

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 84401001.7

(51) Int. Cl.³: **B 22 D 18/04**
B 22 D 1/00

(22) Date de dépôt: 16.05.84

(30) Priorité: 30.05.83 FR 8308942

(43) Date de publication de la demande:
05.12.84 Bulletin 84/49

(84) Etats contractants désignés:
AT DE GB SE

(71) Demandeur: **PONT-A-MOUSSON S.A.**
91, Avenue de la Libération
F-54017 Nancy(FR)

(72) Inventeur: **Bellocci, Rio**
16 Pré Tayer
F-54700 Pont-a-Mousson(FR)

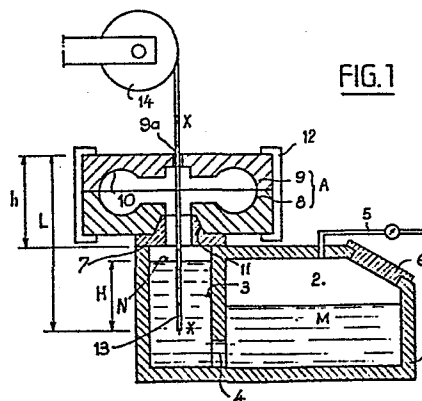
(72) Inventeur: **Bak, Claude**
6 Rue de Ste Geneviève Loisy
F-54700 Pont-a-Mousson(FR)

(72) Inventeur: **Colmet, Serge**
38 Avenue A. Thomas
F-47500 Fumel(FR)

(74) Mandataire: **Moncheny, Michel et al.**
c/o Cabinet Lavoix 2 Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cedex 09(FR)

(54) Procédé et dispositif de traitement d'un métal liquide moulé sous basse pression, notamment pour l'inoculation de la fonte.

(57) Procédé et dispositif de traitement d'un métal liquide (14) moulé sous basse pression, notamment pour l'inoculation de la fonte, dans lequel on moule sous basse pression et par coulée ascendante dans un moule (A) présentant une empreinte intérieure (10), le métal liquide (M) situé dans une poche de coulée (1) placée sous le moule (A) avec lequel elle communique par une cheminée ascendante (3). On traite le métal par un fil (13) suspendu à travers l'empreinte (10) sur une longueur (L) supérieure à la hauteur (h) du moule (A) afin de plonger sa partie inférieure dans le métal liquide remplissant la cheminée (3) on maintient la pression dans la poche (1) le temps nécessaire à la dissolution du fil (13) dans le métal (M), et on élève la pression jusqu'à une valeur provoquant l'emplissage de l'empreinte (10) par le métal liquide ainsi traité. La phase de traitement est très rapide et le métal qui remplit ensuite le moule (A) est complètement inoculé.



Procédé et dispositif de traitement d'un métal liquide moulé sous basse pression, notamment pour l'inoculation de la fonte.-

La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif de traitement d'un métal liquide moulé sous basse pression, par exemple de la fonte à inoculer.

5 Comme on le sait, l'inoculation de la fonte à graphite lamellaire ou à graphite sphéroïdal, ou à graphite vermiculaire peut être réalisée à l'aide d'un inoculant tel que par exemple le ferro-silicium, sous
10 forme de poudre préalablement introduite dans un moule, dans la technique de moulage sous basse pression, c'est-à-dire la technique suivant laquelle la fonte liquide est introduite de force, dans un moule, par
15 coulée ascendante, sous l'action d'une pression gazeuse relativement basse, de l'ordre de 0,2 à 1,5 bars.

D'une manière générale, on sait depuis longtemps que l'inoculation de la fonte à l'aide de ferro-silicium ou d'autres produits graphitisants a pour
20 but de favoriser la graphitisation, c'est-à-dire la formation de graphite libre lors de la solidification de la fonte, en vue d'obtenir une bonne résilience du produit moulé, et que cette inoculation est d'autant plus efficace qu'elle est effectuée au plus près du
25 moule, juste avant l'introduction de la fonte dans le moule. On a même effectué l'inoculation à l'intérieur du moule. En effet, l'effet d'inoculation de la fonte liquide n'est pas durable et tend à s'estomper en quelques minutes de sorte qu'il faut éviter un délai trop long entre l'inoculation et l'alimentation du
30 moule en fonte liquide.

On connaît par ailleurs un procédé d'inoculation consistant à utiliser l'inoculant sous forme d'un fil sans fin. Le fil a pour avantages d'être facile à manipuler, de se prêter à une manutention mécanisée lorsqu'il est enroulé sur une bobine qu'il

suffit de dérouler, d'assurer un dosage précis de la quantité de matériau inoculant, et enfin de fondre facilement dans une fonte liquide.

5 C'est ainsi que l'on connaît par le brevet
FR-A-2 276 124 un procédé d'addition d'un métal
réactif sous forme d'un élément allongé suspendu à
l'intérieur d'un moule que l'on emplit de métal liqui-
de à traiter. Lorsque le niveau du métal liquide monte
10 dans le moule, l'élément réactif allongé fond dans le
métal en fusion en libérant le métal réactif dans la
masse fondue. Le moule est alimenté en métal liquide
par gravité. Donc la coulée est descendante. Aucun
problème ne se pose pour la mise en suspension de
l'élément réactif allongé à l'intérieur du moule.
15 Cette mise en place s'effectue manuellement et
l'inoculation s'effectue à l'intérieur du moule.

Le brevet FR-A-2 278 432 concerne l'emploi
d'un inoculant sous forme d'un fil sans fin déroulé
d'une bobine pour être introduit en suspension ver-
20 ticale dans un bassin prévu dans le moule. Ce bassin
est situé sur le trajet du métal liquide à traiter,
trajet qui s'accomplit à travers un chenal de coulée
alimentant l'empreinte de moulage proprement dite,
entre le jet de coulée vertical par gravité et ladite
25 empreinte de coulée. En raison de la rapidité de
passage du métal liquide à travers ce bassin intermé-
diaire d'inoculation dans lequel est immergée l'extré-
mité inférieure du fil inoculant suspendu, il est dif-
ficile d'obtenir une bonne homogénéité d'inoculation
30 du métal liquide, donc de la masse de métal introduite
dans l'empreinte de moulage. Ce risque de manque
d'homogénéité de l'inoculation est d'autant plus grand
que l'empreinte de moulage est plus volumineuse ou
bien plus compliquée, notamment en vue du moulage de

pièces minces. En effet, la solidification du métal liquide est alors si rapide qu'elle est achevée avant que le fil inoculant n'ait pu se dissoudre complètement dans le métal liquide, de sorte que l'inoculation est incomplète et hétérogène.

On connaît encore par le document Giesserei-Praxis n° 3 du 10 Février 1982, pages 29 à 36, la technologie de l'inoculation de la fonte au moyen d'un fil susceptible d'être déroulé d'une bobine, ce fil d'inoculation étant introduit dans l'axe du jet de coulée gravitaire en provenance d'un bassin de coulée ou d'une poche de coulée à quenouille.

On peut ainsi espérer avoir une meilleure homogénéité d'inoculation étant donné que le métal liquide reste en contact avec le fil inoculant sur une certaine longueur de celui-ci, juste avant l'introduction dans le jet de coulée verticale du moule.

Mais dans ces trois exemples antérieurs connus, il s'agit d'une coulée verticale par gravité et non pas d'une coulée verticale ascendante sous basse pression pour alimenter un moule.

Or, le problème de l'inoculation au moyen d'un fil dans la technique de coulée ascendante de la fonte sous basse pression se pose car l'entrée du moule pour la fonte liquide, qui devrait être également l'entrée du fil, n'est pas accessible. En effet, elle est placée en contact étanche avec un ajutage supérieur d'une cheminée de montée de la fonte liquide ou d'un tube de coulée ascendante à partir de la poche de coulée sous pression. L'entrée du moule n'est donc pas accessible à un fil d'inoculation que l'on voudrait faire défiler. Ce problème se pose aussi bien pour des moules pourvus d'évents (empreinte de moulage communiquant avec l'atmosphère par des cheminées) que

pour des moules borgnes (empreinte de moulage dépourvue d'évents), donc sans communication avec l'atmosphère).

5 En outre, la technique de coulée ascendante sous basse pression ne comporte pas de chenal de coulée ni de bassin en amont de l'empreinte de moulage susceptible de recevoir un matériau inoculant.

10 La présente invention résout ce problème de l'inoculation au moyen d'un fil d'un moule métallique ou en sable, ou bien partiellement métallique et partiellement en sable, dans la technique de moulage sous basse pression.

15 A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de traitement d'un métal liquide moulé sous basse pression, notamment pour l'inoculation de la fonte, dans lequel on moule sous basse pression et par coulée ascendante dans un moule présentant une empreinte intérieure, le métal liquide situé dans une poche de coulée sous pression gazeuse, disposée au-
20 dessous du moule, avec lequel elle communique par une cheminée de coulée ascendante raccordée manière étanche à un orifice d'alimentation du moule en métal liquide, caractérisé en ce qu'on exécute le traitement du métal liquide au moyen d'un fil suspendu à travers
25 l'empreinte de moulage, sur une longueur supérieure à la hauteur du moule mesurée au-dessus d'un ajutage de coulée intercalé entre le sommet de la cheminée et l'orifice d'entrée du moule, de manière que la partie inférieure du fil située audessous du moule et
30 extérieure à celui-ci soit plongée dans le métal liquide à traiter sur une longueur déterminée sensiblement dans l'axe de la cheminée, procédé dans lequel

a) dans une phase précédant la coulée,

l'extrémité inférieure du fil est située juste au-dessus du niveau du métal liquide dans la cheminée;

5 b) dans la phase suivante, on élève la pression gazeuse dans la poche de coulée de manière à faire monter le niveau du métal liquide à la hauteur de l'orifice d'alimentation du moule;

c) on maintient la pression et le niveau de coulée durant le temps nécessaire au traitement du métal liquide;

10 d) et on élève la pression dans la poche de coulée jusqu'à une valeur supérieure à la précédente afin de faire monter le

métal liquide dans l'empreinte de moulage pour remplir celle-ci.

15 L'invention s'applique aussi bien à la fonte et à son inoculation qu'à d'autres métaux et alliages comme indiqué ci-après et à d'autres traitements que l'inoculation, par exemple à celui de désoxydation.

20 L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé, comprenant une poche de coulée de métal liquide sous basse pression gazeuse, un moule présentant une empreinte intérieure de moulage, disposé au-dessus de la poche
25 et communiquant avec celle-ci par une cheminée de coulée ascendante, un ajutage de coulée étant interposé de manière étanche entre un orifice inférieur d'alimentation du moule et l'extrémité supérieure de la cheminée, caractérisé en ce que le moule est percé
30 à sa partie supérieure d'un passage suivant l'axe vertical de la cheminée de coulée ascendante, adapté pour recevoir le fil de traitement du métal liquide et débouchant dans l'empreinte de moulage.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, le fil provenant d'une bobine, sur laquelle

il est enroulé, traverse la partie supérieure du moule pourvue d'un orifice à cet effet et la partie inférieure du moule de manière que l'extrémité inférieure du fil de traitement dépasse la face inférieure du moule sensiblement au-dessous de celle-ci, le fil de traitement traversant ainsi le moule de part en part.

Que le moule soit en sable ou qu'il soit métallique, le fil traverse la partie supérieure du moule par un trou de manière à déboucher dans l'empreinte de moulage. L'étanchéité à l'air dans l'espace annulaire entre le trou de passage et le fil est facultative.

Grâce à ce procédé et à ce dispositif, et notamment lorsqu'il s'agit de l'inoculation de la fonte à l'aide d'un fil inoculant, les conditions d'inoculation homogène et d'introduction rapide de la fonte inoculée dans le moule après l'inoculation sont parfaitement remplies dans la technique de moulage sous basse pression. En effet, la phase d'inoculation ne dure qu'un instant (quelques secondes) avant l'introduction de la fonte inoculée dans le moule, elle-même très rapide, mais dure cependant un temps suffisant pour la fusion complète du fil immergé dans la cheminée ou le tube de coulée ascendante, de sorte que la fonte qui va entrer dans le moule est complètement inoculée. En outre, le temps d'inoculation est contrôlable à volonté.

Dans ce procédé mis en oeuvre au moyen de ce dispositif, ce n'est pas la partie du fil d'inoculation traversant l'empreinte de moulage qui est utilisée pour l'inoculation mais c'est la partie située hors du moule, au-dessous de la face inférieure du moule, qui est utilisée pour l'inoculation.

En bref, dans la technique connue, l'inocu-

lation dans le moule dépend du système d'alimentation du moule et du débit du métal liquide à inoculer, et elle se fait en même temps que le remplissage par gravité du moule en métal liquide qui se solidifie. Il en résulte une inoculation souvent incomplète et hétérogène, par manque de temps pour être pleinement réalisée.

Au contraire, dans la présente invention, il y a un temps (une phase d'inoculation) pour la dissolution de l'inoculant dans le métal liquide et il y a un temps (une phase d'alimentation) pour le remplissage du moule en métal inoculé, et ces deux temps, qui se succèdent rapidement, sont indépendants l'un de l'autre et de durées aisément contrôlables.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés qui en illustrent plusieurs modes de réalisation non limitatifs.

- la Figure 1 est une vue schématique partielle en coupe d'un dispositif de mise en oeuvre du procédé selon l'invention;

- la Figure 2 est une vue schématique en coupe d'un moule borgne en sable auquel est appliquée l'invention;

- la Figure 3 est une vue schématique en coupe d'un moule métallique borgne auquel est appliquée l'invention;

- les Figures 4, 5, 6, 7 et 8 sont des vues partielles schématiques en coupe illustrant les différentes phases du procédé de coulée sous basse pression et l'inoculation suivant l'invention;

- les Figures 9, 10, 11, 12 et 13 sont des diagrammes schématiques illustrant les variations de pression de gaz dans la poche de coulée, en fonction

du temps, et en correspondance avec les différentes phases illustrées aux Figures 4, 5, 6, 7 et 8;

5 - les Figures 14 et 15 sont des vues partielles schématiques illustrant en coupe une variante d'utilisation du fil d'inoculation;

- les Figures 16 et 17 sont des diagrammes schématiques correspondant aux Figures 14 et 15 pour les variations de pression dans la poche de coulée en fonction du temps;

10 - la Figure 18 est une vue en coupe analogue à la Figure 2 montrant l'application de l'invention à un moule pourvu d'évents;

- la Figure 19 est un diagramme des variations de pression dans la poche de coulée en fonction du temps, correspondant à la Figure 18;

15 - la Figure 20 est une vue en coupe montrant l'application de l'invention à un moule à plan de joint vertical et pourvu d'un noyau;

20 - les Figures 21 et 22 sont des micrographies au grossissement 100 de pièces en fonte à graphite sphéroïdal inoculées dans le procédé de moulage sous basse pression respectivement suivant la technique antérieure et suivant l'invention.

25 Suivant l'exemple d'exécution de la Figure 1, le dispositif de moulage ou de coulée sous basse pression visé par l'invention comprend une poche de coulée 1 sous pression gazeuse et un moule borgne A appliqué sur l'ajutage de coulée de ladite poche.

30 La poche de coulée est par exemple de type théière et comprend une chambre 2, presque complètement fermée, et une cheminée de coulée ou tubulure de coulée 3 communiquant avec la chambre 2 par un orifice 4 situé au fond de la poche 1. Le métal liquide M contenu dans la poche 1, donc à la fois dans la chambre

2 et la cheminée ou tubulure 3, est placé sous pression gazeuse par un conduit 5 d'alimentation en gaz sous pression, par exemple de l'air ou de l'argon ou de l'azote, débouchant à la partie supérieure de la
5 chambre 2. Ce conduit 5 peut également être relié à une décharge ou à un échappement par un tiroir distributeur non représenté. L'introduction de métal liquide sous pression dans la poche 1 s'effectue par une large
10 ouverture à la partie supérieure de la chambre 2, cette large ouverture étant obturée de manière étanche par un couvercle 6.

Bien entendu, la poche 1 peut être remplacée par une poche traversée à peu près en son milieu par un tube de coulée ascendante, et être équipée d'un
15 système de régulation de la pression gazeuse et du niveau N de métal liquide M dans le tube de coulée ascendante tel que décrit au brevet FR-A-2 367 566.

La cheminée 3 d'axe XX porte à sa partie supérieure une buse 7 appelée également ajutage de
20 coulée, de forme tronconique. Cette buse 7 est destinée à recevoir l'orifice de coulée d'un moule A, par application en contact étanche.

Le moule A, par exemple en deux parties 8 et 9 assemblées suivant un plan de joint horizontal, comporte une empreinte de moulage 10 et un orifice de
25 coulée 11 tronconique s'ajustant de manière étanche sur l'ajutage ou la buse 7 également tronconique.

Les deux parties de moule 8 et 9 sont maintenues en contact étanche, à l'encontre de la pression
30 de métal liquide qui tendrait à ouvrir l'empreinte de moulage 10, par tous les moyens appropriés, connus des fondeurs, par exemple par un verrouillage au moyen de serre-joints représenté schématiquement en 12.

Le moule A est bîrgne en ce sens qu'il po-

sède, pour toute ouverture, à sa partie inférieure 8 l'orifice de coulée 11 destiné à être appliqué sur la buse 7. Sa partie supérieure 9 ne possède aucune ouverture, son plafond, c'est-à-dire la partie supérieure de l'empreinte de moulage 10, étant complètement fermé. Conformément à l'invention, on perfore le plafond de sa partie supérieure 9 d'un orifice 9a de passage d'un fil métallique inoculant 13 dans l'axe XX de l'orifice 11.

Le dispositif de l'invention est complété par un moyen d'inoculation consistant en un fil métallique inoculant 13 amené par exemple par un dévidoir 14 (bobine 14).

Conformément à l'invention, le fil inoculant 13 traverse de part en part le moule A, donc l'empreinte de moulage 10, suivant l'axe XX vertical de la cheminée ou tubulure de coulée 3 de la poche 1. Le fil 13 d'inoculation traverse donc le plafond ou la partie supérieure de l'empreinte 10 de moulage, à travers la partie 9 du moule A, se trouve suspendu à travers l'empreinte de moulage 10 et l'orifice de coulée 11, et se prolonge en suspension verticale suivant l'axe XX au-dessous du moule A, sur une certaine hauteur, à l'intérieur de la cheminée de coulée 3. Le fil 13 s'étend ainsi sur une longueur totale L au-dessous de la face supérieure du moule A, supérieure à la hauteur h du moule A mesurée au-dessus de la base de l'ajutage 7.

La longueur de fil descendant au-dessous de la face inférieure de la partie inférieure 8 du moule A est telle que la longueur de fil immergeable dans le métal liquide à l'intérieur de la cheminée 3 de coulée ascendante, corresponde à la quantité d'inoculant nécessaire pour inoculer le métal liquide à introduire

dans l'empreinte de moulage 10. La longueur de fil immergé dans le métal liquide est repérée H sur la Figure 1.

5 Lorsque le moule A est en sable (Figure 2), le fil d'inoculation 13 traverse le plafond de la partie supérieure 9 en prévoyant un trou d'aiguille à travers ce plafond, correspondant au diamètre du fil 13.

10 Si le moule A est métallique (Figures 1 et 3), ou bien sa partie supérieure est traversée par un orifice 9a de passage du fil 13 (Figure 1), ou bien sa partie supérieure comporte un orifice 15 obturé par un bouchon 16 en sable ou autre matériau réfractaire aggloméré par un liant, et le bouchon 16 est lui-même
15 traversé par un trou de passage 9a pour le fil inoculant 13 (Figure 3).

Le métal liquide M peut être de la fonte à graphite sphéroïdal ou de la fonte à graphite lamellaire ou bien encore un acier à désoxyder ou encore un
20 super alliage (c'est-à-dire un alliage austénitique contenant plus de 20% de fer, ainsi que du nickel et du chrome ou bien du nickel, du chrome et du cobalt, ou encore un alliage qui contient moins de 20% de fer et qui est à base de nickel ou à base de cobalt). Le
25 métal liquide M peut encore être de l'aluminium ou un alliage d'aluminium ou un alliage cuivreux.

Le fil d'inoculation 13 est à base d'un produit inoculant tel que le ferro-silicium (à 75%, le reste étant un support en acier) dans le cas de la
30 fonte à graphite sphéroïdal ou fonte ductile, et dans le cas de la fonte à graphite lamellaire. On peut également employer un fil inoculant à base de ferro-silicium dans le cas où le métal liquide M est de l'acier. Le fil inoculant 13 peut être un fil d'acier

enrobé de produits inoculants ou bien un fil fourré c'est-à-dire un élément tubulaire contenant intérieurement le produit inoculant.

5 Pour le traitement de la fonte, le fil de traitement 13 peut être en magnésium, en alliage fer-silicium-magnésium, en terres rares, en titane, en bismuth.

10 Dans le cas où le métal liquide M à traiter (traitement de désoxydation) est de l'acier ou un superalliage, le fil 13 peut être également en aluminium, en silico-calcium, silicium, manganèse, terres rares.

15 Dans le cas de la fonte, le fil inoculant 13 peut encore comporter, en plus du ferro-silicium, des terres rares qui améliorent le processus de nodularisation du graphite libre en favorisant l'obtention de nodules de forme ronde, et peut contenir aussi du bismuth qui augmente le nombre de nodules de graphite.

20 Dans le cas où le métal M est de l'aluminium, le fil de traitement 13 peut être du strontium, ou du sodium.

Fonctionnement :

25 A l'aide de ce dispositif, on procède au traitement d'inoculation et à la coulée de la manière suivante, en faisant varier le niveau N de fonte liquide dans la cheminée de coulée 3, au moyen d'une variation de pression gazeuse dans la chambre 2, suivant le diagramme des variations de pression du brevet FR-A-2 367 566 :

30 1) Avant inoculation : alimentation du fil 13 - Approche du moule A (Figures 4 et 9) :

Au temps (t - 2) (Figure 9), la chambre 2 de la poche de coulée 1 n'étant pas sous pression, le niveau N de la fonte M dans la cheminée 3 est bas. Il est éloigné

du moule A. Le fil 13 est approché du moule A par exemple à l'aide d'un dévidoir.

2) Avant inoculation : Mise en place du fil 13 d'inoculation (Figures 5 et 10) :

5 Au temps $(t - 1)$ (Figure 10), la chambre 2 n'est toujours pas sous pression. Le niveau N reste le même qu'en 1) mais le fil 13 traverse de part en part le moule A suivant l'axe XX de la cheminée 3 et est suspendu dans la cheminée 3 sur une longueur corres-
10 pondant à la quantité de fil à utiliser pour l'inoculation. L'extrémité inférieure du fil 13 est proche du niveau N, au-dessus de celui-ci.

3) Phase d'inoculation sous pré-pression P_0 (Figures 6 et 11) :

15 Un moule A est en place sous l'ajutage de coulée 7 de la cheminée de coulée 3 comme cela est illustré à la Figure 1. Dans la chambre 2, on introduit au-dessus de la fonte liquide M une pression gazeuse jusqu'à la valeur P_0 dite "pré-pression". Cette pré-pression fait
20 monter la fonte dans la cheminée 3 jusqu'au niveau N, c'est-à-dire juste en dessous de la partie supérieure de la cheminée 3, au plus près de la face inférieure du moule A, c'est-à-dire au plus près de l'empreinte de moulage 10.

25 Le fil d'inoculation 13 est en place dans la cheminée de coulée ascendante 3, suivant son axe XX, à travers le moule A traversé de part en part, jusqu'à une profondeur d'immersion H dans la cheminée 3, au-dessous du niveau N. La profondeur H correspond à la
30 quantité de fil qui doit être dissous dans la fonte N en vue d'une parfaite inoculation de la fonte qui se solidifiera ultérieurement à l'intérieur de l'empreinte de moulage 10. Si la quantité d'inoculant de hauteur H est insuffisante, on peut dérouler le fil 13

de la bobine 14 jusqu'à ce que la quantité de fil 13 dissoute dans le métal liquide M soit suffisante.

5 On se trouve à ce stade au point a du diagramme pression/temps de la Figure 11 après avoir effectué la montée 0a pour atteindre la pré-pression P0 correspondant au niveau N1.

10 On maintient cette pré-pression Po pendant un temps correspondant au segment ou palier ab du diagramme de la Figure 11 jusqu'à ce que le fil 13 immergé dans la fonte liquide M sur une hauteur H soit complètement dissous. Le temps d'inoculation sous pré-pression Po correspondant au palier ab ne dépasse pas quelques secondes (2 à 3 secondes en moyenne). Ce temps est d'ailleurs contrôlable.

15 4) Coulée (Figures 7 et 12) :

20 On fait monter la pression gazeuse dans la chambre 2 de la poche de coulée 1 de la pré-pression Po à la pression de coulée PC. On passe ainsi du point b au point c sur le diagramme de la Figure 12. C'est ce qui fait monter la fonte liquide M à l'intérieur de l'empreinte de moulage 10 (Figure 7) de manière à l'emplir totalement. On remarque que le fil 13 a fondu dans toute sa partie précédemment immergée dans la cheminée 3, et que, lors du passage de la fonte de la cheminée 3 à la cavité de l'empreinte de moulage 10, s'effectue un brassage de la fonte et du produit inoculant qui vient d'être dissous, ce qui parfait l'homogénéité de l'inoculation.

30 On maintient la pression de coulée PC dans la poche 1 pendant un certain temps pour permettre la solidification de la fonte contenue à l'intérieur de l'empreinte de moulage 10 du moule A. Ce maintien de la pression de coulée PC correspond au palier supérieur cd de la Figure 12.

5) Solidification de la pièce moulée et chute de pression pour retour au niveau N1 (Figures 8 et 13) :

Après écoulement du temps de solidification de la pièce moulée à l'intérieur du moule A suivant le palier supérieur précité cd (temps connu par l'expérience), on fait tomber la pression gazeuse dans la chambre 2 de la poche 1 de la valeur PC de pression de coulée à une valeur de pré-pression Pol légèrement supérieure à la pré-pression Po de la Figure 11.

On ramène ainsi le niveau de la fonte en N1 dans la cheminée ascendante 3, malgré la baisse de niveau dans la chambre 2 non représentée, par suite de la consommation d'une certaine quantité de fonte à l'intérieur de l'empreinte de moulage 10. C'est cette consommation qui nécessite une pré-pression Pol supérieure à la pré-pression P0. Sur le diagramme de la Figure 13, cette chute de pression correspond au segment descendant de qui sera suivi d'un palier ef à la pression Pol pendant le temps d'évacuation du moule A qui vient d'être coulé et l'amenée d'un nouveau moule A à emplir.

Ainsi s'achève le cycle de variations de pression/temps 0 a b c e d f.

Lorsque la fonte est solidifiée à l'intérieur de l'empreinte de moulage 10, après retour de l'excédent de fonte liquide dans la cheminée 3, par retombée, le fil 13 d'inoculation se trouve en partie fondu, en partie noyé à l'état solide dans la pièce solidifiée. De toute façon, lors de l'évacuation du moule A qui vient d'être coulé, le fil 13 peut être coupé au ras de la face supérieure du moule A avant l'évacuation cependant que lors du démoulage de la pièce moulée, le fil d'inoculation 13 qui pourrait éventuellement être en protubérance par rapport à la

paroi extérieure de la pièce moulée pourra être également coupé au ras de celle-ci.

Résultat d'inoculation (Figures 21 et 22).

5 Si l'on fait une micrographie de la pièce moulée ainsi coulée et inoculée (Figure 22), on constate la présence de nodules de graphite en répartition
10 extrêmement régulière, ce qui prouve que la graphitisation a été uniforme grâce à l'inoculation totale dans la cheminée de coulée 3 (Figures 6 et 11),
15 grâce à l'introduction de la fonte ainsi inoculée en un temps très court après l'inoculation (Figure 7 et 12) donc sans risque de perdre cet effet d'inoculation de durée éphémère dans la fonte liquide, et grâce à l'effet de brassage entre fonte et produit inoculant
20 dissous, lors de l'entrée de la fonte dans l'empreinte 10. Sur cette structure ferritique, la densité en nodules de graphite est élevée, et les nodules ont une taille régulière. Cette densité et cette régularité confèrent une grande homogénéité à la structure de la pièce moulée.

A titre comparatif, si l'on examine une micrographie d'une pièce en fonte à graphite sphéroïdal coulée par le même procédé de moulage sous basse pression mais inoculée par un procédé de type
25 connu antérieur, consistant par exemple à introduire l'inoculant en poudre (par exemple de la poudre de ferro-silicium) à l'intérieur de l'empreinte de moulage (Figure 21), on constate certes l'existence de nodules de graphite sur cette structure ferrito-
30 perlitique à moins de 10% de perlite. Mais leur répartition et leur taille sont beaucoup plus irrégulières que dans la micrographie de la Figure 22, en raison de l'hétérogénéité du mélange de la fonte liquide et de la poudre inoculante à l'intérieur de

l'empreinte de moulage 10, en l'absence de brassage et en l'absence de moyens pour répartir régulièrement cette poudre à l'intérieur de l'empreinte 10. Il est à noter que les micrographies des Figures 21 et 22 correspondent à des zones de même épaisseur supérieure à 5 mm.

On remarque encore la faible proportion de perlite, inférieure à 10%, dans la structure de l'invention (Figure 22). En ce qui concerne la teneur en perlite, dans le cas (qui n'est pas celui des Figure 21 et 22) où les conditions de refroidissement de la pièce moulée amèneraient l'obtention d'une structure perlitique à l'état brut de coulée, alors que la technique antérieure connue d'inoculation n'aurait aucun effet sur cette tendance normale à l'obtention d'une structure perlitique, au contraire le procédé d'inoculation de l'invention permettrait d'abaisser le pourcentage de perlite obtenue à l'état brut de coulée.

Variantes :

- En phase d'inoculation, avant le remplissage de l'empreinte de moulage 10, on peut, si besoin est, c'est-à-dire si la quantité d'inoculant déjà dissoute est insuffisante, introduire une longueur supplémentaire de fil 13 dans la colonne de fonte liquide contenue dans la cheminée 3, donc faire descendre une longueur supplémentaire de fil 13.

- Après inoculation, au lieu de laisser le fil 13 immobile dans le moule A de sorte qu'il se trouve noyé dans la fonte emplissant la cavité 10 de moulage (Figure 7 et 8), on retire le fil d'inoculation 13 avant que la fonte liquide M n'emplisse la cavité de moulage 10 (Figures 14 et 15).

Suivant les Figures 14 et 16, on retire le

fil 13 au fur et à mesure de la montée du niveau M dans la cavité 10, en gardant l'extrémité inférieure du fil 13 hors de la fonte liquide M. Le niveau N2 illustré correspond à un point b1 d'une pression Pb1 sur le diagramme de montée en pression (Figure 16) de la chambre 2. Après solidification de la fonte introduite dans la cavité 10 (Figure 15 et 17), le fil 13 se trouve hors du moule A, au plus près de celui-ci, prêt à être réutilisé pour l'inoculation suivante. Le niveau N1 est retombé juste au-dessous du moule A sous la pression P01 (la Figure 17 est la même que la Figure 13). Mais le fil 13 n'est pas noyé dans la pièce moulée et il n'est pas nécessaire de le couper, ce qui est un gain de temps.

En variante encore, on peut retirer le fil 13 du moule A avant même le début de remplissage du moule A.

- Moule à événements (Figures 18 et 19) :

Si un moule B comporte des événements 17 traversant sa partie supérieure 9 et reliant la cavité 10 à l'atmosphère, et notamment un événement 17 dans l'axe XX de l'orifice 11a d'alimentation en fonte liquide, le fil 13 traverse facilement le moule B en passant par l'événement axial 17. On procède alors à la montée en pression de la manière suivante, dans la poche de coulée, après inoculation, pour le remplissage de la cavité 10 (Figure 19) :

Le point b du diagramme de la Figure 19 représente la situation en pression et en temps après l'inoculation et juste avant le remplissage du moule B.

Le segment ascendant bc illustre une montée en pression dans la chambre 2 de la poche 1 pour introduire la fonte liquide dans la cavité 10 jusqu'à

la face supérieure du moule B. Le palier ccl illustre le maintien de cette pression jusqu'à ce que la fonte se solidifie dans les événements 17, ce qui transforme le moule B en un moule borgne. Cette solidification est rapide. Le palier ccl est donc très court.

Le segment ascendant cl-c2 illustre une montée en pression supérieure dans la chambre 2 de la poche 1 pour introduire dans la cavité 10 de moulage un supplément de fonte chaude et compenser ainsi le retrait et les retassures éventuelles qui sont alors comblées.

Le reste du diagramme de la Figure 19 : palier c2d-segment descendant de et court palier ef, est identique au parcours cdef de la Figure 13.

- Moule vertical à noyau (Figure 20) :

Enfin, à la Figure 20 est illustrée l'application de l'invention à un moule C à plan de joint vertical dont la trace se confond avec l'axe XX, à empreinte de moulage 18 et à noyau 19 admettant l'axe XX comme axe de symétrie. Le moule C, par exemple celui d'une tubulure pour moteur automobile, est en deux parties 20 et 21 symétriques par rapport à l'axe XX et par rapport au plan de joint vertical. Les deux parties 20 et 21 sont serrées l'une contre l'autre, par exemple par deux plateaux de presse 22, 23. Le noyau 19 est par exemple suspendu dans la cavité 18 de moulage par une portée supérieure 24.

Comme dans les exemples précédents, le moule C comporte un orifice axial de coulée 11b sur sa face inférieure. Sur l'orifice 11b, vient s'appliquer l'ajutage 7 de la poche de coulée 1.

Le noyau 19, par exemple en sable de moulage, est traversé de part en part par le fil d'inoculation 13 qui descend suivant l'axe XX de la

cheminée 3 de coulée. Pour faciliter le passage du fil 13, le noyau 19 est avantageusement traversé de part en part d'un conduit de passage 25 dans l'axe XX. Comme précédemment, la partie utile du fil 13 pour l'inoculation n'est pas celle qui traverse le moule C, c'est-à-dire le noyau 19, mais celle qui, au-dessous du moule C, est immergée dans la fonte M contenue dans la cheminée 3, avant introduction de la fonte dans la cavité annulaire de moulage 18.

L'inoculation puis le remplissage du moule ont lieu comme précédemment. On peut laisser le fil 13 prisonnier de la fonte solidifiée au moins à la partie inférieure du moule C ou bien retirer le fil 13 au fur et à mesure de la montée de la fonte dans le moule C ou bien avant même le début du remplissage du moule C.

Avantages du procédé et du dispositif de l'invention :

Grâce à l'insertion d'une certaine hauteur H de fil 13 d'inoculation dans la cheminée de coulée ascendante 3 pendant un certain temps représenté par le palier de pré-pression ab (Figures 6 et 11), on obtient une dissolution totale du produit inoculant dans la fonte M qui sera introduite dans le moule.

L'effet de brassage de la fonte et du produit inoculant dissous, lors du transfert de la fonte inoculée de la cheminée 3 à la cavité de l'empreinte de moulage 10, assure une excellente homogénéité de l'inoculation dans la masse de fonte emplissant l'empreinte 10.

Grâce au déroulement du fil d'inoculation 13 d'un dévidoir 14, on peut continuer de faire descendre le fil 13 dans la cheminée 3 au fur et à mesure de sa fusion, pour le cas où le segment de fil 13 de hauteur H ne serait pas quantitativement suffisant pour inoc-

ler toute la fonte destinée à être introduite dans l'empreinte de moulage 10.

On peut ainsi contrôler avec précision la quantité d'inoculant utilisé.

5 L'inoculation de la fonte M pendant la phase de pré-pression Oab (Figures 6 et 11), c'est-à-dire dans la cheminée 3, en amont de l'empreinte de moulage 10 permet de contrôler à volonté le temps d'inoculation. Ce temps débute lors de l'immersion du fil 13 et
10 se termine lorsque l'on constate la dissolution complète du fil 13 dans la fonte M.

Grâce à l'immersion du fil 13 dans la cheminée 3 de section cylindrique constante, quel que soit le volume de l'empreinte de moulage 10, l'inoculation par unité de volume est constante, et la
15 qualité de l'inoculation est invariable et répétitive, quels que soient le volume et la forme de l'empreinte de moulage 10.

Ce procédé d'inoculation combiné avec le
20 procédé de coulée ascendante sous basse pression permet d'introduire rapidement la fonte inoculée dans l'empreinte de moulage 10 (Figure 15) sans perte de temps après l'inoculation et sans avoir un trajet ou parcours important à accomplir, de sorte que l'on est
25 certain de ne pas perdre l'effet d'inoculation de la fonte liquide qui, comme on le sait, est de durée éphémère.

L'inoculation conforme à l'invention permet encore d'abaisser la proportion de perlite dans la
30 structure de la pièce moulée, ce qui est avantageux pour la fabrication de pièces tubulaires pour moteurs d'automobiles.

Le procédé et son dispositif de mise en oeuvre rendent possible la fabrication des pièces

moulées en grande série et à haute cadence avec un minimum de temps pour l'inoculation. En effet, le temps d'inoculation qui correspond au tronçon Oab de pré-pression de la Figure 11 est celui de la fusion d'une certaine longueur de fil inoculant 13 dans la cheminée 3, lorsque le moule est déjà en place et en contact étanche avec l'ajutage de coulée 7 de la cheminée 3.

Ce procédé étant fondé sur l'inoculation de la seule masse de fonte liquide (ou le traitement de la seule masse de métal liquide) contenue dans la cheminée 3 et destinée à être introduite dans le moule A,B,C, il est applicable à des pièces moulées d'une masse de quelques kilogrammes (par exemple de 4 kg). Ainsi, on coulera, après un tel traitement d'inoculation, par exemple des collecteurs tubulaires d'échappement de moteurs d'automobiles.

Ce procédé d'inoculation et de coulée permet d'inoculer de matière uniforme des pièces minces ainsi que des pièces de formes compliquées, tout en assurant une parfaite uniformité de graphitisation résultant de l'uniformité de l'inoculation puisque le mode d'inoculation de la cheminée 3 est indépendant de la forme de la pièce moulée et du débit d'alimentation du moule en métal liquide.

Si l'on n'apporte pas le fil d'inoculation 13 de manière continue à partir d'une bobine ou d'un dévidoir 14, ou si l'on ne dispose pas d'un moule métallique A pourvu d'un bouchon réfractaire 16 susceptible d'être traversé par le fil 13, on peut suspendre le fil métallique 13 au plafond de l'empreinte de moulage 10, par exemple en donnant à l'extrémité supérieure du fil 13 la forme d'un crochet et en prévoyant un petit anneau au plafond de l'em-

preinte de moulage métallique, l'anneau et le crochet devant être noyés dans l'empreinte de moulage après solidification de la fonte.

5 Dans ce cas bien entendu, le fil d'inoculation doit se prolonger bien en-dessous de la face inférieure du moule A afin d'être immergé dans la cheminée 3 de coulée ascendante, comme cela est illustré à la Figure 1.

10 Bien entendu, un fil ainsi suspendu peut être utilisé avec un moule borgne en sable A. La seule différence avec le moule métallique est que l'extrémité supérieure du fil d'inoculation 13 pourra être accrochée et retenue sur la face supérieure du moule, par exemple en s'élargissant sous forme d'une boucle
15 plane dans un plan horizontal prenant appui sur ladite face supérieure, après traversée du plafond de l'empreinte de moulage par le fil 13.

REVENDICATIONS

- 1 - Procédé de traitement d'un métal liquide (M) moulé sous basse pression, notamment pour l'inoculation de la fonte, dans lequel on moule sous basse pression et par coulée ascendante dans un moule (A, B, C) présentant une empreinte intérieure (10), le métal liquide situé dans une poche de coulée (1) sous pression gazeuse, disposée au-dessous du moule (A, B, C), avec lequel elle communique par une cheminée (3) de coulée ascendante raccordée de manière étanche à un orifice (11, 11a, 11 b) d'alimentation du moule (A, B, C) en métal liquide (M), caractérisé en ce qu'on exécute le traitement du métal liquide (M) au moyen d'un fil (13) suspendu à travers l'empreinte de moulage (10, 18), sur une longueur (L) supérieure à la hauteur (h) du moule (A, B, C) mesurée au-dessus d'un ajutage (7) de coulée intercalé entre le sommet de la cheminée (3) et l'orifice d'entrée (11) du moule (A, B, C), de manière que la partie inférieure du fil (13) située au-dessous du moule (A, B, C) et extérieure à celui-ci soit plongée dans le métal liquide (M) à traiter sur une longueur déterminée (H) sensiblement dans l'axe (XX) de la cheminée (3), procédé dans lequel
- 25 a) dans une phase précédant la coulée, l'extrémité inférieure du fil (13) est située juste au-dessus du niveau (N) du métal liquide (M) dans la cheminée (3);
- 30 b) dans la phase suivante, on élève la pression gazeuse dans la poche de coulée (1) de manière à faire monter le niveau du métal liquide (M) à la hauteur (N1) de l'orifice (11) d'alimentation du moule (A, B, C);

c) on maintient la pression et le niveau (N1) de coulée durant le temps nécessaire au traitement du métal liquide;

5 d) et on élève la pression dans la poche de coulée (1) jusqu'à une valeur (Pc) supérieure à la précédente (Po) afin de faire monter le métal liquide (M) dans l'empreinte de moulage (10, 18) pour remplir celle-ci.

10 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on fait traverser le plafond du moule (A, B) par le fil de traitement (13) en prévoyant à cet effet dans ce plafond un orifice de passage (9a) suivant l'axe (XX) de la cheminée (3) de coulée ascendante.

15 3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'après dissolution d'une certaine longueur de fil (13) dans la colonne de métal liquide (M) contenue dans la cheminée (3) et avant le remplissage du moule (A, B, C), on introduit une longueur
20 supplémentaire de fil (13) dans la colonne de métal liquide (M).

4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on suspend le fil (13) de traitement à la partie supérieure du moule (A, B, C)
25 en utilisant celle-ci comme support de l'extrémité supérieure du fil (13) et en faisant dépasser le fil (13) au-dessous de la face inférieure du moule (A, B, C).

5 - Procédé selon la revendication 1,
30 caractérisé en ce que le fil (13) est accroché au plafond de l'empreinte de moulage (10, 18) du moule métallique (A, B, C) et se prolonge au-dessous de la face inférieure du moule, la partie du fil hors de l'empreinte de moulage (10, 18) étant celle utile au

traitement.

5 6 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fil (13) prend appui sur la face supérieure du moule (A) en sable par une boucle élargie dans un plan horizontal, après avoir traversé la partie supérieure du moule, et il traverse la face inférieure du moule.

10 7 - Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant une poche de coulée (1) de métal liquide (M) sous basse pression gazeuse, un moule (A, B, C) présentant une empreinte intérieure (10, 18) de moulage, disposé au-dessus de la poche (M) et communiquant avec celle-ci par une cheminée (3) de
15 coulée ascendante, un ajutage (7) de coulée étant interposé de manière étanche entre un orifice inférieur (11) d'alimentation du moule (A, B, C) et l'extrémité supérieure de la cheminée (3), caractérisé en ce que le moule (A, B, C) est percé à sa partie
20 supérieure d'un passage (9a, 25) suivant l'axe vertical (XX) de la cheminée (3) de coulée ascendante, adapté pour recevoir le fil (13) de traitement du métal liquide (M) et débouchant dans l'empreinte de moulage 10, 18).

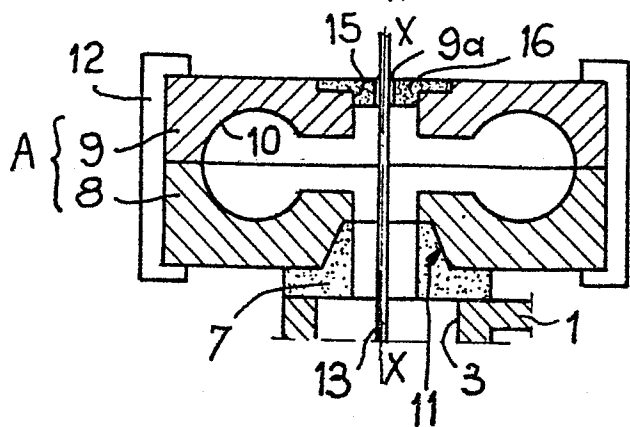
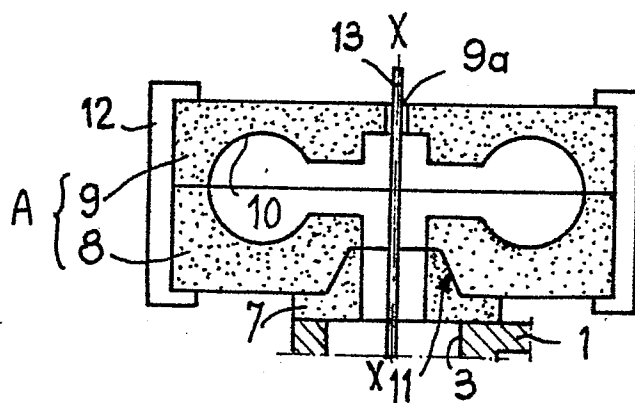
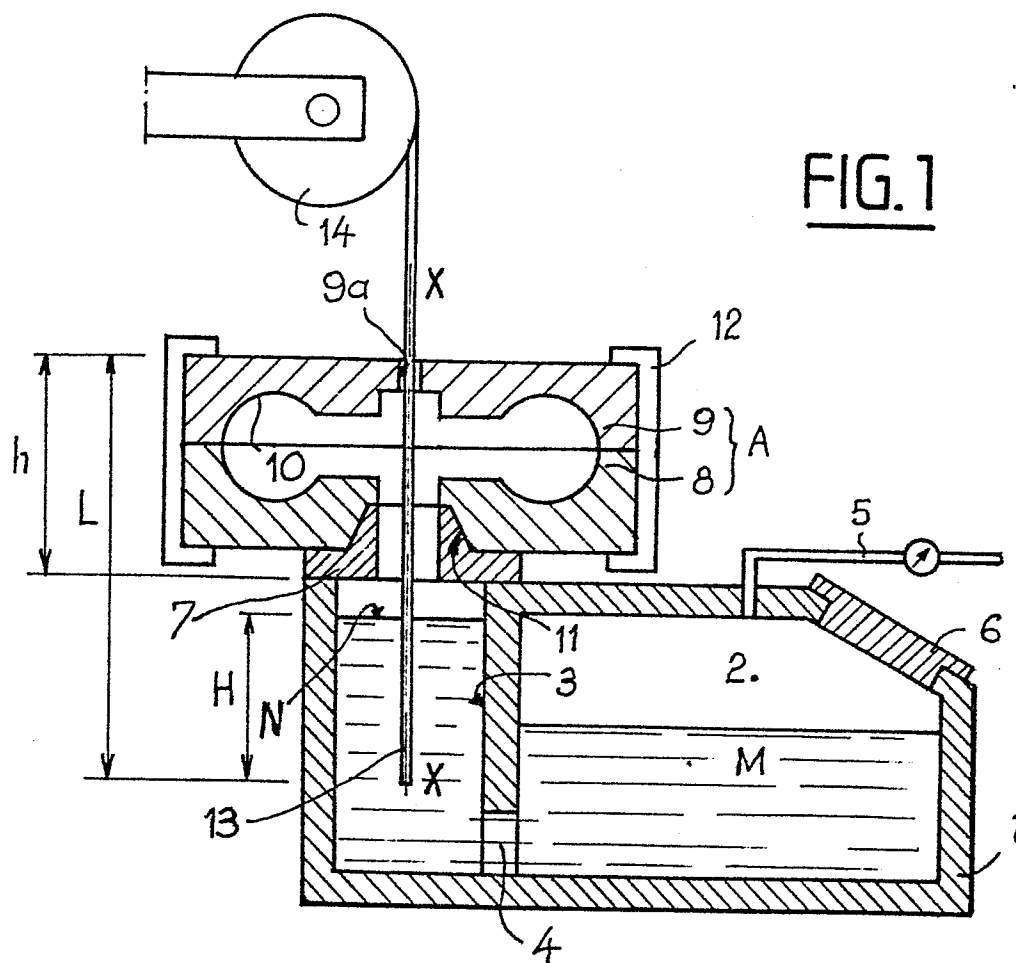
25 8 - Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le passage (9a) pour le fil de traitement (13) est ménagé dans un bouchon (16) d'obturation d'une ouverture (15) pratiquée dans la partie supérieure du moule (A).

30 9 - Dispositif selon la revendication 7, comprenant un moule (C) à plan de joint vertical contenant l'axe (XX) de la cheminée (3) de coulée et un noyau (19) suspendu dans la cavité intérieure (18) de moulage, caractérisé en ce que le noyau (19) est

percé axialement d'un conduit de passage (25) destiné à recevoir le fil (13) de traitement.

10 - Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il est pourvu de moyens
5 d'alimentation en fil (13) de traitement, par exemple un dévidoir (14) constitué d'une bobine placée au-dessus du moule (A, B, C) et sur laquelle est enroulé le fil (13).

1/4



2/4

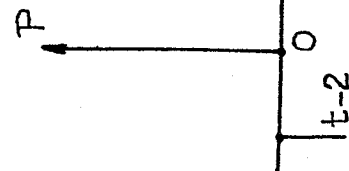
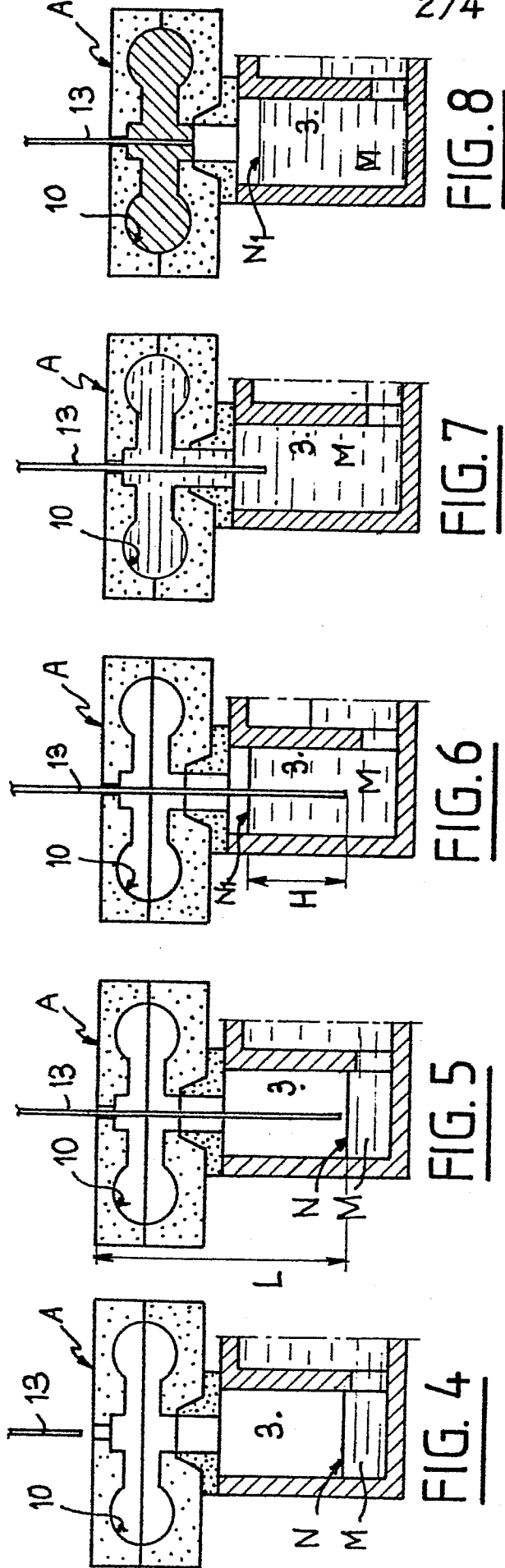


FIG. 9

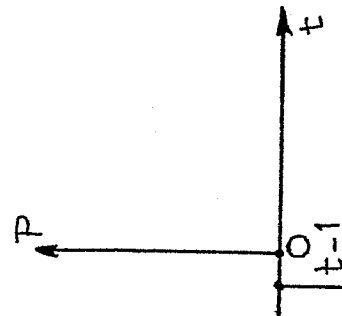


FIG. 10

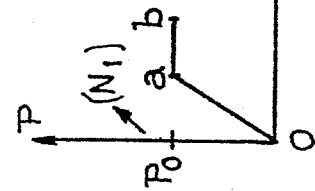


FIG. 11

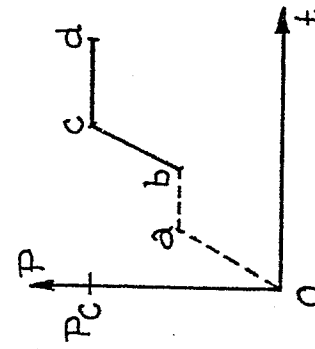


FIG. 12

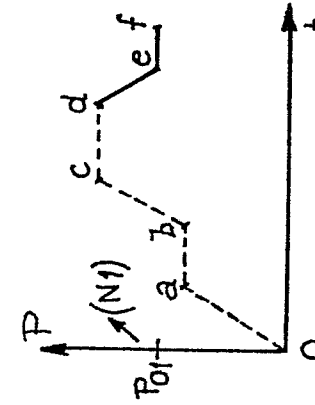


FIG. 13

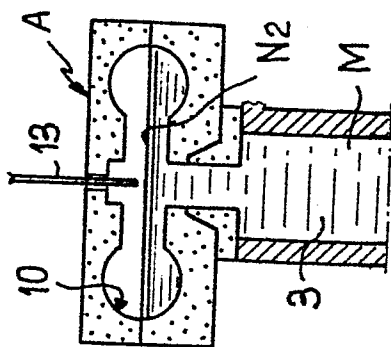


FIG. 14

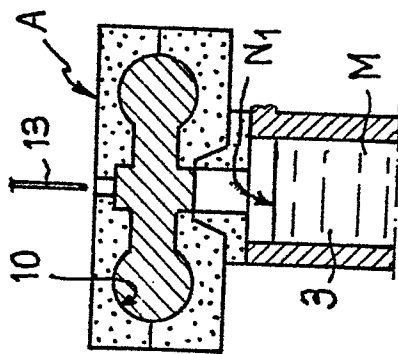


FIG. 15

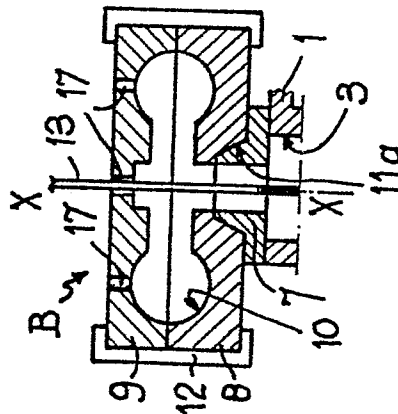


FIG. 18

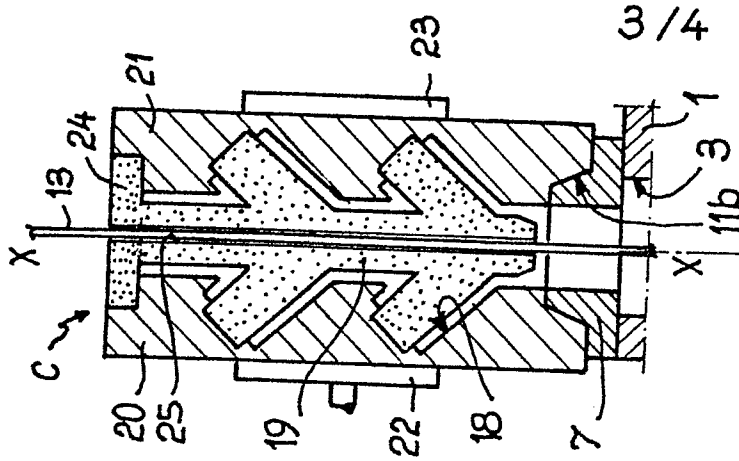


FIG. 20

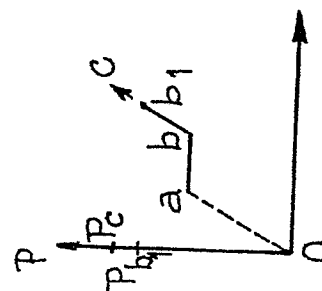


FIG. 16

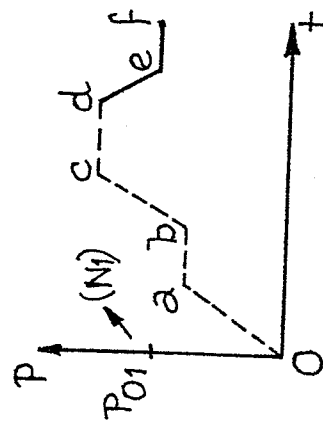


FIG. 17

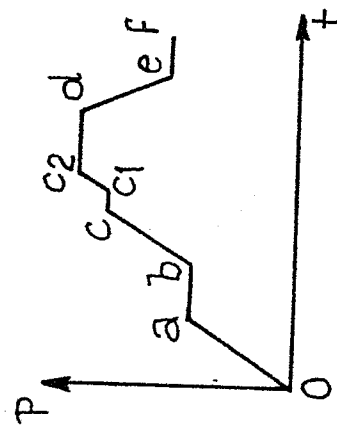
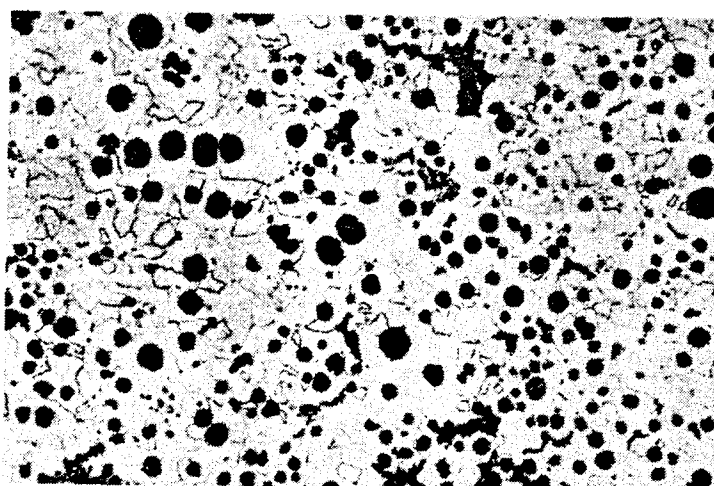
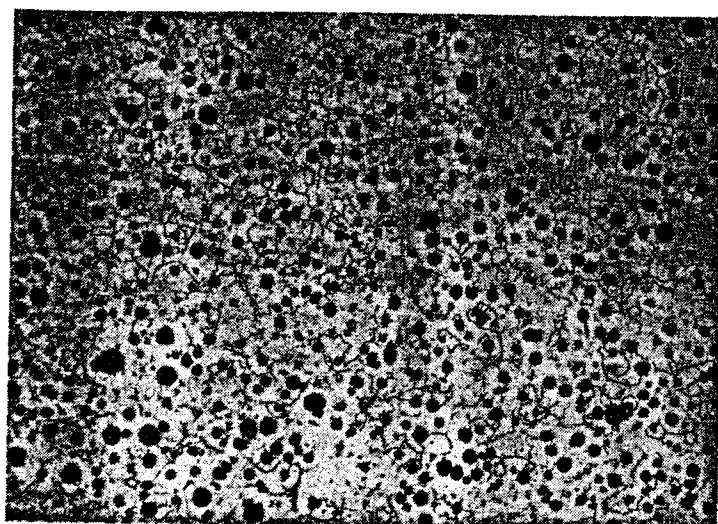


FIG. 19

FIG.21FIG.22



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
A	GIESSEREI, vol. 66, no. 3, février 1979, pages 49-55; F. NEUMANN: "Nachbehandlung von Gusseisenschmelzen durch Drahtimpfung" * Page 49, colonne de droite *		B 22 D 18/04 B 22 D 1/00
A	GB-A-2 069 898 (METAL RESEARCH) * Figure 1 *		
A	FR-A-2 278 433 (CATERPILLAR TRACTOR CO.) * Figure 1 *		
A	FR-A-2 352 615 (CATERPILLAR TRACTOR CO.)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
A	FR-A-2 352 614 (CATERPILLAR TRACTOR CO.)		B 22 D
A	FR-A-2 060 309 (SIDELUX) * Figure 4 *		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10-07-1984	Examineur STEIN K.K.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			