

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
23 novembre 2017 (23.11.2017)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/198500 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B22D 11/049 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2017/061077

(22) Date de dépôt international :

09 mai 2017 (09.05.2017)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

16169884.0 17 mai 2016 (17.05.2016) EP

(71) Déposant : **GAP ENGINEERING SA** [CH/CH] ; Tech-
no-Pôle 5, 3960 Sierre (CH).

(72) Inventeurs : **VALLOTON, Julien** ; Route des Riddes 38,
1912 Leytron (CH). **LATHION, Yan** ; Route de la Californie 16, 1958 St-Léonard (CH).

(74) Mandataire : **BLANCHARD, Eugène** et al. ; Gevers SA,
Rue des Noyers 11, 2000 Neuchâtel (CH).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: VERTICAL SEMI-CONTINUOUS CASTING MOULD COMPRISING A COOLING DEVICE

(54) Titre : MOULE DE COULÉE SEMI-CONTINUE VERTICALE COMPORTANT UN DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT

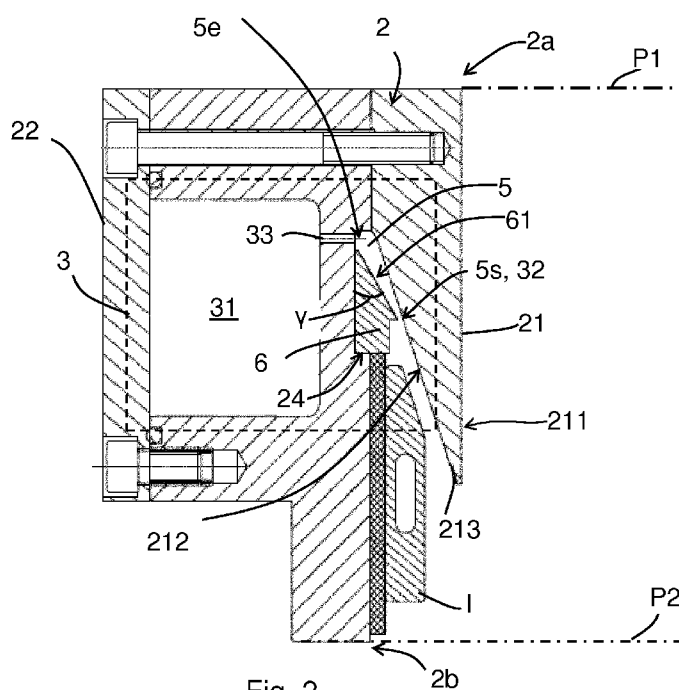


Fig. 2

(57) Abstract: The present invention relates to a semi-continuous casting mould comprising a frame (2) delimiting an upper opening (2a) and a lower opening (2b) which are separated from one another by an internal wall (211) of the frame, a cooling device (3) for cooling a flow (F) of liquid metal poured through said openings (2a, 2b) comprising a water reservoir (31) and a dispensing nozzle (32). According to the invention, the cooling device (3) comprises a dispensing chamber (5) formed between the water reservoir (31) and the dispensing nozzle (32) to dispense a stream of water in contact with the flow (F) of liquid metal downstream of the lower opening (2b) in the direction of pouring with a water flow rate (Qs) of between 0.3 L/cm/min and 1.5 L/cm/min. In addition, the mould moreover comprises a deflector of which a surface portion (s1), against which the stream of water is diffused, has a lower wettability than the rest

SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(s2) of the said surface so as to afford localized acceleration of the flow of the stream of water (4) as it passes over this portion (s1).

(57) Abrégé : La présente invention concerne un moule de coulée semi-continue comportant un cadre (2) délimitant une ouverture supérieure (2a) et une ouverture inférieure (2b) séparées l'une de l'autre par une paroi interne (211) du cadre, un dispositif de refroidissement (3) d'un flux (F) de métal liquide déversé au travers desdites ouvertures (2a, 2b) comportant un réservoir d'eau (31) et une buse de distribution (32). Selon l'invention le dispositif de refroidissement (3) comporte une chambre de distribution (5) ménagée entre le réservoir d'eau (31) et la buse de distribution (32) pour distribuer un filet d'eau au contact du flux (F) de métal liquide en aval de l'ouverture inférieure (2b) dans le sens de coulée avec un débit d'eau (Qs) compris entre 0.3 L/cm/min et 1.5 L/cm/min. De plus, le moule comporte par ailleurs un déflecteur dont une portion (s1) de surface, contre laquelle le filet d'eau est diffusé, présente une mouillabilité inférieure au reste (s2) de ladite surface afin de procurer une accélération localisée de l'écoulement du filet d'eau (4) au passage sur cette portion (s1).

Moule de coulée semi-continue verticale comportant un dispositif de refroidissement.**Domaine de l'invention**

L'invention concerne le domaine de la fabrication de produits de fonderie, notamment d'aluminium, tels que des plaques de laminage et des billettes de filage en alliages d'aluminium par coulée semi-continue verticale.

Plus précisément, l'invention concerne un moule, ou lingotière, de coulée perfectionné comportant un dispositif de refroidissement direct par écoulement continu d'un film aqueux au contact de la coulée métallique, le dispositif de refroidissement étant agencé pour contrôler la distance d'impact à la coulée métallique, que ce soit en coulée conventionnelle ou électromagnétique.

Dans le cadre de la présente demande, on utilisera indifféremment les termes « moule » ou « lingotière » qui sont bien connus comme équivalents par l'homme du métier dans le domaine technique de l'invention.

Etat de la technique

Dans le domaine de la fabrication de produits de fonderie tels que des plaques de laminage et des billettes de filage obtenus par coulée dans un moule, ou lingotière, on connaît depuis longtemps, comme présenté par exemple dans le brevet français FR 1 424 793 le refroidissement par diffusion d'un filet ou film d'eau à débit sensiblement constant en sortie de moule de la coulée métallique de manière à obtenir une trempe progressive et continue de l'alliage métallique en cours de solidification.

Un tel refroidissement permet avantageusement de maîtriser et minimiser le phénomène de cambrure du métal solidifié, autorisant un laminage à chaud, ou filage, ultérieur sans sciage préalable du pied de coulée, et ce en réduisant les altérations structurelles du métal solidifié et sa fragilisation, ce qui en facilite la mise en forme ultérieure, notamment par filage.

Le moule ou lingotière présente classiquement une forme annulaire de section horizontale rectangulaire ou circulaire selon le type de produit coulé, respectivement des plaques ou des billettes par exemple.

Lors des opérations de coulée, le moule est maintenu sur une table ouverte ou châssis et le métal ou alliage métallique en fusion est coulé dans ledit moule aux travers successivement de deux extrémités ouvertes, respectivement supérieure et inférieure, de celui-ci.

En début de coulée l'extrémité inférieure est obturée par un fond mobile monté traditionnellement sur vérin et qui se déplace en descendant à vitesse constante déterminée au cours de la coulée, le métal en fusion étant déversé de manière continue au travers de l'extrémité supérieure du moule.

5 Dès que le métal est versé au travers de l'extrémité supérieure du moule celui-ci est refroidi au contact d'un élément externe constitué par les parois internes du moule et/ou un film d'eau s'écoulant sous l'extrémité inférieure du moule. Le métal solidifié s'extrait alors par la partie inférieure du moule et la plaque ou billette est ainsi formée.

10 En coulée semi-continue, la difficulté réside dans la réussite du passage de la vitesse nulle du début de formation du produit à la vitesse de régime permanent. Ce passage se traduit par une déformation du pied de plaque, connue de l'homme du métier sous le nom de cambrure. Si elle est trop prononcée, ce qui se produit lorsque le pied est refroidi trop violemment, la cambrure peut engendrer ce que l'homme du métier appelle des « fissures », qui peuvent parfois dégénérer en « pendants », c'est-à-dire un coincement de la plaque
15 dans son moule. La cambrure associée à un régime de refroidissement inadapté peut aboutir, de façon moins catastrophique, à la cassure du pied ou à des fentes dans le pied. Ces cassures ou fentes sont tout à fait nuisibles car elles peuvent se propager en régime permanent conduisant de ce fait au rebut du produit, sinon et pour le moins, elles empêchent le laminage à chaud de la plaque sans sciage du pied pour restaurer l'intégrité du produit.
20 Enfin une cambrure qui n'entraîne aucun rebut de coulée se traduit toutefois par des variations de section du produit qui peuvent empêcher le laminage des produits sans sciage du pied.

Pour limiter la cambrure il est connu de l'homme du métier qu'il faut extraire moins de chaleur du produit pendant la phase de démarrage de la coulée qu'en régime permanent.

25 Il est en particulier nécessaire de réduire suffisamment le débit de refroidissement au démarrage pour obtenir un régime de caléfaction stable, qui extrait beaucoup moins de chaleur que le régime d'ébullition nucléée ou le régime de ruissellement. Par ailleurs il est connu que la vitesse de cambrure est une fonction croissante de la vitesse de démarrage, ce qui conduit à démarrer la coulée à une vitesse qui est généralement inférieure à la vitesse de
30 coulée de régime permanent.

Les paramètres les plus importants sont de façon connue la vitesse de remplissage et la température de coulée, une faible extraction de chaleur au début de la phase de démarrage en utilisant une quantité d'eau suffisamment faible et d'efficacité thermique adaptée en relation avec sa qualité, le choix approprié de la vitesse de démarrage en regard
35 du débit d'eau initial, enfin le choix, en fin de phase de démarrage, de la rampe de montée en vitesse de coulée et d'accroissement du débit d'eau de refroidissement qui permettent

d'atteindre les paramètres de vitesse et de refroidissement adaptés au régime permanent de coulée en garantissant la bonne santé du pied et la minimisation de sa cambrure.

Ceci peut être obtenu avec des lingotières connues sous l'appellation de «Waterhole» (moules à trous) dont l'architecture intérieure et les diamètres de trous permettent d'atteindre
5 de très faibles débits tout en garantissant une très bonne uniformité du débit le long du moule.

La demande WO 2005/092540A1 et les brevets US 7,007,739 B2, US 5,518,063, US 5,582,230, et US 5,685,359, de « Wagstaff Inc. » divulguent des lingotières équipées d'un système d'arrosage séquentiel permettant d'obtenir le régime de caléfaction au démarrage,
10 puis d'assurer dans un second un refroidissement suffisant en régime permanent par la procuration de différents jeux de trous d'arrosage.

Cette technologie n'est toutefois pas entièrement satisfaisante comme exposé dans la demande WO 20131004846 A1, qui divulgue un dispositif de refroidissement pour lingotière de coulée semi continue à double-jets.

15 Un inconvénient additionnel des lingotières de type « waterhole » tel que précédemment présenté réside dans leur inadaptation à la coulée d'alliages dits durs, alors même que ceci constitue une demande forte de l'industrie actuellement.

En effet, les alliages dits durs présentent une forte sensibilité à la crique à chaud et des contraintes très élevées y apparaissent rapidement lors d'un refroidissement trop rapide qui
20 risquent de fragiliser les pièces coulées. Il est impératif de limiter tous les gradients de température locaux qui peuvent se traduire par des contraintes internes localement très élevées. Il est de ce fait nécessaire de ne pas impacter trop tôt ou trop directement le métal liquide à sa sortie du moule pour ménager une phase initiale de refroidissement « naturel » de l'alliage nécessaire à la bonne caléfaction de celui-ci avant d'entamer la trempe par
25 diffusion de jets ou film d'eau.

Toutefois, la maîtrise d'une telle phase initiale de refroidissement s'avère particulièrement complexe dans le cadre de coulée dite « électromagnétique » ou « EMC » pour « electromagnetic casting » en anglais, dans lesquelles le métal liquide n'est pas initialement refroidi par contact sur la paroi interne du moule contrairement aux coulées
30 conventionnelles. Des exemples de moules pour de telles coulées « EMC » sont présentés par exemple dans les documents US 4,351,384 et EP 0 227 596 A1.

Dans de telles coulées électromagnétiques les seuls vecteurs de refroidissement sont l'air environnant et l'eau projetée sur la coulée par écoulement sur un plan incliné agencé sur un déflecteur. L'unique solution pour maîtriser la trempe consiste dans ce cas à maîtriser de
35 façon très précise la localisation du point d'impact de l'eau sur le métal liquide s'écoulant au

travers du moule, notamment après la phase de coulée initiale lorsque le fond mobile s'éloigne du moule.

Les lingotières connues ne permettent pas de maîtriser de façon satisfaisante le positionnement du point d'impact de l'eau de refroidissement. En effet, les seuls paramètres permettant d'ajuster la position du point d'impact sont la longueur du déflecteur et le débit d'eau sur ce déflecteur. La longueur du déflecteur étant quasi-contrainte par le positionnement des inducteurs magnétiques des moules seul le débit d'eau reste un réel paramètre d'ajustement du point d'impact à la coulée.

Il est toutefois extrêmement délicat de jouer sur ce paramètre également dans la mesure où un débit trop faible d'eau engendre un phénomène de « perlage » de l'eau par effet de tension de surface à l'extrémité du déflecteur, donc une distribution d'eau non constante sur la coulée. De la même façon un débit trop fort implique un impact du flux d'eau sur la coulée avec non seulement un refroidissement trop rapide, mais également des projections et des déformations locales dans la croute du lingot affectant l'état de surface de celui-ci.

Pour pallier ce problème, des techniques de pulsation de l'eau et / ou de projection de CO₂ ont été proposées pour diminuer le refroidissement surtout dans la phase de démarrage de coulée. Ces techniques complexifient cependant sensiblement le procédé de coulée.

Objet de l'invention

L'invention a pour objet principal de procurer un moule de coulée semi-continue perfectionné, qui résolve au moins partiellement les inconvénients précités des moules ou lingotières connus de l'art antérieur.

Un but de l'invention est notamment de procurer un moule de coulée semi-continue qui permette une maîtrise du point d'impact du flux d'eau de refroidissement sur une coulée d'alliage métallique liquide en coulée semi-continue, notamment pour des coulées électromagnétiques.

A cet effet, la présente invention propose un moule de coulée semi-continue tel que défini à la revendication 1 et un procédé de refroidissement tel que défini à la revendication 14.

Selon l'invention, le moule de coulée proposé comporte :

- un cadre délimitant une ouverture supérieure et une ouverture inférieure s'étendant respectivement dans deux plans parallèles, les dites ouvertures étant séparées l'une de l'autre par une paroi interne du cadre,

- 5 - un dispositif de refroidissement d'un flux de métal liquide déversé au travers desdites ouvertures dans un sens de coulée depuis l'ouverture supérieure vers l'ouverture inférieure, le circuit de refroidissement comportant un réservoir d'eau et une buse de distribution en communication fluidique avec ledit réservoir et configurée pour diffuser un filet d'eau au contact du flux de métal liquide en aval de l'ouverture inférieure dans le sens de coulée.

10 Avantageusement, le dispositif de refroidissement comporte une chambre de distribution ménagée entre le réservoir d'eau et la buse de distribution, ladite chambre présentant un volume inférieur au volume du réservoir d'eau et communiquant par une entrée avec le réservoir d'eau et par une sortie avec la buse de distribution, ladite sortie étant dimensionnée de telle sorte que le débit d'eau au niveau de ladite sortie soit compris entre 0.3 L/cm/min et 1.5 L/cm/min.

15 Le moule de la présente invention permet avantageusement une réduction significative du débit d'eau de refroidissement au contact de la coulée de métal liquide par l'intermédiaire de la chambre de distribution qui permet de créer un réservoir tampon de volume réduit à partir duquel est diffusé de manière constante un filet d'eau de refroidissement à faible débit pour contrôler le point de contact de l'eau à la coulée afin de procéder à une trempe continue sans impact susceptible de générer des contraintes mécaniques néfastes dans la structure du métal lors de la trempe. On peut ainsi s'affranchir de toute diffusion pulsatile de l'eau de refroidissement ainsi que de multiples jets comme dans les techniques connues de l'art antérieur.

20 Dans une forme préférée de réalisation, le cadre comporte un déflecteur dont une première surface plane forme la paroi interne du cadre et une seconde surface forme une paroi d'écoulement du filet d'eau diffusé par la buse de distribution vers le flux de métal liquide en aval de l'ouverture inférieure, la seconde surface s'étendant dans un plan sécant du plan de la première surface et faisant face à la buse de distribution.

30 Avantageusement l'utilisation d'un déflecteur permet d'améliorer et guider l'écoulement de l'eau de refroidissement depuis la chambre de distribution vers un point d'impact déterminé à la coulée situé sensiblement en aval de l'extrémité inférieure du moule. Dans le cadre de coulée électromagnétique le déflecteur permet également de contrôler et guider le flux d'eau de refroidissement pour prévenir tout contact de celui-ci aux inducteurs magnétiques positionnés au niveau de l'extrémité inférieure du moule.

35 Afin d'optimiser le guidage du filet d'eau vers un point d'impact suffisamment bas par rapport à la point du déflecteur malgré le débit faible d'écoulement une portion de la deuxième surface du déflecteur contre laquelle le filet d'eau est diffusé par la buse de distribution présente une mouillabilité inférieure au reste de ladite deuxième surface afin de

procurer une accélération localisée de l'écoulement du filet d'eau au passage sur cette portion

Dans une forme de réalisation, le cadre comporte un coffre à l'intérieur duquel est aménagé le dispositif de refroidissement.

- 5 Dans une forme de réalisation, une extrémité inférieure du déflecteur est formée à une intersection des première et deuxième surfaces du déflecteur, lesdites première et deuxième surfaces délimitant entre elles à l'extrémité inférieure un angle α , ledit angle α étant compris de préférence entre 5° et 45°, de préférence encore entre 10° et 20°.

- 10 Dans une forme de réalisation, le déflecteur est fixé solidairement sur le coffre de telle sorte que la première surface du déflecteur soit verticale et la deuxième surface du déflecteur soit inclinée par rapport à la 1^{ère} et présente un écartement (d) croissant avec le coffre depuis la buse de distribution vers l'extrémité inférieure du déflecteur.

Avantageusement, la longueur de la portion de mouillabilité inférieure du déflecteur est d'au plus 30 mm.

- 15 Dans une forme de réalisation, la portion de la deuxième surface de mouillabilité supérieure s'étend jusqu'à l'extrémité inférieure du déflecteur et sa longueur et de préférence d'au plus 6 mm.

Dans une forme de réalisation, ladite portion de mouillabilité supérieure comporte un matériau distinct du reste de la deuxième surface.

- 20 Dans une forme de réalisation, ladite portion de mouillabilité supérieure comporte un insert en polytétrafluoroéthylène (PTFE).

Dans une forme de réalisation, il comporte une entretoise logée entre le déflecteur et le coffre et fixée sur ce dernier, ladite entretoise étant agencée pour former ladite chambre de distribution entre le coffre et le déflecteur.

- 25 Dans une forme de réalisation, la sortie de la chambre de distribution forme la buse de distribution.

- 30 Dans une forme de réalisation, la buse de distribution est formée par un interstice ménagé entre l'entretoise et la deuxième surface du déflecteur, ledit interstice présentant avantageusement une longueur d'au plus 6 mm, et de préférence une longueur comprise entre 1 mm et 2 mm.

Dans une forme alternative de réalisation, notamment pour la réalisation d'un moule de coulée conventionnelle, la buse de distribution peut être formée par un orifice traversant formé dans l'entretoise ou est logée dans un tel orifice.

Descriptifs des figures

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un exemple de réalisation faite en référence aux figures annexées parmi lesquelles :

- 5 - la figure 1 représente schématiquement un procédé de coulée semi-continue d'un lingot d'alliage d'aluminium ;
- la figure 2 représente une vue en coupe d'un moule conforme à la présente invention ;
- la figure 3 représentent vue en coupe longitudinale d'un déflecteur du moule de la figure 2 et le positionnement relatif, lors d'une coulée de type EMC, par rapport à la
- 10 coulée dudit déflecteur et du point d'impact d'un flux d'eau de refroidissement distribué le long du déflecteur sur la coulée ;
- la figure 4 représente un détail de la pointe du déflecteur du moule de la figure 2 représentant la géométrie particulière de l'extrémité inférieure dudit déflecteur comportant un insert de polytétrafluoroéthylène.

15

Description d'un mode de réalisation

L'invention se rapporte à un moule de coulée semi-continue de barres d'alliage métallique, et plus particulièrement d'alliages d'aluminium. Bien que non exclusivement réservé à ce type de coulées, le moule de la présente invention va être décrit ci-après en

20 référence aux figures annexées pour une application dans le cadre de procédés de coulée de type électromagnétique, communément connue sous le nom de coulée « EMC » pour « Electro Magnetic Casting » en anglais.

Suivant un tel procédé de coulée, l'alliage d'aluminium à l'état liquide est déversé dans le moule est refroidi sans contact sur la paroi interne du moule contrairement aux coulées

25 conventionnelles, mais uniquement par caléfaction de métal au contact d'un flux de liquide de refroidissement distribué par le moule à débit sensiblement constant, le métal liquide étant repoussé et guidé par induction au moyen d'inducteurs intégrés en partie basse du moule et protégés par un écran déflecteur.

La figure 1 représente schématiquement le principe générique d'une coulée semi-

30 continue conventionnelle ou EMC d'une barre d'un alliage d'aluminium.

L'alliage à l'état liquide est déversé, conformément à la flèche F1, directement dans un moule 1, également communément appelé lingotière. Le moule 1 comporte un cadre 2 délimitant une ouverture supérieure 2a et une ouverture inférieure 2b s'étendant dans deux plans parallèles P1, P2 respectivement et un fond 2m porté sur un vérin non représenté afin

35 d'être mobile au travers desdites ouvertures 2a, 2b et suivant une direction rectiligne

descendante représentée par la flèche F2 en deçà du cadre 2 au fur et à mesure de la coulée et de la formation de la barre d'aluminium B.

Pour débiter la coulée, le fond 2m est positionné au niveau de l'extrémité inférieure 2b dans le plan P2. On déverse doucement un flux de métal liquide au travers des ouvertures 2a, 2b et sur le fond 2m de manière à former un pied de coulée solide. Les conditions particulières et paramètres de coulée pour réaliser ce pied de coulée sont bien connues et maîtrisés par l'homme du métier et ne seront pas décrites ici car non pertinentes avec l'objet de l'invention.

Dès le pied de coulée formée, le fond 2m du moule 1 est descendu suivant la flèche F2 en retrait du moule, à vitesse croissante dans un premier temps puis à vitesse constante de manière à obtenir une barre métallique B d'aluminium de dimensions et propriétés physiques homogènes, ladite barre résultant du refroidissement et de la solidification du métal liquide déversé en continu au travers des ouvertures 2a, 2b du cadre 2 du moule. Ce refroidissement est procuré d'une part par contact sur la paroi interne 21 du moule et d'autre part au contact d'un filet de liquide de refroidissement distribué au niveau de l'ouverture inférieure 2b du moule pour une coulée conventionnelle ou, dans le cadre d'une coulée électromagnétique EMC, uniquement par contact avec un filet continu de liquide de refroidissement distribué au niveau de l'ouverture inférieure 2b du cadre du moule.

La présente invention propose un moule de coulée semi-continue 1 permettant un refroidissement amélioré par diffusion d'un flux de liquide de refroidissement à bas débit au contact du métal liquide lors de la coulée, que ce soit dans le cadre d'une coulée conventionnelle ou d'une coulée électromagnétique EMC.

Un exemple particulier de réalisation du moule 1 de l'invention est représenté sur les figures 2 à 4.

La figure 2 représente une section verticale d'un moule 1 selon l'invention adapté pour la mise en œuvre d'une coulée électromagnétique EMC. Ce moule 1 comporte un cadre 2 comportant un coffre 22 à l'intérieur duquel est aménagé un dispositif de refroidissement 3 comportant un réservoir d'eau de refroidissement 31 en communication fluide avec une buse de distribution 32 par l'intermédiaire d'un conduit de distribution 33 percé dans une paroi interne du coffre 22. Un inducteur magnétique I est fixé sur une paroi interne du coffre 22 sensiblement au niveau de l'ouverture inférieure 2b du cadre 2 ou légèrement au-dessus de celle-ci.

Le cadre 2 comporte également un déflecteur 21 fixé solidement sur le coffre 2 en regard du conduit de distribution 33. Le déflecteur 21 comporte une première surface plane 211 formant une paroi verticale interne du cadre 2 et une seconde surface plane 212. Le déflecteur 21 s'étend sensiblement jusqu'au centre de l'inducteur. Le dimensionnement et

positionnement du déflecteur 21 en regard de l'inducteur I dans un moule de coulée semi-continue de type électromagnétique EMC sont parfaitement connus de l'homme du métier dans ce domaine et ne seront pas précisés plus en détail ici.

Comme cela ressort plus particulièrement de la figure 3, la seconde surface 212 du
5 déflecteur 21 constitue une paroi d'écoulement d'un filet 4 d'eau de refroidissement diffusé par la buse de distribution 32 vers un flux F de métal liquide à refroidir par contact direct du filet 4 sur le flux F de métal en fusion en un point de contact C situé en aval de l'ouverture inférieure 2b du cadre 2 du moule 1.

A cet effet, la seconde surface 212 du déflecteur 21 fait face à la buse de distribution
10 32 et s'étend dans un plan sécant du plan vertical de la première surface 211, l'angle α formé entre les deux surfaces 211, 212 étant compris, comme représenté sur la figure 4 entre 5° et 45°, et préférentiellement entre 10° et 20°.

De plus, la surface 212 du déflecteur 21 comporte avantageusement une portion s1, de
préférence une portion d'extrémité de la surface 212 à l'opposé de la buse de distribution 32, présentant une mouillabilité inférieure au reste s2 de la surface 212. En d'autres termes, la
15 portion de surface s1 est plus hydrophobe que le reste s2 de la surface 212. Ainsi, lorsque l'eau de refroidissement passant sur cette portion s1 tend à perler et glisser plus rapidement que sur le reste s2 de la surface 212 en amont de cette portion s1 depuis la buse de distribution 32. De préférence, la portion s1 présente une longueur λ maximale de l'ordre de
20 30 mm, et de préférence encore de l'ordre de 5 à 10 mm.

L'accélération localisée de l'eau de refroidissement au contact de la portion s1 en
extrémité de déflecteur 21 permet d'assurer que celle-ci s'écoule bien suivant la direction de la surface 212 vers le flux de métal liquide F à refroidir en réduisant la tension superficielle à
l'extrémité du déflecteur 21, et ce sans augmenter le débit d'écoulement en sortie de buse
25 de distribution 32. On maîtrise ainsi, en particulier dans le cadre de coulées électromagnétiques, le positionnement du point d'impact du filet d'eau d'écoulement dans l'axe de la surface d'écoulement 212 du déflecteur 21.

La portion s1 de mouillabilité inférieure peut être ménagée dans la surface 212 par
traitement de surface localisé dans la masse du déflecteur 21, par revêtement de surface
30 pour rendre la portion s1 plus hydrophobe que le reste s2 de la surface 212, ou encore comme dans l'exemple représenté par intégration d'un insert 213 de matière appropriée, notamment de polytétrafluoroéthylène (PFTE), également connu sous le nom commercial Teflon ®. L'insertion d'un insert 213 nécessite de préférence l'usinage d'un retrait ou épaulement adapté pour recevoir l'insert 213. De façon avantageuse, ledit retrait peut être
35 usiné de sorte à procurer une inclinaison finale de la surface 212 au niveau de la surface s1 plus prononcée que l'inclinaison du reste s2 de la surface 212 du déflecteur, ce afin d'augmenter encore l'effet d'accélération localisée de l'eau au passage sur la portion s1. En

pratique on peut prévoir que l'insert 213 présente une inclinaison sensiblement supérieure de quelques degrés que la surface 212, toujours cependant dans une plage angulaire comprise entre 10 et 20°; ainsi si la surface 212 présente par exemple un angle α de 18° par rapport à la surface verticale plane 211, l'insert 213 formant la portion s1 pourra présenter un angle Δ de l'ordre de 16° par rapport à la même surface 211.

Conformément à l'invention, le dispositif de refroidissement 3 comporte une chambre de distribution 5 ménagée entre le réservoir d'eau 31 et la buse de distribution 32. Cette chambre de distribution 5 présente un volume v inférieur au volume V du réservoir d'eau 31 et elle communique par une entrée 5e, formée par le conduit 33, avec le réservoir d'eau 31.

Les valeurs particulières des volumes v , V de la chambre de distribution 5 et du réservoir 31 ainsi que leur proportion relative ne joue pas de rôle déterminant et peuvent être librement choisis par l'homme du métier. Une sortie 5s de la chambre de distribution 5 constitue avantageusement la buse de distribution 32.

La chambre de distribution 5 est avantageusement ménagée entre le coffre 22 et le déflecteur 21 par l'intermédiaire d'une entretoise 6 fixée sur un épaulement 24 formé dans une paroi externe du coffre 22 située en regard de la paroi 212 du déflecteur 21. Cette entretoise 6 présente une forme analogue à celle du déflecteur 21 et comporte un plan incliné 61 faisant face à la paroi 212 du déflecteur 21. Ce plan incliné 61 est de façon avantageuse orienté suivant un angle γ compris entre 0° et 90°, et de préférence compris entre 0° et 40°. Les inclinaisons respectives du plan incliné 61 de l'entretoise 6 et de la paroi 212 du déflecteur 21 sont ainsi avantageusement différentes de telle sorte que la chambre de distribution présente une section décroissante depuis son entrée 5e vers la sortie 5s de manière à générer une surpression au niveau de la sortie 5s qui forme la buse de distribution 32, qui résulte d'un interstice d'une longueur inférieure au diamètre du conduit 33 constituant l'entrée 5e de la chambre 5. Cette interstice formant la buse de distribution 32 est avantageusement d'une longueur inférieure à 6 mm, et de préférence d'une longueur comprise entre 1 et 2 mm entre une extrémité inférieure du plan incliné 61 et la paroi 212.

La chambre de distribution 5 et sa configuration particulière décrite ci-dessus et représentée à la figure 2 constitue ainsi une chambre tampon auto-pressurisée permettant la diffusion au contact de la paroi 212 d'un filet 4 d'eau de refroidissement avec un débit d'eau Q_s au niveau de la sortie 5s de la chambre de distribution 5 avantageusement compris entre 0.3 L/cm/min et 1.5 L/cm/min. Dans la phase de démarrage de la coulée, on veillera à maintenir le débit de sortie Q_s entre 0.3 L/cm/min et 0.6 L/cm/min de préférence.

La diffusion d'un filet 4 d'eau de refroidissement à faible débit procure l'avantage de permettre un écoulement de l'eau essentiellement par gravité le long de la paroi 212 en direction de la coulée métallique F dans le moule 2 pour refroidir ladite coulée et réaliser une

trempe contrôlée sans impact mécanique de l'eau au contact de la coulée ni choc thermique au sein du métal trempé.

De plus, cet écoulement contrôlé à débit réduit de l'eau permet, notamment en coopération avec une portion de surface s1 de mouillabilité inférieure localisée à l'extrémité de la surface 212, de maîtriser le positionnement du point d'impact C (figure 3) de l'eau à la coulée en aval de l'extrémité du déflecteur 21 à une distance X du plan P1 et de l'ouverture supérieure 2a du cadre 2 comprise entre 100 et 200 mm, de préférence entre 110 et 160 mm en fonction du dimensionnement dudit cadre 2, la distance Y de la coulée F à la surface interne 211 du déflecteur 21 étant comprise entre 0 et 10 mm selon que l'on soit en coulée conventionnelle ou électromagnétique.

On obtient ainsi grâce au moule de la présente invention un meilleur refroidissement et une meilleure trempe du flux de métal liquide F procurant ainsi des barres B de meilleure qualité et nécessitant moins de traitements ou reprises en vue de leur mise en forme et exploitation ultérieures.

La présente invention a été décrite en référence à un exemple de réalisation particulier d'un moule 1 adapté pour la réalisation de coulées électromagnétiques de type EMC. Toutefois les principes et caractéristiques particulières de l'invention et notamment la procuration d'une chambre de distribution 5 entre le réservoir 3 et la buse de distribution pour réduire le débit d'écoulement du filet d'eau de refroidissement peuvent de manière analogue s'appliquer à la réalisation de moules de coulée conventionnelle, par exemple un moule tel que le moule 1 de la figure 2 dépourvu d'inducteur 1.

Par ailleurs, bien que le cadre 2 de moule 1 représenté sur les figures annexées comporte un déflecteur 21 et une entretoise 6 rapportés et fixés sur le coffre 22 du cadre par tous moyens appropriés on pourrait également envisager de réaliser ces différents éléments d'un seul tenant de matière par moulage et usinage

Revendications

1. Moule (1) de coulée semi-continue comportant :

- un cadre (2) délimitant une ouverture supérieure (2a) et une ouverture inférieure (2b) s'étendant respectivement dans deux plans parallèles (P1, P2),
- un dispositif de refroidissement (3) d'un flux (F) de métal liquide déversé au travers desdites ouvertures (2a, 2b) dans un sens de coulée depuis l'ouverture supérieure (2a) vers l'ouverture inférieure (2b), le circuit de refroidissement (3) comportant un réservoir d'eau (31) et une buse de distribution (32) en communication fluide avec ledit réservoir et configurée pour diffuser un filet d'eau (4) au contact du flux (F) de métal liquide en aval de l'ouverture inférieure (2b) dans le sens de coulée,
- un déflecteur (21) dont une première surface plane (211) forme une paroi interne du cadre et une seconde surface (212) forme une paroi d'écoulement du filet d'eau (4) diffusé par la buse de distribution vers le flux (F) de métal liquide en aval de l'ouverture inférieure (2b), la seconde surface (212) s'étendant dans un plan sécant du plan de la première surface (211) et faisant face à la buse de distribution (32)

caractérisé en ce que le dispositif de refroidissement (3) comporte une chambre de distribution (5) ménagée entre le réservoir d'eau (31) et la buse de distribution (32), ladite chambre (5) présentant un volume (v) inférieur au volume (V) du réservoir d'eau (31) et communiquant par une entrée (5e) avec le réservoir d'eau et par une sortie (5s) avec la buse de distribution (32), ladite sortie étant dimensionnée de telle sorte que le débit d'eau (Qs) au niveau de ladite sortie soit compris entre 0.3 L/cm/min et 1.5 L/cm/min,

et en ce qu'une portion (s1) de la 2eme surface (212) contre laquelle le filet d'eau (4) est diffusé par la buse de distribution (32) présente une mouillabilité inférieure au reste (s2) de ladite 2eme surface afin de procurer une accélération localisée de l'écoulement du filet d'eau (4) au passage sur cette portion (s1).

2. Moule de coulée selon la revendication 1, caractérisé en ce que le cadre (2) comporte un coffre (22) à l'intérieur duquel est aménagé le dispositif de refroidissement (3).

3. Moule selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une extrémité inférieure du déflecteur est formée à une intersection des 1ere et 2eme surfaces

(211, 212) du déflecteur, lesdites 1^{eres} et 2^{eme} surfaces délimitant entre elles à l'extrémité inférieure un angle aigu α , ledit angle α étant compris de préférence entre 5° et 45°, de préférence encore entre 10° et 20°.

- 5 4. Moule selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le déflecteur (21) est fixé solidairement sur le coffre (22) de telle sorte que la 1^{ere} surface (211) du déflecteur soit verticale et la 2^{eme} surface (212) du déflecteur soit inclinée par rapport à la 1^{ere} et présente un écartement croissant avec le coffre (22) depuis la buse de distribution (32) vers l'extrémité inférieure du déflecteur.
- 10
5. Moule selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la portion de mouillabilité inférieure présente une longueur d'au plus 30 mm.
- 15 6. Moule selon la revendication 5, caractérisé en ce que la portion (s1) de la 2^{eme} surface de mouillabilité inférieure s'étend jusqu'à l'extrémité inférieure du déflecteur et présente de préférence une longueur d'au plus 6 mm.
- 20 7. Moule selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite portion (s1) de mouillabilité inférieure comporte un matériau distinct du reste (s2) de la 2^{eme} surface.
- 25 8. Moule selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite portion (s1) de mouillabilité inférieure comporte un insert en polytétrafluoroéthylène (PTFE).
- 30 9. Moule selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte une entretoise (6) logée entre le déflecteur (21) et le coffre (22) et fixée sur ce dernier, ladite entretoise (6) étant agencée pour former ladite chambre de distribution (5) entre le coffre (22) et le déflecteur (21).
- 35 10. Moule selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la sortie (5s) de la chambre de distribution (5) forme la buse de distribution (32).
11. Moule selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que la buse de distribution (32) est formée par un interstice ménagé entre l'entretoise (6) et la deuxième surface (212) du déflecteur (21).
12. Moule selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit interstice présente une longueur d'au plus 6 mm, de préférence entre 1 mm et 2 mm.

13. Moule selon la revendication 9, caractérisé en ce que la buse de distribution (32) est formée par un orifice traversant formé dans l'entretoise (6) ou est logée dans un tel orifice.
- 5
14. Procédé de refroidissement d'un flux de métal liquide dans un moule de coulée semi-continue tel que défini à l'une des revendication 1 à 13, comportant les étapes suivantes :
- Déverser un flux (F) de métal liquide au travers desdites ouvertures (2a, 2b) depuis l'ouverture supérieure (2a) vers l'ouverture inférieure (2b), et
 - Refroidir le flux de métal liquide en aval de l'ouverture inférieure dans le sens de coulée par diffusion d'un filet d'eau au contact du flux (F) par l'intermédiaire du dispositif de refroidissement,
- 10
- caractérisé en ce que l'étape de refroidissement du flux (F) consiste à distribuer un filet d'eau au contact du flux(F) avec un débit d'eau (Qs) au niveau de ladite sortie soit compris entre 0.3 L/cm/min et 1.5 L/cm/min depuis la chambre de distribution (5) ménagée entre le réservoir d'eau (31) et la buse de distribution (32).
- 15
15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en en ce que le filet d'eau est distribué le long de la seconde surface (212) du déflecteur, une portion (s1) de la 2eme surface (212) contre laquelle le filet d'eau (4) est diffusé par la buse de distribution (32) présentant une mouillabilité inférieure au reste (s2) de ladite 2eme surface afin de procurer une accélération localisée de l'écoulement du filet d'eau (4) au passage sur cette portion (s1).
- 20

25

1 / 4

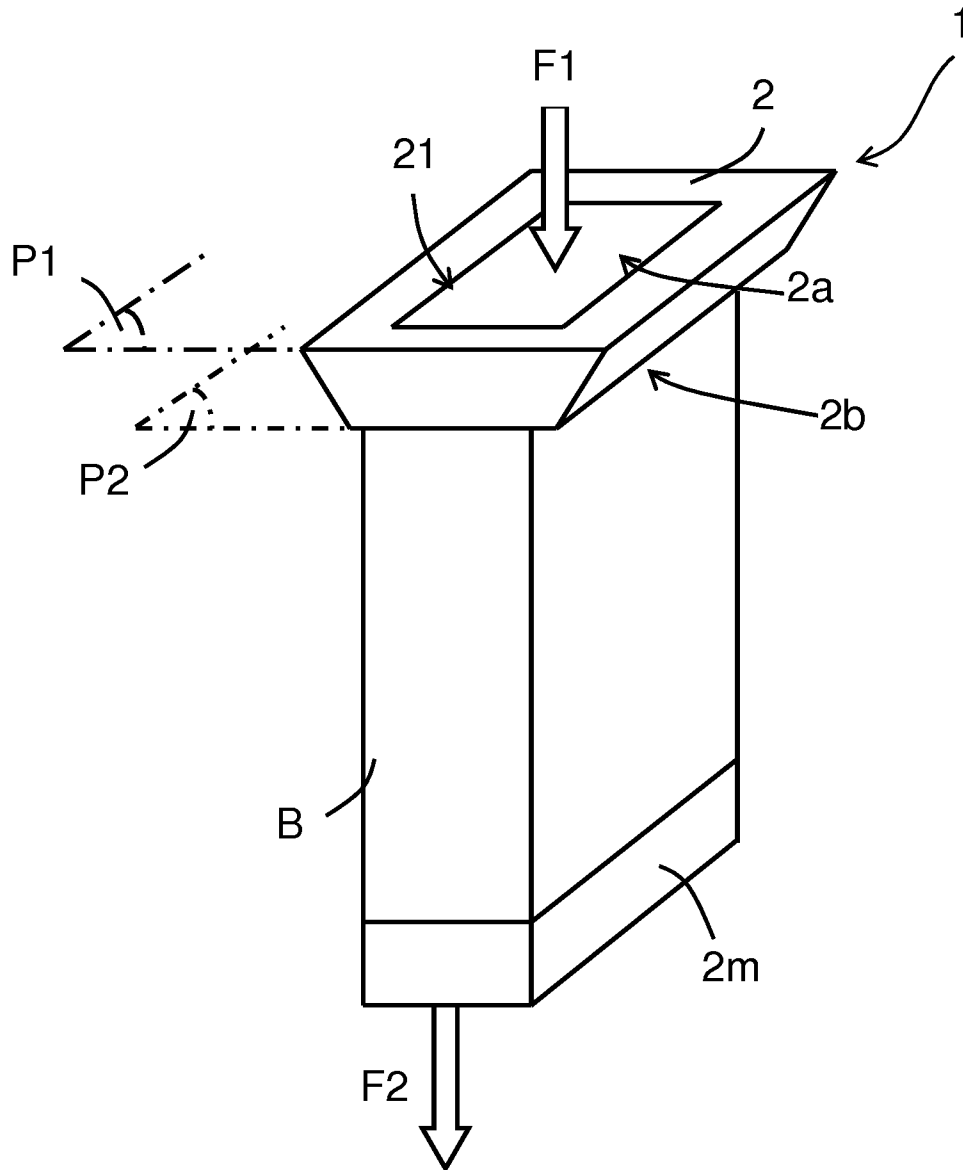


Fig. 1

2 / 4

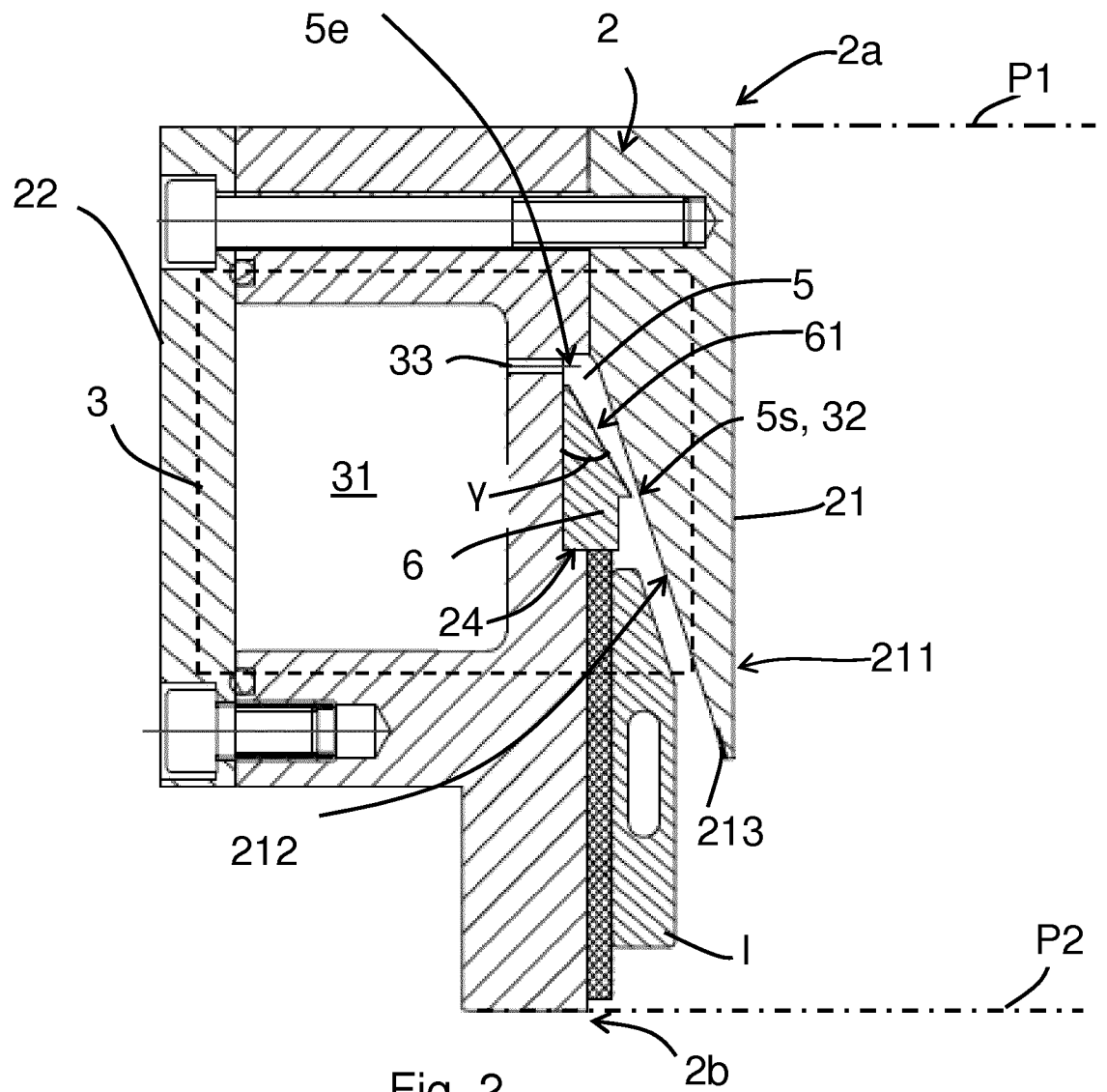


Fig. 2

3 / 4

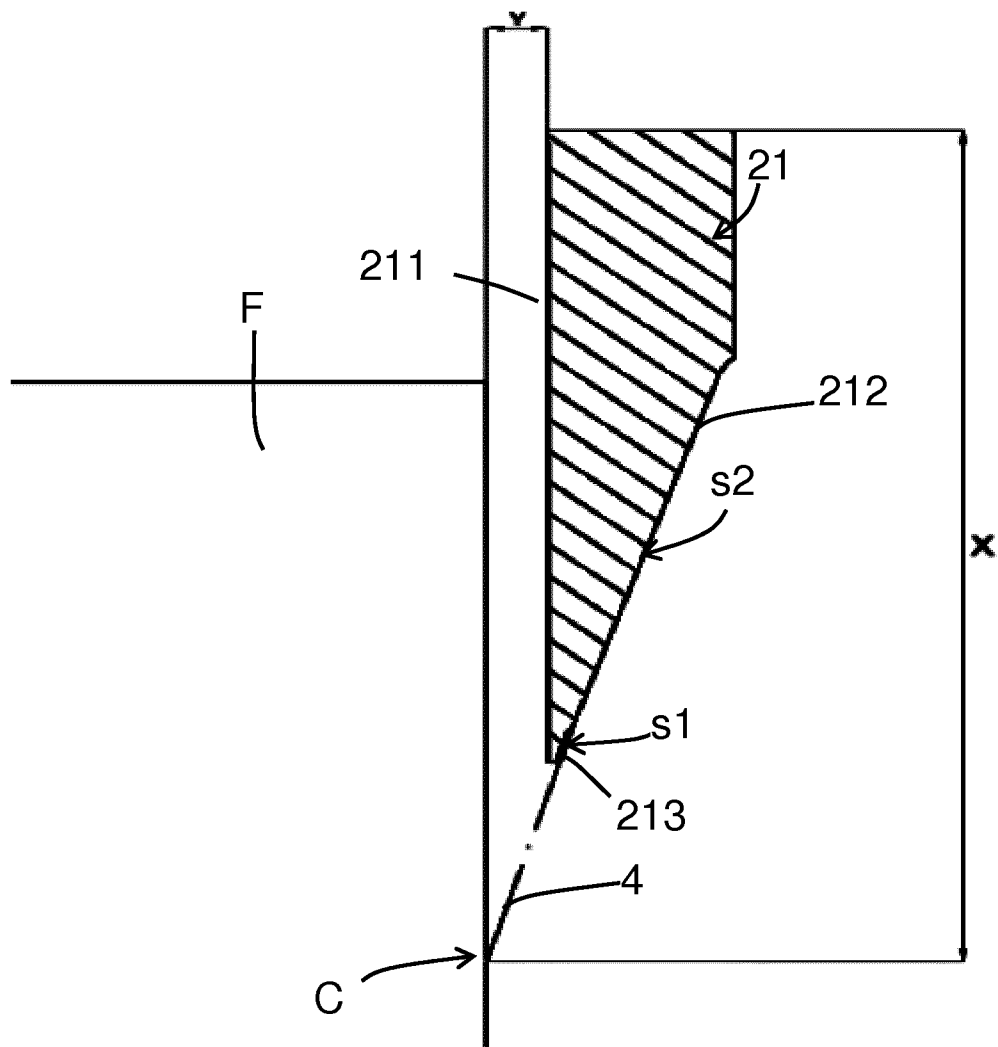


Fig. 3

4 / 4

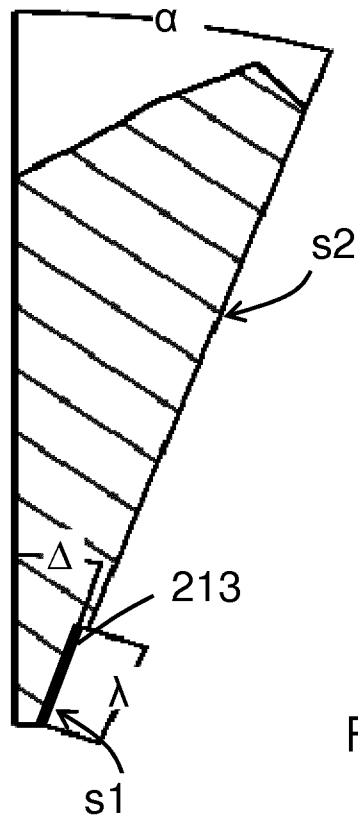


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/061077

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B22D11/049
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 227 596 A1 (ALUSUISSE [CH]) 1 July 1987 (1987-07-01) cited in the application	14
A	pages 1,12, column 5, lines 14-32 -----	1-13,15
A	FR 1 424 793 A (ALUMINIUM LAB LTD) 14 January 1966 (1966-01-14) cited in the application Exaemples 1. et 2.; page 3; figure 1 -----	1-15
A	US 4 351 384 A (GOODRICH DAVID G) 28 September 1982 (1982-09-28) cited in the application column 5, lines 14-42; figure 1 -----	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 July 2017

Date of mailing of the international search report

03/08/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Scheid, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/061077

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0227596	A1	01-07-1987	AU 588650 B2 21-09-1989
		CA 1275780 C 06-11-1990	
		DE 3668811 D1 15-03-1990	
		EP 0227596 A1 01-07-1987	
		JP S62137146 A 20-06-1987	
		NO 864891 A 10-06-1987	
		US 4756357 A 12-07-1988	
		ZA 8609250 B 25-11-1987	

FR 1424793	A	14-01-1966	NONE

US 4351384	A	28-09-1982	AT 387166 B 12-12-1988
		AU 542389 B2 21-02-1985	
		CA 1188480 A 11-06-1985	
		DE 3201725 A1 28-07-1983	
		FR 2521463 A1 19-08-1983	
		GB 2113586 A 10-08-1983	
		JP S6137024 B2 21-08-1986	
		JP S58138542 A 17-08-1983	
		NL 8200541 A 01-09-1983	
		SE 430131 B 24-10-1983	
		US 4351384 A 28-09-1982	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/061077

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B22D11/049
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B22D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 227 596 A1 (ALUSUISSE [CH]) 1 juillet 1987 (1987-07-01) cité dans la demande	14
A	pages 1,12, colonne 5, lignes 14-32	1-13,15
A	FR 1 424 793 A (ALUMINIUM LAB LTD) 14 janvier 1966 (1966-01-14) cité dans la demande Exaemples 1. et 2.; page 3; figure 1	1-15
A	US 4 351 384 A (GOODRICH DAVID G) 28 septembre 1982 (1982-09-28) cité dans la demande colonne 5, lignes 14-42; figure 1	1-15



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

25 juillet 2017

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/08/2017

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Scheid, Michael

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/061077

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0227596	A1	01-07-1987	AU 588650 B2	21-09-1989
			CA 1275780 C	06-11-1990
			DE 3668811 D1	15-03-1990
			EP 0227596 A1	01-07-1987
			JP S62137146 A	20-06-1987
			NO 864891 A	10-06-1987
			US 4756357 A	12-07-1988
			ZA 8609250 B	25-11-1987

FR 1424793	A	14-01-1966	AUCUN	

US 4351384	A	28-09-1982	AT 387166 B	12-12-1988
			AU 542389 B2	21-02-1985
			CA 1188480 A	11-06-1985
			DE 3201725 A1	28-07-1983
			FR 2521463 A1	19-08-1983
			GB 2113586 A	10-08-1983
			JP S6137024 B2	21-08-1986
			JP S58138542 A	17-08-1983
			NL 8200541 A	01-09-1983
			SE 430131 B	24-10-1983
			US 4351384 A	28-09-1982
