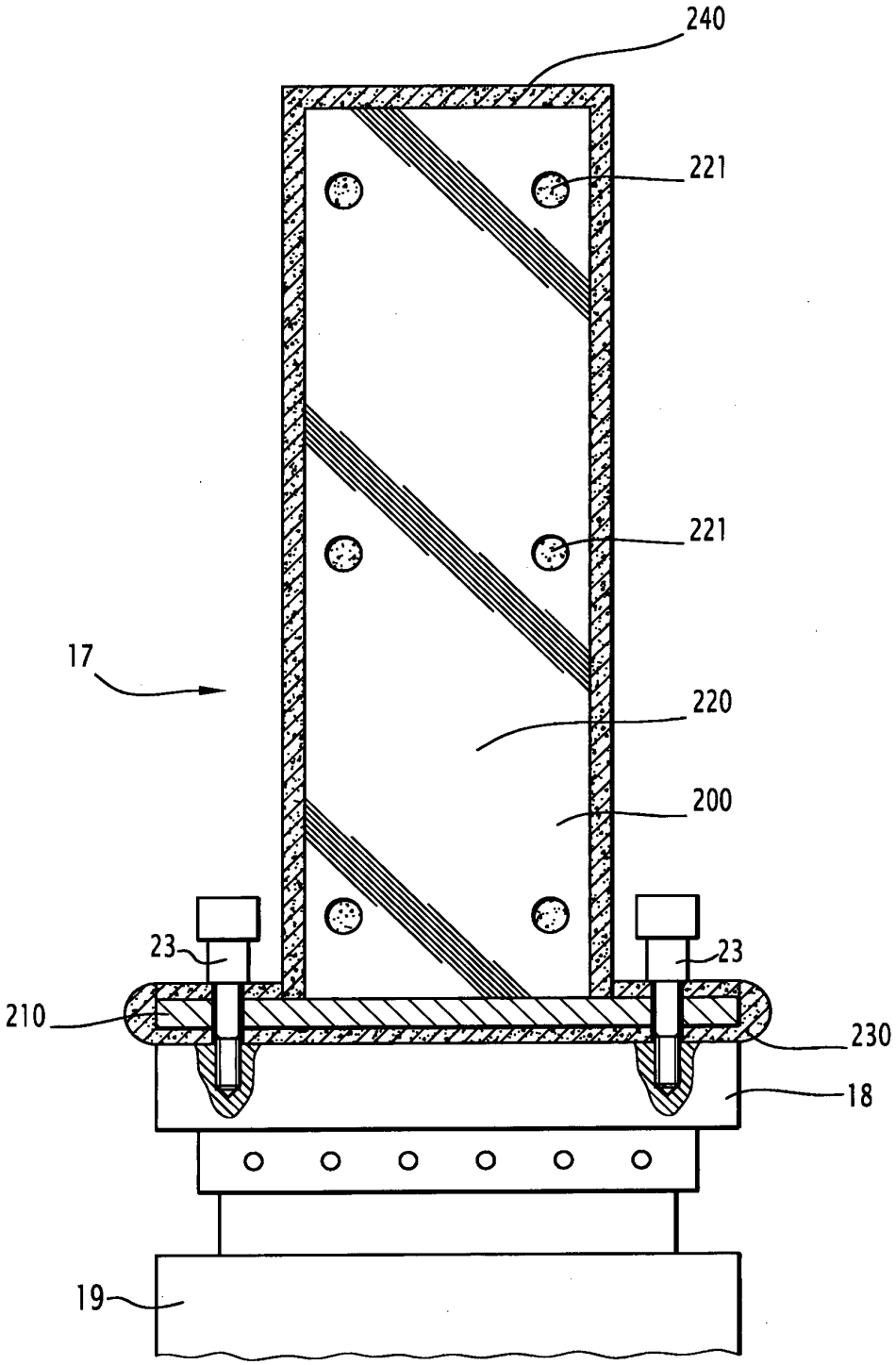


FIG.11

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2006108874 A **[0009]**
- WO 2006108872 A **[0009]**