

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22 Date de dépôt : 13 septembre 1982.

30 Priorité

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 11 du 16 mars 1984.

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

71 Demandeur(s) : PONT-A-MOUSSON SA. — FR.

72 Inventeur(s) : Joël Pamart.

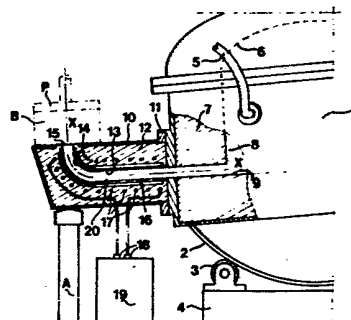
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : Roger Weil.

54 **Chenal de coulée chauffé par induction.**

57 Le chenal 13 du type comportant un inducteur 17 dont les spires sont noyées dans le garnissage réfractaire 12 est chauffé par induction même en l'absence d'alliage métallique liquide dans le chenal grâce à un manchon susceptible en graphite 20 encastré dans le garnissage 12 au voisinage de la paroi interne du chenal 13 et parcouru par un courant induit lorsque l'inducteur 17 est alimenté en courant électrique primaire.

Application à la coulée d'alliages métalliques à température de coulée élevée nécessitant le chauffage du chenal de coulée entre deux opérations successives de coulée.



La présente invention est relative au chenal ou à la goulotte de coulée d'un alliage métallique à température de coulée élevée, au moins égale à 1400°C, dans un moule. Un tel alliage métallique peut être un super-alliage ou un acier allié ou faiblement allié.

5 Les super-alliages se classent en trois catégories : les aciers et alliages austénitiques contenant plus de 20 % de fer, c'est-à-dire composés essentiellement d'une austénite de fer, nickel, chrome ou de fer, chrome, nickel, cobalt, et les alliages contenant moins de 20 % de fer, soit à base de nickel soit à base de cobalt. Les super-  
10 alliages contiennent encore des éléments susceptibles de former des carbures ou des phases inter-métalliques : le molybdène, le tungstène, le vanadium, le niobium, le titane, l'aluminium. Leur principal intérêt est leur résistance mécanique et chimique, pour des températures de plus en plus élevées c'est-à-dire supérieures à 900  
15 ou 1000°C. Leur résistance au fluage est appréciée.

Pour ces raisons, on les emploie pour le moulage de pièces mécaniques destinées à résister à de hautes températures, telles que des pièces pour fours métallurgiques, pièces pour les industries aéronautique, aérospatiale, automobile, en particulier les rotors ou  
20 ailettes de turbines à gaz et de turboréacteurs, les soupapes d'échappement, les éléments chauffants et les dents de manutention pour fours industriels, les produits tubulaires pour raffineries de l'industrie pétrolière, etc... Les aciers alliés ou faiblement alliés sont utilisés, entre autres, pour le moulage de pièces pour l'industrie méca-  
25 nique, l'industrie du bâtiment (aciers de construction).

Le chenal de coulée d'un tel alliage peut être celui d'un four de fusion ou bien peut être raccordé à une poche de coulée en fonderie.

Un alliage métallique à température de coulée élevée se solidifie rapidement en cas de baisse de température. Pour éviter cette  
30 solidification, on préfère conserver le plus longtemps possible cet alliage métallique à l'intérieur d'une enceinte bien chauffée telle que celle d'un four, en évitant de le laisser stagner dans une goulotte de coulée ou un chenal de coulée du four, entre deux coulées  
35 successives destinées à emplir un moule appliqué sur l'orifice de la goulotte de coulée.

Pour cette raison, on utilise comme appareil de fusion un four

rotatif ou basculant en vue d'incliner et de vider la goulotte entre deux coulées successives en faisant descendre et rentrer le métal liquide à l'intérieur de l'enceinte chauffée du four.

On utilise également, comme connu, un inducteur en forme de bobine ou de solénoïde noyé dans le garnissage réfractaire de la goulotte de coulée, sur toute sa longueur, afin d'induire un courant secondaire de chauffage dans l'alliage liquide lorsqu'il emplit la goulotte juste avant et pendant une coulée, et ainsi réduire les risques de solidification de l'alliage métallique liquide sur le parcours de la goulotte de coulée. Mais, une telle goulotte pourvue d'un inducteur noyé n'est plus chauffante en l'absence d'alliage ou de métal liquide, entre deux coulées successives, lorsque la goulotte est relevée pour faire descendre l'alliage métallique liquide vers le four. Il en résulte que, lors de la reprise de la coulée, le risque de début de solidification subsiste lorsque l'alliage métallique fait son entrée dans la goulotte de coulée insuffisamment réchauffée.

Le problème est donc posé d'éliminer le risque de refroidissement et de solidification d'un alliage métallique à température de coulée au moins égale à 1400°C dans un chenal de coulée, entre deux coulées successives d'un moule, en chauffant le chenal même lorsqu'il ne contient pas d'alliage ou de métal liquide.

On pourrait certes obtenir ce résultat, au moins théoriquement, en introduisant dans la paroi du chenal des résistances électriques chauffantes, comme connu. Mais dans la pratique le chauffage d'un chenal de coulée par effet Joule est difficile à réaliser sinon irréalisable car, en raison de sa dilatation, il est difficile de noyer une résistance chauffante dans un garnissage réfractaire et, de plus, il est difficile d'amener par des plots fixés au chenal un courant de forte intensité à une telle résistance noyée, en raison de la puissance élevée qui est nécessaire. Pour cette raison, on préfère le chauffage par induction au chauffage par résistances électriques, l'inducteur convenablement refroidi ne posant pas de problèmes de dilatation lorsqu'il est noyé dans le garnissage réfractaire, et l'amenée de courant à l'inducteur, donc au chenal, malgré la forte puissance requise, ne posant pas non plus de problèmes en raison de l'interposition entre le chenal et la source de courant électrique d'un générateur apériodique recevant ce courant électrique à forte

puissance.

L'invention a donc pour objet un chenal de coulée perfectionné en vue de résoudre ce problème. Ce chenal, du type à section transversale fermée comportant sur toute sa longueur un inducteur en forme  
5 de bobine ou de solénoïde dont les spires refroidies sont noyées dans le garnissage réfractaire du chenal et parcourues par un courant électrique primaire fourni par un générateur aperiodique, étant caractérisé en ce que, autour du lit de coulée du chenal et coaxialement audit chenal, est disposé un manchon susceptible en graphite parcouru par  
10 un courant induit ou secondaire de chauffage lorsque l'inducteur est alimenté en courant primaire.

Grâce à cet agencement, le chenal de coulée est chauffé par induction lorsque l'inducteur est parcouru par un courant électrique primaire, même lorsque l'alliage métallique liquide n'est pas intro-  
15 duit dans le chenal, de sorte que le chenal peut être chauffé d'avance, avant même la première coulée, et bien entendu entre deux coulées successives à une température assurant la fluidité de l'alliage métallique à haute température de coulée lorsque celui-ci est introduit dans le chenal.

20 D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Au dessin annexé, donné seulement à titre d'exemple,

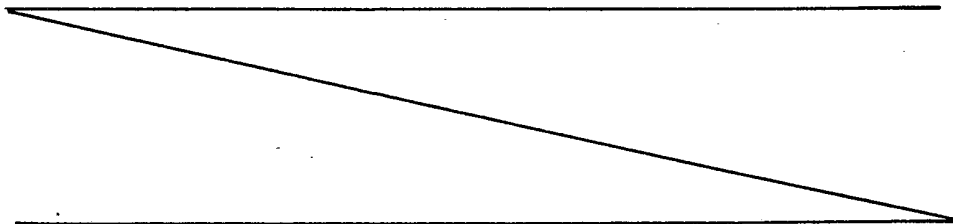
- la Fig. 1 est une vue schématique en élévation avec coupe partielle d'un four électrique basculant équipé d'un chenal de coulée suivant  
25 l'invention, le chenal étant en position de coulée ;
- la Fig. 2 est une vue de détail en élévation, à plus grande échelle que la Fig. 1, d'un tube de graphite suivant l'invention, avant sa mise en forme définitive ;
- la Fig. 3 est une vue schématique illustrant le système de chauffage par induction avec inducteur et tube susceptible de l'inven-  
30 tion, mis en forme ;
- la Fig. 4 est une vue partielle en coupe correspondant à la Fig. 1 du chenal de coulée relevé en position d'attente entre deux coulées successives.

35 Suivant l'exemple d'exécution de la Fig. 1, l'invention est appliquée à un four électrique 1 de fusion, de type connu, rotatif ou basculant au moyen d'un berceau 2 en arc de cercle porté par des

galets 3 (un seul est représenté), eux-mêmes montés sur un bâti à semelle 4. Le four 1 est de type réverbère à voûte 6 qui réverbère la chaleur. En arrachement est représentée une partie du garnissage réfractaire 7 du four 1 et de la capacité de l'enceinte 8. En arrachement, est représentée une partie du garnissage réfractaire 7 du four 1 et de la capacité 8 qui débouche vers l'orifice de coulée de métal liquide par un conduit 9. Le conduit 9 est lui-même raccordé à une goulotte de coulée extérieure 10 à caisson métallique, fixé à l'une de ses extrémités par une bride 11 de manière amovible au four 1 proprement dit et soutenu à l'autre extrémité par une béquille verticale A éventuellement réglable en hauteur par des moyens non représentés, par exemple du type à vis-écrou et volant de manoeuvre. La goulotte 10 comporte, comme connu, un garnissage réfractaire 12, par exemple en pisé silico-alumineux, ménageant un conduit ou chenal 15 de coulée cylindrique 13, de section transversale fermée raccordée au conduit 9.

Le chenal 13, d'axe XX, réalisé comme décrit plus loin, comporte une partie droite dont la direction générale est inclinable de part et d'autre de l'horizontale au cours du basculement du four 1 et une partie coudée 14 remontant vers le haut et débouchant sur la face supérieure de la goulotte 10 par un orifice de coulée 15. Au-dessus de l'orifice de la coulée 15, lorsque le four 1 est incliné en position de coulée, est placé un moule B représenté par son contour extérieur en trait mixte. Le moule B est appliqué sur l'orifice de coulée 15 par une pression de plateau P actionné par exemple par un vérin non représenté.

Par un conduit 5 la capacité 8 du four est placée sous pression d'un gaz inerte tel que l'argon ou l'azote de manière à assurer le déplacement de l'alliage métallique liquide jusqu'à l'orifice de coulée par réglage de la pression sans risque d'oxyder l'alliage métallique liquide en contact avec ce gaz.



La goulotte 10 (ou le chenal 13) est de type chauffant.

A cet effet, et comme connu, un inducteur 17, sous forme d'une bobine ou d'un solénoïde (Fig. 1 et 3) métallique, en cuivre, est noyé dans le garnissage réfractaire 12, coaxialement à l'axe XX en suivant le contour coudé du chenal 13 sur la presque totalité de la longueur du chenal 13, mais en ménageant un large espace annulaire autour du chenal 13, les spires de l'inducteur 17 ayant un diamètre notablement supérieur au diamètre extérieur du chenal 13. Comme connu, les spires de l'inducteur 17 sont intérieurement refroidies par un courant d'eau non représenté, ce qui supprime tout problème de dilatation donc d'encastrement de l'inducteur à l'intérieur du garnissage réfractaire 12. Les extrémités des spires de l'inducteur 17 sont raccordées aux deux bornes 18 d'un générateur aperiodique 19 de courant électrique. De manière conventionnelle, un chauffage par induction de l'alliage métallique liquide est obtenu lorsque cet alliage emplit complètement le chenal 13 et que la bobine 17 est alimentée en courant électrique : le primaire est la bobine 17 et le secondaire est l'alliage métallique liquide.

Conformément à l'invention, en vue du chauffage du chenal 13, même en l'absence de métal liquide dans le chenal 13, est prévu autour du lit de coulée du chenal 13, c'est-à-dire autour du manchon de revêtement 16, un manchon 20 en graphite, coaxial au chenal 13 donc d'axe XX, ce manchon 20, dit susceptible constituant en fait le secondaire dans le système d'induction dont la bobine 17 est le primaire. Le manchon susceptible 20 est encastré ou inséré, en étant posé avec de larges tolérances dimensionnelles, sur le garnissage réfractaire 12, au voisinage de la paroi interne formant le lit d'écoulement de l'alliage métallique liquide, mais ne constituant pas le lit d'écoulement. La finition du chenal 13 est réalisée sous la forme décrite plus loin.

De préférence, le manchon susceptible en graphite ou tube 20 est mis en forme coudée de la manière suivante, à partir d'une préforme droite 21 (Fig. 2) :

Il comporte un élément tubulaire droit 21 qui, sur une partie de sa longueur, à partir d'une extrémité, est tronçonné suivant des plans obliques 22 par rapport à l'axe XX, alternativement inclinés dans un sens et dans le sens opposé, les deux inclinaisons étant symétriques,

en segments tubulaires 23 qui, dans cet exemple, sont au nombre de six. Les génératrices diamétralement opposées des segments 23 ainsi obliquement délimités sont alternativement courtes et longues. En faisant tourner de  $180^\circ$  successivement chaque segment 23 par rapport au 5 précédent, par glissement sur les plans obliques 22 de séparation, et en faisant tourner notamment en premier le segment 23 adjacent de l'élément droit 21 par rapport à l'élément tubulaire droit 21, et en continuant cette rotation de proche en proche, on obtient le coude tubulaire de la Fig. 3 dont les segments tubulaires 23 ont des généra-  
10 trices plus courtes du côté concave que les génératrices diamétralement opposées du côté convexe.

Enfin, pour réaliser la finition du chenal 13 en partie droit, en partie coudé, et pour préserver le manchon susceptible 20 en graphite d'un contact direct avec l'alliage métallique liquide, notamment 15 dans les joints entre segments 23, un manchon 16 coudé continu et lisse, en matériau réfractaire, est appliqué comme revêtement intérieur du manchon susceptible 20 dont il recouvre les interstices entre segments 23 à l'opposé du contact du manchon 20 avec le garnissage réfractaire 12. Le manchon 16 constitue donc la finition précise du 20 chenal 13 même si le garnissage 12 proprement dit présente une cavité intérieure réalisée avec de larges tolérances dimensionnelles. En d'autres termes, le manchon 16 constitue le lit d'écoulement de l'alliage métallique liquide avec lequel il est destiné à être en contact direct.

#### 25 Fonctionnement :

Pendant la fusion de sa charge métallique, le four 1 est de préférence basculé ou incliné de manière que la goulotte de coulée 10 ait sa partie droite en position relevée ou inclinée vers le haut afin d'éviter que du métal liquide ne pénètre dans le chenal 13. Le four 30 est donc incliné au maximum (Fig. 4) et la goulotte 10 ne repose plus sur la béquille A.

C'est cette période de fusion pendant laquelle le chenal 13 est vide qui est utilisée au préchauffage, par induction, du manchon de revêtement 16 donc de la paroi du chenal 13 grâce au manchon ou tube 35 susceptible en graphite 20.

Le courant électrique fourni par le générateur 19 traverse la bobine primaire 17 qui induit le courant secondaire de chauffage dans

Le tube susceptible en graphite 20. Celui-ci à son tour chauffe par contact le manchon de revêtement 16.

Quand la fusion de la charge métallique du four 1 est terminée, le four 1 est basculé dans la position de la Fig. 1, en vue de la coulée jusqu'à ce que la goulotte 10 prenne appui sur la bécquille A. Le métal liquide s'engouffre dans le chenal de coulée 13 préchauffé, sans monter jusqu'à l'orifice 15 sur lequel est appliqué le moule B étant donné que la pression de gaz neutre au-dessus de la charge de métal liquide dans le four 1 est maintenue à une valeur basse réglée précisément pour que le niveau du métal liquide soit inférieur à celui de l'orifice 15. L'inducteur 17, toujours alimenté en courant électrique par le générateur 19, travaille alors avec le métal liquide qui, parcouru par un courant secondaire induit, est chauffé et maintenu à la température désirée sensiblement supérieure à 1400°C, jusqu'à ce que l'on élève la pression de gaz neutre dans le four 1 en vue de faire monter le métal liquide au-dessus de l'orifice 15, pour l'introduire dans le moule B et remplir ce dernier.

Ainsi, le métal ou alliage liquide contenu dans le chenal de coulée 13 ou parcourant celui-ci reste chauffé en toutes circonstances à une température presque aussi élevée que celle qui règne à l'intérieur du four 1.

Bien entendu, l'invention est applicable également au chauffage par induction, en l'absence de métal liquide, d'un canal de four à canal ou d'un chenal isolé alimenté par une simple poche de coulée non chauffante ni chauffée.

REVENDECATIONS

1.- Chenal de coulée du type à section transversale fermée comportant sur toute sa longueur un inducteur (17) en forme de bobine et de solénoïde dont les spires refroidies sont noyées dans le garnissage  
5 réfractaire (12) du chenal (13), et parcourues par un courant électrique primaire fourni par un générateur apériodique (19), caractérisé en ce que, autour du lit de coulée du chenal (13) coaxialement audit chenal de section transversale fermée, est disposé un manchon susceptible en graphite (20) parcouru par un courant induit ou secondaire de  
10 chauffage lorsque l'inducteur (17) est alimenté en courant primaire.

2.- Chenal suivant la revendication 1, du type à section transversale fermée comportant une partie droite et une partie coudée (14) remontant vers le haut et débouchant sur la face supérieure par un orifice de coulée (15), caractérisé en ce que le manchon susceptible  
15 en graphite (20) comporte une partie droite (21) et une partie coudée (23).

3.- Chenal suivant la revendication 1 caractérisé en ce que le manchon susceptible de graphite (20) comporte une partie coudée (23) constituée par des segments tubulaires (23) dont les génératrices sont  
20 plus courtes du côté concave que les génératrices diamétralement opposées, du côté convexe.

4.- Chenal suivant la revendication 3 caractérisé en ce que le manchon susceptible de graphite (20) est réalisé à partir d'une préforme tubulaire droite (21) tronçonnée à partir d'une extrémité et sur  
25 une partie de sa longueur suivant des plans obliques (22) de séparation alternativement inclinés dans un sens et dans le sens opposé, les deux inclinaisons étant symétriques, de manière à créer des segments tubulaires (23) dont les génératrices diamétralement opposées sont alternativement courtes et longues.

30 5.- Chenal suivant les revendications 3 et 4 caractérisé en ce que le manchon susceptible de graphite (20) comporte une partie coudée (23) constituée à partir de segments tubulaires (23) séparés par des plans de joints obliques (22) à inclinaisons symétriquement alternées, lesdits segments (23) subissant successivement une rotation  
35 de 180° de l'un par rapport au précédent par glissement sur les plans obliques (22) de séparation en commençant par le segment tubulaire (23) adjacent de l'élément tubulaire droit (21) et en continuant

cette rotation de proche en proche.

6.- Chenal suivant la revendication 1 caractérisé en ce que le manchon susceptible de graphite (20) est encastré dans le garnissage réfractaire (12) au voisinage de la paroi interne dudit garnis-  
5 sage (12), avec de larges tolérances dimensionnelles, ledit manchon (20) ne constituant pas le lit d'écoulement de l'alliage métallique liquide.

7.- Chenal suivant la revendication 1 caractérisé en ce que le manchon susceptible de graphite (20) est revêtu, à l'opposé de son  
10 contact avec la garniture réfractaire (12), d'un manchon (16) coudé continu et lisse en matériau réfractaire constituant la finition précise du chenal (13), c'est-à-dire le lit d'écoulement de l'alliage métallique liquide avec lequel il est destiné à être en contact direct.

Pl. 1/2

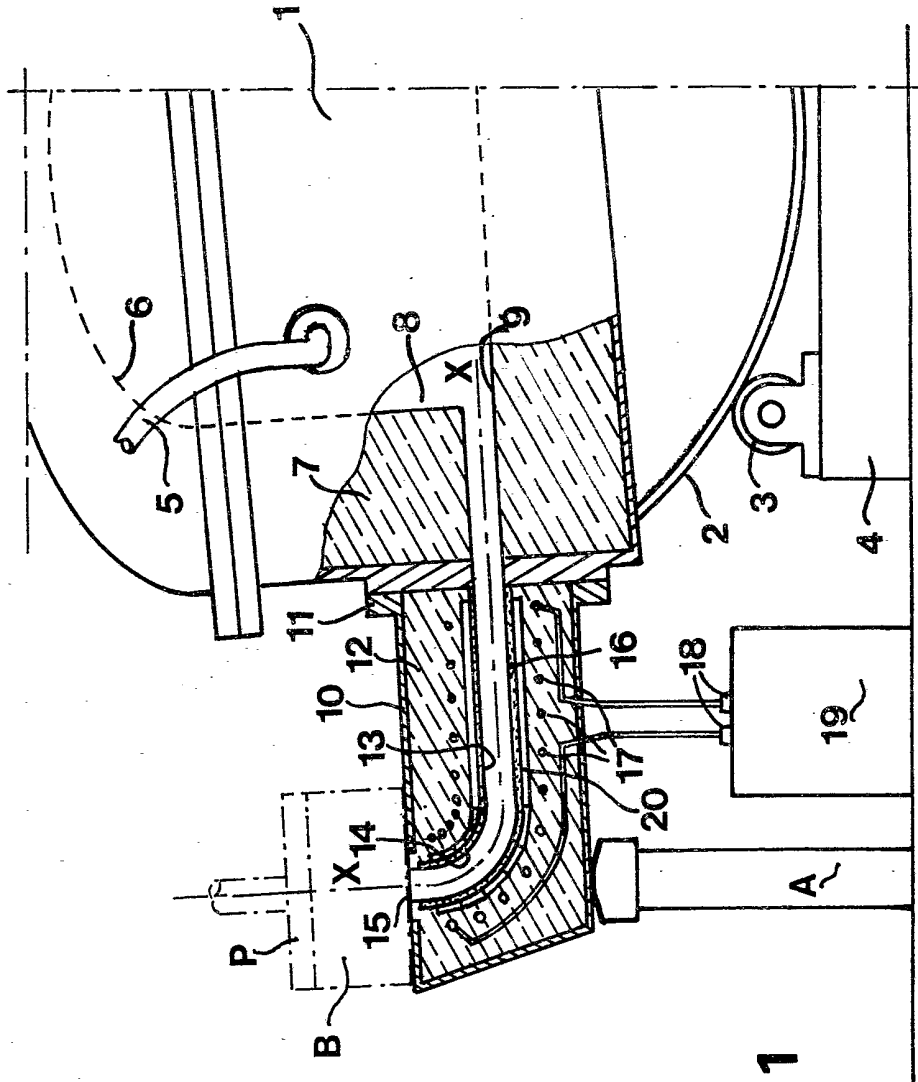


Fig. 1

## PI. 2/2

