



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
22.01.2003 Bulletin 2003/04

(51) Int Cl.7: **B22D 11/117**, B22D 41/62,
B22D 41/58

(21) Numéro de dépôt: **02447058.5**

(22) Date de dépôt: **09.04.2002**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **05.07.2001 BE 200100457**

(71) Demandeur: **Centre de Recherches**
Metallurgiques - Centrum voor de Research in de
Metallurgie
1000 Bruxelles (BE)

(72) Inventeurs:
• **Naveau, Paul**
4432 Alleur (BE)
• **Joly, Philippe**
4000 Liège (BE)
• **Munnix, René**
4651 Battice (BE)
• **Marique, Christian**
4042 Liers (BE)

(74) Mandataire: **Van Malderen, Michel et al**
Office van Malderen
85/043 Boulevard de la Sauvenière
4000 Liège (BE)

(54) **Procédé et dispositif de coulée d'un lingot métallique**

(57) Le procédé de coulée d'un lingot métallique de qualité améliorée à partir d'un panier répartiteur (1) au moyen d'une busette (4) vers une lingotière dans laquelle il subit un refroidissement consiste à soumettre ledit métal, lors de son passage dans la busette précitée, à l'action d'un champ électromagnétique tournant tel

qu'on crée un effet de mise en rotation dudit métal lors de son passage dans ladite busette, et qu'on obtient un effet d'agglomération des inclusions présentes dans le métal liquide, ainsi qu'un effet de remontée desdites inclusions ou des amas d'inclusions formés vers le panier répartiteur.

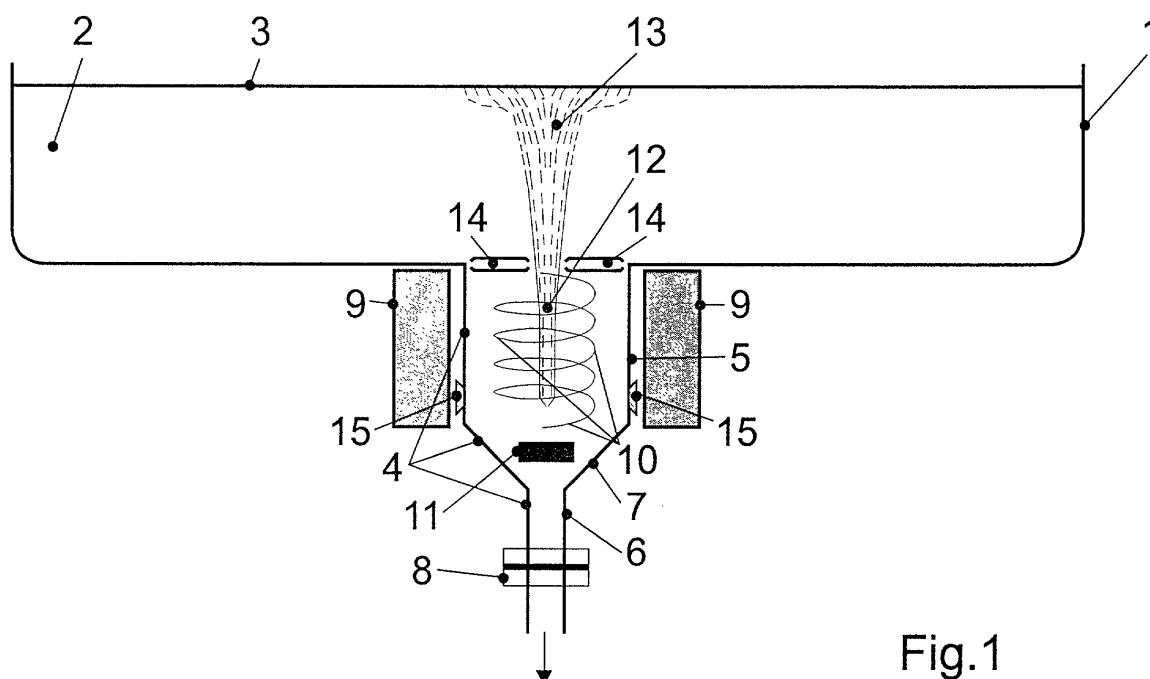


Fig.1

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention a trait à un procédé de coulée d'un lingot métallique présentant une qualité améliorée, plus particulièrement dans le contexte de l'élimination d'inclusions présentes dans le métal coulé en vue d'obtenir un lingot de qualité améliorée, ledit lingot donnant naissance de par sa transformation à chaud ou à froid à des produits de qualité supérieure. Elle a également trait à un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention.

[0002] L'invention peut s'appliquer à toute opération de coulée d'un métal en fusion, ferreux ou non-ferreux, en vue d'obtenir un lingot, et ce tant dans les procédés discontinus que continus.

[0003] La suite de la description du procédé de coulée, objet de la présente invention, est axée sur la coulée de lingots en acier dans un contexte de coulée en continu, mais cela ne limite en rien la portée de l'invention, laquelle peut être appliquée dans le cadre d'un lingot obtenu par remplissage d'un moule ou d'une lingotière.

Etat de la technique

[0004] La coulée de métal fondu, en particulier de l'acier, est une technique utilisée depuis longtemps en vue d'obtenir un lingot. Ladite technique consiste principalement à couler le métal depuis un réservoir, par exemple une poche, dans un réservoir intermédiaire, appelé panier répartiteur, et de ce dernier via un élément, appelé busette, dans une lingotière.

Le panier répartiteur peut être alimenté par différentes poches qui se succèdent, et ce de manière à conserver en régime un niveau pratiquement constant de métal liquide au fur et à mesure des opérations de coulée. Ledit panier peut alimenter une ou plusieurs busettes, lesquelles conduisent le métal liquide vers une ou plusieurs lingotières.

[0005] Dans le contexte de l'obtention d'un lingot par coulée dans une lingotière, la présence d'inclusions non métalliques dans le métal coulé, lesquelles sont principalement des oxydes tels que SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , ..., est à l'origine de l'apparition de défauts dans la qualité du lingot coulé. Une solution usuelle pour limiter l'effet néfaste des inclusions précitées consiste à moduler le passage du métal liquide dans le panier répartiteur de manière à y imposer audit métal un temps de séjour suffisamment long pour que se produise une décantation significative des inclusions en question. A cet égard, on rappellera que les inclusions sont plus légères que le métal liquide, par exemple l'acier, et que la décantation signifie en fait la remontée desdites inclusions vers la surface du métal liquide où elles peuvent être captées par le laitier, lequel couvre la surface dudit métal liquide et peut être éventuellement évacué hors du bain de métal, par exemple via une goulotte de débordement entraînant de la sorte hors du bain métallique les inclusions décantées qu'il contient.

dément entraînant de la sorte hors du bain métallique les inclusions décantées qu'il contient.

[0006] La technique précitée de décantation et élimination des inclusions présente cependant certaines limitations. D'une part, l'effet de décantation est directement proportionnel au temps de séjour du métal dans le panier, donc exige des paniers répartiteurs d'un volume de plus en plus grand au fur et à mesure que le débit de métal liquide augmente et, d'autre part, ne donne un rendement intéressant que si les inclusions sont de dimensions conséquentes, les plus petites étant irrémédiablement entraînées par les courants du métal créés au sein du panier, et se retrouvant piégées dans la structure du lingot coulé obtenu.

[0007] Dans le but d'améliorer l'élimination des inclusions, on a développé diverses techniques basées sur le principe de favoriser la remontée des inclusions en surface, et ce tant au niveau du panier répartiteur qu'au niveau de la lingotière elle-même.

Au niveau du panier répartiteur, on notera d'une part :

- l'augmentation des dimensions dudit panier afin d'obtenir un temps de décantation plus grand à débit d'acier constant ;
- l'introduction d'éléments physiques modifiant l'écoulement du métal liquide et en contrôlant la trajectoire pour favoriser la décantation des inclusions non métalliques présentes ;

et d'autre part :

- l'injection de gaz neutre dans ledit panier répartiteur afin de favoriser la coalescence des inclusions en entités plus importantes, lesquelles sont plus facilement décantables.

[0008] Au niveau de la lingotière, on utilise des poudres de couverture et/ou on modifie le profil des écoulements du métal coulé afin de favoriser la capture des inclusions, notamment en créant des conditions de coulée favorisant la coalescence des inclusions.

Cependant, bien que ces techniques présentent des résultats positifs quant à l'élimination des inclusions, elles sont toutes fortement préjudiciables au rendement économique de l'opération de coulée, car elles imposent des frais de construction des installations et/ou de fonctionnement accrus.

Présentation de l'invention

[0009] La présente invention a pour objet un procédé de coulée de lingots de qualité améliorée, en particulier au niveau de l'élimination d'inclusions et donnant satisfaction même dans le cas d'inclusions de petites tailles, solutionnant de la sorte différents problèmes actuels liés à la présence desdites inclusions au sein du lingot solidifié obtenu.

[0010] Conformément à la présente invention, un pro-

cédé de coulée d'un métal en fusion dans lequel on fait passer ledit métal liquide d'un récipient appelé panier répartiteur au moyen d'un élément appelé busette vers une lingotière dans laquelle il subit un refroidissement, est essentiellement caractérisé en ce qu'on soumet ledit métal, préférentiellement de l'acier, lors de son passage dans la busette précitée à l'action d'au moins un champ électromagnétique, en ce qu'on choisit les paramètres caractéristiques dudit ou desdits champs électromagnétiques, par exemple leur position spatiale par rapport à la busette, leur intensité, ..., de manière à créer un effet de mise en rotation dudit métal lors de son passage dans ladite busette, et en ce qu'on module les paramètres caractéristiques dudit ou desdits champs électromagnétiques tournants de manière à optimiser un effet d'agglomération des inclusions présentes dans le métal liquide, ainsi qu'un effet de remontée des inclusions ou des amas d'inclusions formés vers le panier répartiteur.

[0011] On a en effet constaté qu'un choix judicieux dans l'intensité de la rotation du métal permettait d'agglomérer puis coalescer et enfin de faire remonter les inclusions vers le panier répartiteur par effet de centrifugation, avec pour résultat une amélioration dans l'élimination des inclusions non métalliques présentes dans le métal coulé.

[0012] Suivant une modalité de mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, on utilise une busette dont la section est de forme sensiblement circulaire, ladite busette étant composée d'au moins deux parties, la section de la partie sise près du panier répartiteur, dite supérieure, étant plus grande que la section de la partie la plus proche de la lingotière, dite inférieure, on dispose à proximité de la partie supérieure précitée des moyens pour générer un ou plusieurs champs électromagnétiques destinés à agir sur le métal passant dans la busette et lui conférer un mouvement de rotation, on dispose préférentiellement au sein de ladite busette, de préférence positionné directement avant la dernière partie inférieure, un élément, appelé dôme, qui modifie la section de passage libre pour le métal liquide et on utilise ledit élément précité pour dévier le flux de métal mis en rotation, de manière à éviter l'entraînement vers la lingotière des inclusions ou amas d'inclusions, de préférence on injecte un gaz dans le flux de métal lors de son passage dans la partie de la busette dite supérieure, de préférence une injection de gaz est faite directement en dessous dudit dôme et le gaz est de l'argon.

[0013] La modalité précédente présente l'avantage de permettre d'associer deux actions prenant place l'une au niveau de la busette et l'autre au niveau du dôme précité, en vue de permettre d'optimiser des conditions favorables à l'élimination des inclusions. Cette approche, dans laquelle on utilise un ou plusieurs moyens pour injecter du gaz dans le flux de métal liquide, permet une mise en oeuvre dans le cadre des installations actuellement utilisées pour la coulée de lingots, tant en

mode continu que discontinu, qui est très favorable à l'obtention d'une décantation des inclusions qui permet d'éviter le bouchage de la busette.

[0014] Suivant une autre modalité de mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, on régule les paramètres définissant le ou les champs électromagnétiques agissant sur le métal passant dans la partie supérieure de la busette de manière à obtenir à la paroi de la busette une vitesse de rotation moyenne comprise entre 0,1 et 5 tours/sec, de préférence 1 tour/sec. $\pm 10\%$.

[0015] Suivant une autre modalité de mise en oeuvre du procédé de la présente invention, on dispose au niveau de la partie supérieure de la busette des moyens afin d'y créer un champ électromagnétique dont l'effet est de créer une force ascensionnelle agissant sur les inclusions et sur l'acier passant par la partie centrale de ladite busette.

[0016] Suivant encore une autre modalité de mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, on régule les paramètres définissant le ou les champs électromagnétiques agissant sur le métal passant dans la partie supérieure de la busette de manière à obtenir par agglomération et coalescence des inclusions dans la partie supérieure de la busette des amas de grandeur $\geq 50 \mu\text{m}$.

[0017] Suivant une modalité préférentielle de mise en oeuvre du procédé de la présente invention, on utilise des moyens mécaniques modifiant la surface interne de la busette en vue d'influer sur l'écoulement de l'acier dans la busette pour favoriser l'effet d'écoulement de l'acier vers la lingotière, de préférence on dispose des inserts sur la surface interne de ladite busette.

[0018] La modalité précédente permet de créer un ensemble de forces qui agissent sur l'acier traversant la busette, et donc aussi sur les inclusions y présentes, de manière à favoriser l'écoulement de l'acier, l'effet de forces dues aux champs électromagnétiques étant conjugué à l'effet mécanique des inserts précités.

[0019] Suivant encore une modalité préférentielle de mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, on dispose entre le panier répartiteur et l'entrée de la partie supérieure de la busette des moyens pour limiter la transmission vers le panier répartiteur du mouvement de rotation généré dans le métal liquide passant dans la partie supérieure de la busette, de préférence lesdits moyens sont des éléments plans orientés radialement.

[0020] Cette modalité permet d'éviter l'apparition d'un effet de rotation perturbateur au niveau du panier répartiteur et favorise de la sorte la capture des amas d'inclusions dans le laitier surnageant à la surface du métal liquide présent dans le panier répartiteur, lequel peut être éliminé aisément par des moyens conventionnels connus.

Suivant une modalité de mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, la lingotière est une lingotière de coulée en continu, de préférence on module

la vitesse de rotation du métal liquide en fonction de la vitesse d'extraction du lingot continu.

[0021] La modalité précédente permet dans le contexte des installations existantes d'adapter aisément les conditions de coulée du métal aux modalités pratiques fixées par le type de métal coulé, c'est-à-dire les débits, vitesse d'extraction, ...

[0022] Suivant une autre modalité de mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, on règle le débit de métal traversant la busette au moyen d'un élément disposé à la sortie de cette dernière, préférentiellement ledit élément est une vanne à tiroir coulissant ou sliding gate.

[0023] La présente invention a aussi trait à un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de coulée défini dans les modalités précédentes.

[0024] Le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de coulée d'un lingot métallique de qualité améliorée, objet de la présente invention, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comporte une busette de section sensiblement circulaire réalisée en matière réfractaire, ladite busette comportant deux parties, une première partie possède une section plus grande par rapport à la section de la seconde partie, préférentiellement la première partie comporte un volume creux tronconique dans son contact avec la seconde partie, ladite seconde partie étant préférentiellement de forme cylindrique creuse ou en forme de tube, un élément est disposé au sein de la busette près de l'entrée de la partie inférieure de ladite busette, de préférence positionné dans la portion tronconique et réalisé en matière réfractaire et présentant une surface convexe vers l'amont du métal s'écoulant et une surface concave vers l'aval du flux de métal, ledit élément étant pourvu d'orifices, de préférence ces orifices sont disposés de manière à définir des chenaux au contact de la paroi de la busette, par lesquels le métal liquide passe vers la partie inférieure de la busette et puis de cette dernière vers la lingotière.

[0025] La figure unique jointe à la description est une représentation fort schématique du principe de fonctionnement du procédé de coulée, objet de la présente invention.

[0026] La simplification de ladite figure ne doit pas être comprise comme une limitation du domaine d'application de la présente invention, mais comme motivée par un souci de compréhension plus aisée de l'invention, ainsi que du dispositif y relatif, lequel n'a été représenté que par ses éléments constitutifs principaux.

[0027] On y distingue un panier répartiteur (1) alimenté par des moyens (non représentés) en métal liquide (2), lequel présente un niveau supérieur (3). En dessous dudit panier répartiteur (1) est fixée une busette (4), laquelle est formée principalement par deux parties, la première partie dite supérieure (5) et la seconde partie dite inférieure (6), ladite partie inférieure (6) alimentant selon le sens de la flèche une lingotière (non représentée), via un moyen de régulation du flux de métal, ici de type à tiroirs coulissants (8) (sliding gate). La partie su-

périeure (5) comporte dans sa liaison avec la partie inférieure (6) une portion tronconique (7).

[0028] On distingue aussi les moyens ELM (ELM = électromagnétiques), ici des bobines (9), destinés à générer les champs ELM qui provoquent la mise en rotation du métal liquide s'écoulant dans la partie supérieure (5).

[0029] On a schématiquement représenté par les lignes de courant (10) l'effet de rotation obtenu sur le métal liquide, les inclusions y présentes subissant alors une opération d'agglomération centrale et de décantation au sein du métal liquide mis en rotation. Dans ce contexte, la partie tronconique (7) comporte un élément (11) comprenant un dôme (non représenté) orienté vers le panier répartiteur (1) et pourvu de moyens, ici des ouvertures (non représentées) pour introduire un gaz, souvent de l'argon, au sein du métal liquide traversant ledit élément (11) pour passer de la partie supérieure (5) à la partie inférieure (6), et ce directement dans le volume sis en dessous dudit dôme.

[0030] En outre, des moyens (15) d'introduction de gaz sont disposés dans la partie de la busette comprise entre le panier répartiteur (1) et l'élément (11).

[0031] L'effet d'agglomération obtenu au moyen du champ ELM génère une décantation des inclusions qui remontent vers le panier répartiteur (1), opération schématisée par le cône (12) au sein de la partie supérieure (5) de la busette, laquelle se termine par la remontée (13) desdites inclusions vers la surface libre (3) du métal liquide dans le panier répartiteur (1).

[0032] L'injection de gaz via les moyens (15) a pour effet de favoriser l'effet précité de remontée (13) des inclusions vers la surface libre (3) du métal liquide dans le panier répartiteur (1).

[0033] En vue de ne pas perturber l'écoulement du métal liquide dans le panier répartiteur (1), ou du moins de limiter au mieux une éventuelle perturbation, par exemple un effet de mélange, on a disposé à l'entrée de la partie supérieure (5) de la busette un moyen, ici des barres radiales (14), pour empêcher ou limiter le transfert du mouvement de rotation du métal passant dans la partie supérieure (5) de la busette vers le panier répartiteur (1).

Le métal issu du panier répartiteur passe donc dans le dispositif de l'invention et subit une élimination plus ou moins grande des inclusions avant d'être introduit dans la lingotière de coulée, les inclusions étant elles recueillies à la surface libre dans le panier répartiteur.

[0034] La mise en oeuvre du procédé de la présente invention et du dispositif y associé permet de fabriquer des produits obtenus par coulée continue ou discontinue de haute qualité interne et ultra-propres, lesquels sont particulièrement aptes à des applications les plus nobles telles qu'exigées en industrie automobile, alimentaire, etc...

Revendications

1. Procédé de coulée d'un lingot métallique de qualité améliorée dans lequel on fait passer ledit métal liquide d'un récipient appelé panier répartiteur au moyen d'un élément appelé busette vers une lingotière dans laquelle il subit un refroidissement, essentiellement **caractérisé en ce qu'on** soumet ledit métal, préférentiellement de l'acier, lors de son passage dans la busette précitée à l'action d'au moins un champ électromagnétique tournant, **en ce qu'on** choisit les paramètres caractéristiques dudit ou desdits champs électromagnétiques tournants de manière à créer un effet de mise en rotation dudit métal lors de son passage dans ladite busette, et **en ce qu'on** module les paramètres caractéristiques dudit ou desdits champs électromagnétiques tournants de manière à optimiser un effet d'agglomération des inclusions présentes dans le métal liquide, ainsi qu'un effet de remontée des inclusions ou des amas d'inclusions formés vers le panier répartiteur. 5 10 15 20
2. Procédé suivant la revendication 1 **caractérisé en ce qu'on** utilise une busette dont la section est de forme sensiblement circulaire, **en ce que** ladite busette est composée d'au moins deux parties, telles que la section de la partie sise près du panier répartiteur, dite supérieure, est plus grande que la section de la partie la plus proche de la lingotière, dite inférieure, **en ce qu'on** dispose à proximité de la partie supérieure précitée des moyens pour générer un ou plusieurs champs électromagnétiques destinés à agir sur le métal passant dans la busette et lui conférer un mouvement de rotation. 25 30 35
3. Procédé suivant la revendication 2, **caractérisé en ce qu'on** dispose au sein de ladite busette un élément, appelé dôme, qui modifie la section de passage libre pour le métal liquide et **en ce qu'on** utilise ledit élément précité pour dévier le flux de métal mis en rotation, de manière à éviter l'entraînement vers la lingotière des inclusions ou amas d'inclusions. 40
4. Procédé suivant la revendication 3, **caractérisé en ce que** le dôme est positionné directement avant la dernière partie inférieure de la busette. 45
5. Procédé suivant les revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'on** injecte au niveau du dôme un gaz dans le flux de métal passant dans la busette. 50
6. Procédé suivant la revendication 5, **caractérisé en ce qu'on** injecte le gaz directement en dessous du dôme. 55
7. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'on** injecte un gaz dans le flux de métal lors du passage dudit flux dans la partie de la busette dite supérieure.
8. Procédé suivant une ou plusieurs des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** le gaz est de l'argon.
9. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'on** régule les paramètres définissant le ou les champs électromagnétiques agissant sur le métal passant dans la partie supérieure de la busette de manière à obtenir à la paroi de la busette une vitesse de rotation moyenne comprise entre 0,1 et 5 tours/sec.
10. Procédé suivant la revendication 9, **caractérisé en ce qu'on** régule les paramètres définissant le ou les champs électromagnétiques agissant sur le métal passant dans la partie supérieure de la busette de manière à obtenir à la paroi de la busette une vitesse de rotation moyenne d'1 tour/ sec $\pm$ 10 %.
11. Procédé suivant les revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce qu'on** dispose au niveau de la partie supérieure de la busette des moyens afin d'y créer un champ électromagnétique dont l'effet est de créer une force ascensionnelle agissant sur les inclusions et sur l'acier passant par la partie centrale de ladite busette.
12. Procédé suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'on** régule les paramètres définissant le ou les champs électromagnétiques agissant sur le métal passant dans la partie supérieure de la busette de manière à obtenir par agglomération et coalescence des inclusions dans la partie supérieure de la busette des amas de grandeur $> = 50 \mu\text{m}$.
13. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'on** utilise des moyens mécaniques modifiant la surface interne de la busette en vue d'influer sur l'écoulement de l'acier dans ladite busette pour favoriser l'effet d'écoulement de l'acier vers la lingotière.
14. Procédé suivant la revendication 13, **caractérisé en ce qu'on** dispose des inserts sur la surface interne de ladite busette.
15. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce qu'on** dispose entre le panier répartiteur et l'entrée de la partie supérieure de la busette des moyens pour limiter la transmission vers le panier répartiteur du mouvement de rotation généré dans le métal liquide passant dans la partie supérieure de la busette.

16. Procédé suivant la revendication 15, **caractérisé en ce que** les moyens pour limiter la transmission vers le panier répartiteur du mouvement de rotation généré dans le métal liquide passant dans la partie supérieure de la busette sont des éléments plans orientés radialement. 5
17. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** la lingotière est une lingotière de coulée en continu. 10
18. Procédé suivant la revendication 17, **caractérisé en ce qu'on** module la vitesse de rotation du métal liquide en fonction de la vitesse d'extraction du lingot continu. 15
19. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce qu'on** régule le débit de métal traversant la busette au moyen d'un élément disposé à la sortie de cette dernière, préférentiellement ledit élément est une vanne à tiroir coulissant ou sliding gate. 20
20. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de coulée d'un lingot métallique de qualité améliorée suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce qu'il** comporte une busette de section sensiblement circulaire réalisée en matière réfractaire, **en ce que** ladite busette comporte deux parties, appelées respectivement supérieure et inférieure, une première partie dite supérieure possédant une section plus grande par rapport à la section de la seconde partie dite inférieure, **en ce qu'un** élément est disposé au sein de la busette près de l'entrée de la partie inférieure de ladite busette, **en ce que** ledit élément est réalisé en matière réfractaire et **en ce qu'il** présente une surface convexe vers l'amont du métal s'écoulant et une surface concave vers l'aval du flux de métal, et **en ce que** ledit élément est pourvu d'orifices, par lesquels le métal liquide passe vers la partie inférieure de la busette et puis de cette dernière vers la lingotière. 25
30
35
40
21. Dispositif suivant la revendication 20, **caractérisé en ce que** la première partie de la busette comporte un volume tronconique dans son contact avec la seconde partie et **en ce que** ladite seconde partie est de forme cylindrique creuse ou en forme de tube. 45
22. Dispositif suivant la revendication 21, **caractérisé en ce que** l'élément disposé au sein de la busette près de l'entrée de la partie inférieure de ladite busette est positionné dans la portion tronconique, et **en ce que** ledit élément est pourvu d'orifices disposés de manière à définir de chenaux au contact de la paroi de la busette de manière à y permettre le passage du métal coué vers la lingotière. 50
55

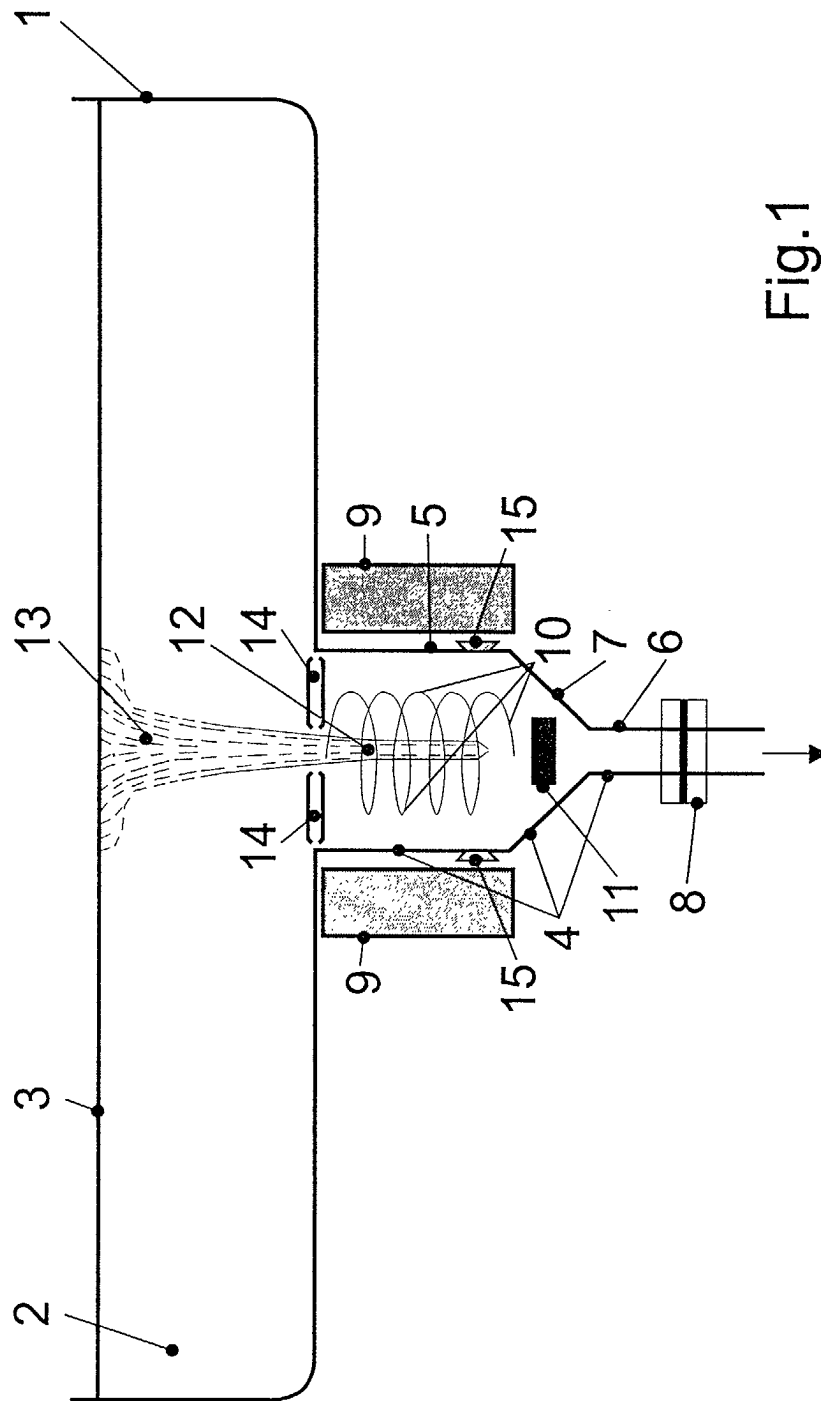


Fig.1