

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14 mai 1987.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 46 du 18 novembre 1988.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

71 Demandeur(s) : PERIE René. — FR.

72 Inventeur(s) : René Perie.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) :

54 Procédé et dispositif pour la réduction de la retassure lors de la solidification des métaux, alliages, réfractaires
électrofondus et autres céramiques obtenues par fusion.

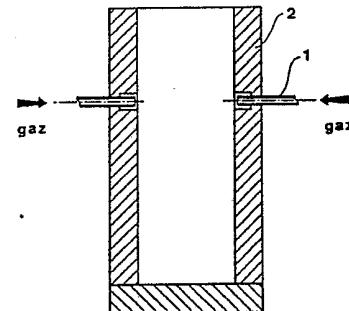
57 L'invention concerne un procédé et un dispositif permet-
tant de réduire la retassure lors de la solidification des métaux
et des réfractaires électrofondus.

Pour cela, on provoque, par une injection de gaz inerte faite
au moyen de tubes 1 traversant les parois ou le fond du moule
2, une vive agitation du liquide afin d'obtenir comme consé-
quence de son refroidissement l'apparition de nombreux cris-
taux. Simultanément, on ralentit la solidification à partir des
parois du moule en limitant, si possible en les calorifugeant, les
déperditions calorifiques par lesdites parois.

Le traitement est poursuivi jusqu'à ce que l'on ait un mé-
lange de liquide et de cristaux aussi riche que possible en
cristaux.

A l'arrêt du traitement, il n'y a que peu de retrait, d'où une
retassure faible ou nulle et située à l'extrême tête du bloc
solidifié.

Au cours du traitement, on peut ajouter des particules
solides afin d'accélérer la cristallisation.



- 1 -

La présente invention s'applique aux substances de toute nature qui se solidifient lorsqu'elles sont coulées dans des moules ou lingotières en présentant les mêmes caractéristiques que les alliages métalliques. Les métaux plus ou moins purs ou alliés, les céramiques et particulièrement les réfractaires électrofondus sont parmi ces substances celles qui ont les applications industrielles les plus importantes.

Lorsque de telles substances ont été coulées en moule, il se forme immédiatement en surface une croûte solidifiée formant couvercle. Simultanément, le liquide en contact avec les parois du moule se solidifie et sa solidification progresse perpendiculairement auxdites parois. On a finalement une véritable boîte emprisonnant le liquide.

Par ailleurs, le liquide interne se refroidissant, il apparaît au sein du liquide de nombreux cristaux, au bout d'un intervalle de temps variable avec la nature du liquide et sa température de coulée. Ces cristaux, généralement plus denses que le liquide, tombent au fond du moule, souvent en grande quantité. Ils provoquent la solidification du liquide qui les entoure et on a finalement une progression rapide de la solidification du bas vers le haut.

Malheureusement, l'augmentation de densité au moment de la solidification que nous avons notée a un inconvénient : le retrait qui en résulte entraîne la formation dans la masse solidifiée d'un creux appelé retassure.

La nocivité de la retassure dépend de son volume, de sa forme et de sa localisation. Dans la plupart des applications, on souhaite qu'elle soit concentrée dans la partie supérieure du moule. La forme et la localisation de la retassure dépendent essentiellement de l'importance relative des deux processus de solidification en présence, c'est-à-dire de la vitesse de la solidification à partir des parois du moule par rapport à la vitesse de formation et de croissance des cristaux dans le liquide. S'il y a relativement peu de cristaux, la retassure sera allongée et se prolongera vers le bas du moule ; dans le cas contraire, elle se limitera à la partie supérieure de celui-ci.

On conçoit donc qu'il soit possible d'éviter une retassure allongée en diminuant le refroidissement des parois du moule, donc la vitesse de solidification à partir des parois et en augmentant au contraire le refroidissement du liquide interne.

On diminuera le refroidissement des parois en jouant sur leur épaisseur, sur la nature des matériaux utilisés et en effectuant le calorifugeage le plus efficace qui peut être supporté sans provoquer un échauffement des parois incompatible avec leur tenue en service.

5 On augmentera le refroidissement du liquide en agitant celui-ci dès la coulée et en poursuivant cette agitation après la fin de la coulée afin d'éviter la formation d'une croûte en surface et afin de renouveler les couches liquides en contact avec l'atmosphère. La croûte qui se forme en l'absence d'agitation dès la fin de la coulée, se forme alors dès que l'on
10 arrête l'agitation.

L'agitation du liquide pourra être provoquée par tous les moyens habituellement utilisés à cet effet. Avec les métaux, on pourra utiliser des courants électro-magnétiques, mais il sera souvent plus simple d'effectuer une injection de gaz, soit au moyen d'une lance immergée, soit, de préférence
15 (figures 1 et 2) au moyen de tubes (1) traversant les parois ou le fond du moule (2). On pourra, dans ce dernier cas, utiliser un ou plusieurs tubes (1) disposés plus ou moins vers le haut ou vers le bas du moule.

La diminution de la retassure sera d'autant plus importante que l'agitation aura été plus longue. On prolongera donc le traitement le plus
20 longtemps possible, et on sera conduit à l'interrompre seulement lorsque l'augmentation de viscosité du mélange liquide-cristaux rendra le passage du gaz difficile.

Le résultat obtenu sera sensiblement différent si l'on brasse avec des tubes situés dans la partie supérieure ou près du fond du moule. Avec des
25 tubes près du fond, tout le mélange liquide-cristaux est agité et on a une homogénéisation parfaite de l'ensemble. Au contraire, si on choisit d'injecter le gaz dans la partie supérieure, il subsistera une zone non brassée vers le fond du moule. Cette zone s'enrichira rapidement en cristaux grâce aux cristaux provenant du mélange agité et qui se sont échappés de ce mélange à
30 cause de leur poids. Inversement, le mélange liquide-cristaux agité sera lui-même appauvri en cristaux. On pourra donc continuer le traitement plus longtemps et on aura une retassure moins volumineuse que si l'on avait agité toute la masse. Par contre, on risquera de provoquer une hétérogénéité plus marquée entre le bas et le haut du moule. Donc, si l'on recherche une
35 homogénéité parfaite, on placera les tubes de brassage près du fond ; si l'on

veut la retassure la plus petite possible, on placera les tubes vers le haut.

Par ailleurs, il est possible d'obtenir une diminution supplémentaire de la retassure en introduisant pendant l'opération des grains de composition voisine à celle du liquide. On pourra éventuellement commencer l'ajout de ces
5 grains pendant la coulée selon une pratique courante dans la fabrication de réfractaires électrofondus.

De même, l'application du procédé ne s'oppose pas à l'utilisation des moyens mis en oeuvre habituellement pour réduire ou supprimer la retassure : masselotte, réchauffage du liquide qui se trouve à la partie supérieure du
10 moule par des poudres exothermiques des brûleurs, des arcs électriques, etc.

On utilisera, pour provoquer l'agitation, un gaz ne réagissant pas chimiquement avec la substance à traiter. Selon les cas, on choisira l'azote, l'air, etc. L'argon sera souvent préféré, son prix n'étant pas un obstacle insurmontable, les quantités nécessaires étant faibles. Par contre, il a
15 l'avantage de rester neutre aux températures élevées.

La mise en oeuvre du procédé suppose la réalisation d'une bonne isolation des parois du moule et d'un dispositif d'injection de gaz efficace. Si la réalisation d'une bonne isolation ne pose aucun problème nouveau au technicien, il n'en est pas de même de l'injection de gaz. On doit en effet
20 éviter que le tube ne soit coupé ou bouché avant que le gaz n'atteigne le liquide. La figure 3 représente le dispositif utilisé.

Le gaz arrive par un tube de très faible diamètre (1). Il traverse la paroi ou le fond du moule (2) d'abord grâce à un orifice cylindrique (3) dont le diamètre n'est que de peu supérieur au diamètre extérieur du tube et dont
25 la longueur doit être suffisante pour assurer un bon guidage du tube (1). A la suite de l'orifice (3), on trouve une deuxième partie cylindrique (4) de plus fort diamètre de sorte qu'il existe entre la paroi ou le fond du moule (2) et le tube (1) un espace annulaire (5).

Lors du remplissage du moule, l'arrivée de gaz étant ouverte, lorsque le
30 liquide atteint le niveau du tube (1) il remplit l'espace annulaire (5) et se solidifie immédiatement formant autour du tube (1) une gaine de protection. Il faudra donc que cet espace annulaire (5) soit assez large pour permettre la venue du liquide avant qu'il soit solidifié, mais il doit être assez étroit pour que le liquide soit solidifié avant que le tube (1) ne soit fondu, ses
35 dimensions dépendent donc de la viscosité et de la température du liquide. Par

ailleurs, on aura parfois intérêt à adopter à la place de la partie cylindrique (4) une partie tronconique, le grand diamètre étant à l'intérieur du moule.

5 Le tube (1) sera en métal, en matériau réfractaire ou en métal recouvert d'un matériau réfractaire. Pour les métaux, il sera indiqué d'utiliser un métal de composition voisine de celle du métal traité. Pour les produits à point de fusion élevé, on pourra souvent adopter un simple tube en acier qui sera protégé, comme nous venons de le décrire, par la gaine qui se forme dans l'espace annulaire (5) au moment du remplissage du moule.

10 Le procédé et le dispositif permettant sa mise en oeuvre pourront s'appliquer aux métaux, alliages métalliques, céramiques réfractaires et autres obtenues par fusion et coulée. On pourra réaliser soit de véritables lingots le plus souvent parallélépipédiques, soit des pièces de formes plus complexes, mais comportant au moins une partie massive qui sera la seule
15 traitée car elle se solidifie la dernière.

Comme exemples d'applications, citons les lingots d'acier pour laminage ou forgeage coulés dans des lingotières en fonte et les réfractaires magnésiens électrofondus coulés dans des moules de graphite sous forme de lingots de près de deux mètres de hauteur et destinés à la fabrication de
20 briques par tronçonnage.

REVENDEICATIONS

- 1 - Procédé pour la réduction de la retassure lors de la solidification des métaux, des alliages, des céramiques fondus et coulés en moule selon lequel on diminue la vitesse de solidification à partir des parois du moule et l'on augmente la vitesse de formation et de croissance des cristaux dans la phase liquide caractérisé en ce que l'on provoque une vive agitation du liquide afin d'accélérer son refroidissement en interdisant simultanément tout départ de calories par les parois du moule au-delà de ce qu'exige une tenue en service normal du moule.
- 10 2 - Procédé selon revendication 1 caractérisé en ce que la vive agitation nécessaire est obtenue en injectant un gaz sous pression ne réagissant pas chimiquement avec le liquide.
- 15 3 - Procédé selon revendication 2 caractérisé en ce que l'injection du gaz est faite dans les deux tiers supérieurs du moule.
- 4 - Procédé selon revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que l'on ajoute, pendant l'opération, dans le liquide, des particules solides de même composition que le liquide traité ou différentes de celui-ci.
- 20 5 - Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon revendications ci-dessus caractérisé en ce que l'injection du gaz est faite au moyen d'un ou plusieurs tubes (1) traversant les parois ou le fond du moule (2).
- 25 6 - Dispositif selon revendications 5, caractérisé en ce que un espace annulaire (5) est ménagé autour du tube (1) dans sa traversée de la paroi ou du fond du moule (2).

1 / 2

Coupe suivant AA

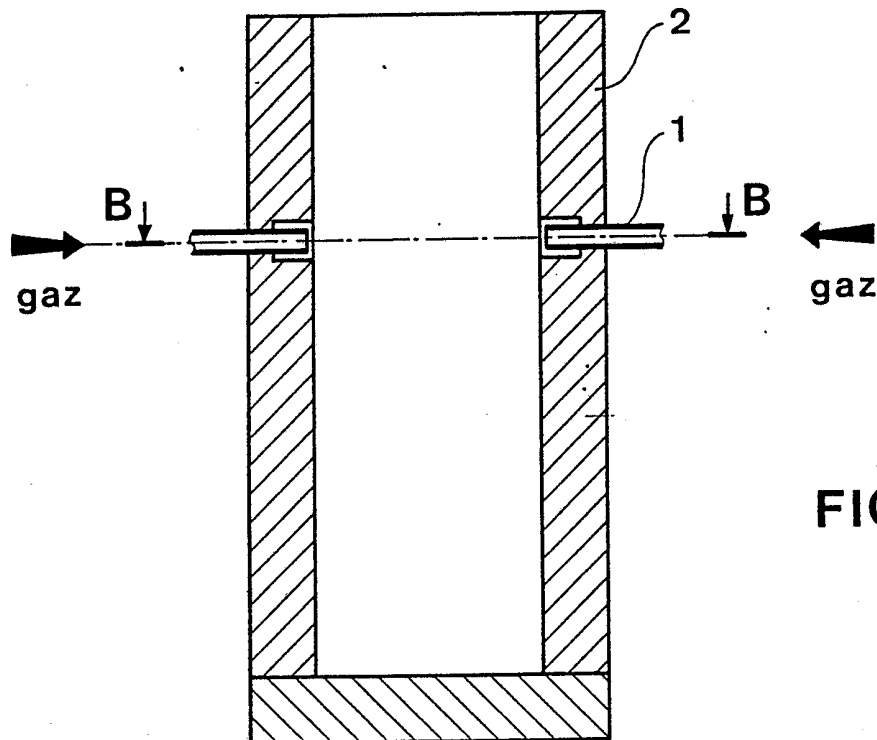


FIG. 1

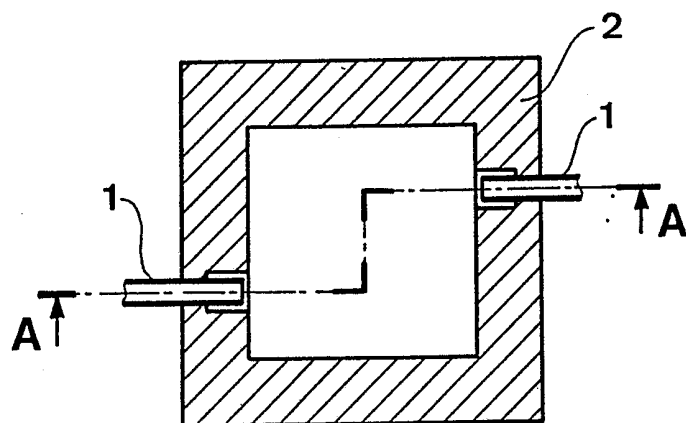


FIG. 2

Coupe suivant BB

2 / 2

FIG. 3

