



Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

12 FASCICULE DU BREVET A5

11

643 475

21 Numéro de la demande: 1896/81

73 Titulaire(s):
American Cast Iron Pipe Company,
Birmingham/AL (US)

22 Date de dépôt: 20.03.1981

72 Inventeur(s):
Edward D. McCauley, Columbiana/AL (US)
James C. Farlow, Birmingham/AL (US)
William T. Adams, jun., Birmingham/AL (US)

30 Priorité(s): 01.05.1980 US 145482

24 Brevet délivré le: 15.06.1984

45 Fascicule du brevet
publié le: 15.06.1984

74 Mandataire:
Micheli & Cie, ingénieurs-conseils, Genève

54 Procédé d'application de fondant sur la surface interne d'un moule tubulaire pour la coulée d'un métal.

57 Il consiste à verser le métal fondu dans un moule de coulée tubulaire centrifuge pour humidifier la surface du moule, le moule de coulée tournant de telle sorte que le métal fondu soit réparti immédiatement sous forme d'un anneau dès le contact du métal fondu sur le moule de moulage, cet anneau de métal fondu se déplaçant longitudinalement le long du moule. Puis la substance fondante est injectée au contact du courant de coulée du métal fondu, et le courant de coulée du métal est maintenu fondu au moins jusqu'à la fin de l'injection de la substance fondante.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'application de fondant sur la surface interne d'un moule tubulaire pour la coulée d'un métal, caractérisé en ce qu'il consiste à:

a) verser le métal fondu dans un moule de coulée tubulaire centrifuge pour humidifier la surface du moule, le moule de coulée tournant de telle sorte que le métal fondu soit réparti immédiatement sous la forme d'un anneau dès le contact du métal fondu sur le moule de moulage, cet anneau de métal fondu se déplaçant longitudinalement le long du moule;

b) injecter la substance fondante au contact du courant de coulée du métal fondu, ce contact ayant lieu suffisamment après de début de la coulée de sorte que le métal fondu en association avec le fondant injecté touche seulement les surfaces de coulée qui ont déjà été humidifiées, et

c) maintenir le courant de coulée du métal fondu au moins jusqu'à la fin de l'injection de la substance fondante.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'injection de substance fondante dans le courant de coulée du métal fondu se poursuit pendant tout le temps de la coulée du métal fondu en utilisant ainsi moins que tout le temps de soufflage disponible pour l'injection de la substance fondante.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'injection de fondant dans le courant de coulée du métal fondu est maintenue en utilisant moins que tout le temps nécessaire à l'injection du fondant.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance fondante est injectée dans le courant de coulée suivant un débit continu et constant.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance fondante est injectée en continu dans le courant de coulée du métal fondu en utilisant un courant de gaz constant, ce qui provoque le mélange de la substance fondante avec le courant de coulée.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la substance fondante est constituée de deux tiers d'une substance siliceuse neutre et d'un tiers d'une substance telle que de la cryolite, ce qui sert à abaisser le point de fusion de la substance fondante.

7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse d'injection de la substance fondante dans le courant de coulée est commandée au moyen d'une vis sans fin (47) à vitesse variable.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'injection ne débute qu'après le mouillage par le métal fondu d'une extrémité du moule opposée à une extrémité où les deux courants de coulée ou de substance fondante pénètrent dans le moule.

9. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le gaz est de l'azote.

La présente invention se rapporte à un procédé d'introduction de substance fondante dans un moule dans la fabrication de tubes en acier coulé par centrifugation et servant dans les cylindres hydrauliques et produits semblables.

La production des tubes métalliques obtenus en utilisant des moules de coulée centrifuge est bien connue dans la technique. Ces tubes peuvent être des tuyaux ou des tubes en acier utilisés dans des buts hydrauliques ou des tubes en fonte, bien que le procédé de coulée comporte différentes étapes, suivant que le produit final désiré est constitué par des tubes en acier ou des tuyaux en fonte.

Dans les procédés de fabrication de tuyaux connus, on utilise généralement une cuillère de coulée pour verser avec précision une quantité déterminée à l'avance de métal fondu pendant une durée déterminée au préalable. On place une cuve d'alimentation inclinée pour transporter le métal fondu vers le moule contenant le métal et mis en rotation par une machine centrifuge. Le moule rotatif situé à

l'intérieur de la machine de coulée est généralement entouré d'une chemise de refroidissement.

De façon typique, le procédé de coulée d'un tube métallique comprend les étapes suivantes: en premier lieu, la cuillère et l'orifice qui peuvent être montés sur une boîte de coulée sont déplacés en un endroit où l'orifice de coulée permet le passage du métal fondu dans le moule; en second lieu, la cuillère de la machine est actionnée en ce sens qu'elle est élevée de façon à décharger le métal fondu dans la boîte de coulée. La dimension de cet orifice conditionne le débit. Le métal fondu est déchargé longitudinalement par rapport au moule rotatif du métal, de façon à former une couche uniforme du métal fondu par dépôt sur la surface interne de ce moule. Lorsque la coulée s'est solidifiée, on extrait le tube du moule, et le cycle de coulée tel que décrit ci-dessus peut se répéter.

15 L'addition d'une substance fondante dans les techniques de coulée centrifuge est également bien connue dans la technique. La substance fondante est utilisée pour former une scorie étanche sur la surface interne qui contient des impuretés qui autrement seraient piégées dans le métal fondu.

20 L'utilisation du fondant sert également à diminuer ou à éliminer les défauts de laminage. Un défaut de laminage résulte de la plongée du film métallique oxydé solide depuis la surface interne dans la paroi du tube solidifié. Lorsque la solidification se produit sur la surface interne non étanche du tube, le film de métal solide a une 25 teneur élevée en oxygène, car il est exposé à l'atmosphère. Lorsque ce film métallique solide plonge dans le métal fondu du fait de sa forte densité, les désoxydants du métal attaquent l'oxygène sur la surface du film métallique solidifié. Le résultat de cette réaction est la formation d'un plan d'inclusions et d'une porosité que l'on 30 appelle l'effet de lamination. Le film métallique solidifié piège également des inclusions qui ont tendance à flotter à la surface interne. Cela explique pourquoi le film solidifié de métal comporte quelquefois deux rangées d'inclusions, une sur chaque face.

En formant une scorie fluide qui flotte à la surface du métal 35 fondu, le fondant diminue l'oxydation du métal fondu et isole la surface métallique fondue en diminuant les pertes de chaleur vers l'air. Cela tend à éviter la formation d'un film métallique solide produit par une perte de chaleur excessive à la surface du métal fondu. En outre, la scorie fluide qui se forme par le fondant contient 40 les impuretés qui autrement pourraient être piégées dans le métal fondu.

Jusqu'à présent, on a utilisé plusieurs techniques pour alimenter le fondant dans les moules centrifuges, mais elles présentent généralement un ou plusieurs inconvénients qui affectent le laminage.

45 En conséquence, l'invention a pour but de fournir un procédé nouveau et amélioré d'alimentation de substance fondante dans un procédé de coulée qui est très efficace pour diminuer les défauts de laminage et tous les contacts néfastes entre la substance fondante et la surface du moule. Ce but est atteint par le procédé selon l'invention tel que défini dans la revendication 1.

L'injection de substance fondante dans le courant de coulée du métal fondu se poursuit dans un courant continu constant pendant tout le temps où le courant de coulée du métal fondu est maintenu, ce qui permet d'utiliser tout le temps de soufflage disponible à l'injection de la substance fondante. Toutefois, dans certains cas, l'injection de la substance fondante dans le courant de coulée du métal fondu s'effectue de façon discontinue, de telle sorte que l'on utilise moins que tout le temps de soufflage disponible à l'injection de la substance fondante.

60 Selon des variantes du procédé de l'invention, celui-ci peut encore présenter les caractéristiques suivantes.

La substance fondante est appliquée sur le métal fondu dans un moule de coulée centrifuge tubulaire ayant des surfaces de coulée. Le métal fondu est versé dans un moule de coulée centrifuge tubulaire 65 en formant un courant de coulée de métal fondu. On fait tourner le moule de coulée à une vitesse telle que le métal fondu est réparti immédiatement sous la forme d'un anneau après le contact du métal fondu sur le moule de coulée; cet anneau de métal fondu se déplace

longitudinalement par rapport au moule. La substance fondante est injectée au contact du courant de coulée du métal fondu, de telle sorte que ce contact a lieu après le début de la coulée, et le métal fondu, en association avec le fondant injecté, touche seulement les surfaces de coulée qui ont déjà été humidifiées. Le courant de coulée du métal fondu est maintenu au moins jusqu'à la fin de l'injection de la substance fondante. La substance fondante est constituée de deux tiers de substance siliceuse neutre et d'un tiers d'une substance servant à abaisser le point de fusion de la substance fondante, telle la cryolite.

La vitesse d'injection de la substance fondante dans le courant de coulée peut être commandée par une vis sans fin à vitesse variable.

Les avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui suit, donnée en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

la fig. 1 est une vue schématique d'un appareil qui peut servir à la mise en œuvre du présent procédé;

la fig. 2 est une vue partielle de l'orifice de coulée associé à une lance tenue à la main, et

la fig. 3 est une vue d'extrémité en coupe de l'orifice de coulée du tube d'alimentation en fondant prise le long de la ligne 3-3 de la fig. 1.

Le procédé conforme à l'invention prévu pour appliquer une substance fondante produisant un revêtement protecteur sur le métal fondu a été mis au point pour surveiller l'oxydation et le refroidissement de la surface interne pendant la coulée et la solidification des tubes en métal ou en acier coulés par centrifugation. Ce procédé permet d'améliorer la qualité des tubes coulés par centrifugation en éliminant les zones d'oxyde et de porosité associées aux défauts de laminage.

Un fondant constitué d'un mélange ou d'une combinaison d'oxyde réfractaire et métallique en porproportions telles que le mélange fond facilement après la température de solidification de l'acier est envoyé dans le courant de métal fondu. Le fondant préféré est constitué de deux tiers d'une substance siliceuse neutre telle que le fondant de fusion Lincoln 780 et d'un tiers d'une substance abaisant le point de fusion telle que la cryolite. Toutefois, d'autres substances faiblement chargées en eau et formant une scorie fondue à la surface du métal fondu peuvent convenir.

Le procédé conforme à l'invention est mis en œuvre avec une coulée centrifuge dans un moule tel que celui représenté d'une manière générale par la référence 50 sur la fig. 1. Un courant de coulée 51 de métal fondu 40 sort de l'orifice de coulée 20 pour venir au contact des surfaces internes du moule 50. Le courant de coulée 51 est mis en contact d'un courant de fondant 53 alimenté de façon continue et constante par un tube 30 et par un vase sous pression. Le moule 50 est représenté décalé par rapport à l'axe de l'orifice 20 simplement pour faciliter la vue du courant de coulée. En réalité, le moule 50 et l'orifice 20 sont dans le prolongement l'un de l'autre. Le métal ou l'acier fondu est envoyé dans l'orifice par le réservoir de coulée 52 qui peut être monté sur un chariot, comme cela est représenté.

Le tuyau de fondant 30 est relié à un tuyau flexible 38 par un raccord 37. Le raccord 35 relie le tuyau flexible à un conduit 45 de trémie qui comprend une soupape 39 et une arrivée 46 de liaison à une source de gaz sous pression. Le fondant 53 peut être déposé dans la trémie 41 avant d'être envoyé par la soupape de commande 42 et par le sommet 43 dans la chambre formée par les parois 44. Le fondant sort de la chambre dans un courant gazeux du conduit 45 par la vis sans fin 47. La vis sans fin 47 est actionnée par un moteur 49 à vitesse variable (dont les commandes de vitesse ne sont pas représentées) au moyen d'un arbre représenté de manière générale par la référence 48.

La fig. 2 représente un dispositif permettant l'application de fondant utilisant une lance 58 portative et tenue à la main comportant une semelle de pulvérisation 56. Au lieu du tube 30 de fondant monté de la fig. 1, la semelle de pulvérisation 56 injecte du fondant 53 tout en étant maintenue adjacente à un orifice 20. Comme repré-

senté, la semelle de pulvérisation 56 peut être incurvée pour permettre au manipulateur de se pencher sur le bord externe de l'orifice de coulée 20.

La fig. 3 représente en coupe l'orifice de coulée 20 et le tube de fondant 30 monté dont la vue est prise le long de la ligne 3-3 de la fig. 1. Pendant la coulée du métal fondu, on maintient de façon pratiquement constante une tête dans le réservoir de coulée 52 (fig. 1) en fournissant ainsi un courant constant de métal fondu remplissant complètement l'orifice de coulée 20.

10 Lorsque le métal fondu est versé au départ dans le moule 50, le métal est réparti uniformément et radialement par la force centrifuge due à la rotation à grande vitesse du moule. Le moule tourne à une vitesse correspondant à environ 70 fois la force de gravité, de telle sorte que le métal fondu forme un revêtement en couche radiale 15 mince sur la partie intérieure du moule. Cette couche radiale de forme annulaire descend longitudinalement par rapport au moule au fur et à mesure de la poursuite de la coulée. Après l'arrivée du bord de conduite de l'anneau métallique fondu à l'extrémité du moule opposée à l'extrémité de coulée, les surfaces de coulée du moule sont complètement humidifiées. Le flux est alors introduit sans crainte qu'il ne vienne au contact des surfaces de coulée du moule.

De cette façon, le fondant 53 est injecté dans le courant métallique fondu seulement lorsque la surface du moule est complètement humidifiée par le métal fondu. Le fondant est injecté dans le courant de métal fondu par la pression due au courant de gaz non réactifs tels que de l'azote. La vitesse d'addition du fondant est réglée par un mécanisme connu tel qu'une vis sans fin 47 à vitesse variable contrôlée du type de celle que l'on peut voir sur la fig. 1, pour alimenter le courant de gaz non réactifs d'une quantité de substance à une vitesse proportionnelle au débit du métal fondu en cours de coulée. Le débit du gaz non réactif est le minimum nécessaire pour envoyer la substance fondante dans le courant de métal. Le volume du fondant ajouté est commandé par le débit d'addition et par la durée de l'addition. Le volume de fondant ajouté est suffisant pour fournir une épaisseur fondu de 0,32 à 0,64 cm à l'intérieur du tube solidifié.

Le fondant est chauffé au contact du courant métallique fondu dans le courant turbulent à l'intérieur du moule pendant la coulée du moule. Le fondant est réparti par le courant turbulent du métal fondu pendant la coulée du moule. Comme le fondant attire la chaleur du courant métallique fondu, au lieu de la surface du métal fondu dans le moule, on évite le problème de laminage. En terminant l'introduction du fondant à la fin ou avant la fin du courant de coulée, tout le fondant est injecté dans le courant de métal fondu au lieu d'être placé sur la surface du métal fondu.

45 Au lieu d'utiliser une chemise de refroidissement pour refroidir le moule, on peut pulvériser de l'eau à l'extérieur du moule 50 par des pulvérisateurs non représentés. Cette eau accélère la solidification du métal fondu dans le moule.

Deux procédés se sont montrés intéressants pour appliquer la substance fondante. Dans le procédé 1, la substance est ajoutée pendant une durée aussi longue que possible, c'est-à-dire que l'on ajoute le flux depuis le moment où le métal vient juste d'humidifier le moule en entier et le moment où le courant de métal fondu ne s'écoule plus dans le moule. On ajoute la quantité convenable de substance fondante pendant ce temps en choisissant une vitesse appropriée pour la vis sans fin. Dans le procédé 2, la quantité de substance fondante introduite est commandée par la durée de l'application et non pas par le réglage de la vitesse de la vis sans fin. L'application du procédé 2 commence dès que le moule est complètement humidifié. L'application du procédé 2 se poursuit jusqu'à ce qu'une quantité appropriée de substance fondante a été introduite, mais se termine toujours avant que le courant de métal fondu ne s'écoule plus dans le moule.

Procédé 1:

Couche de revêtement fondu de fondant d'une épaisseur de 0,32 cm.

1. Mélanger deux sacs de 45,4 kg de fondant de fusion avec un sac de 45,4 kg de cryolite.

2. Remplir la machine de soufflage de fondant.
3. Calculer le poids de coulée du tube devant être recouvert de fondant.
4. Choisir la taille de l'orifice de coulée.
5. Calculer la durée de revêtement du moule (durée du début de la coulée jusqu'à l'humidification complète du moule).
6. Soustraire la durée d'application du moule du temps de coulée pour obtenir la durée disponible de fourniture de fondant, durée à laquelle on se réfère comme étant une durée de soufflage disponible.
7. Calculer le poids de fondant nécessaire pour l'obtention d'une couche de revêtement fondu d'une épaisseur de 0,32 cm.
8. Diviser le poids nécessaire par le temps de soufflage disponible pour obtenir la vitesse d'alimentation nécessaire.
9. Vérifier les notices de calibration pour trouver la vitesse de la vis sans fin permettant d'obtenir la vitesse d'alimentation requise.
10. Noter la vitesse de la vis sans fin sur la boîte de commande.
11. Régler la pression d'azote au minimum nécessaire pour le transport de la substance dans le tuyau sans contre-refoulement.
12. Verser l'acier fondu dans le moule lorsque la température de l'acier est d'environ 93°C avant le début de solidification.
13. Lorsque le métal a humidifié complètement le moule, à son extrémité la plus éloignée, commencer à injecter le fondant dans le courant métallique fondu dès qu'il sort de l'orifice de coulée.
14. Injecter le fondant à un débit déterminé au préalable pendant la durée de la coulée.
15. Arrêter l'injection du fondant dès l'arrêt de l'écoulement du métal fondu.

Exemple 1:

Diamètre externe du tuyau 58,55 cm
 Diamètre intérieur 46,28 cm
 Longueur 6,1 m
 Diamètre de l'orifice 6,35 cm
 Durée de recouvrement du moule 20 s
 Durée de coulée 100 s
 Temps de soufflage disponible 80 s
 Poids de fondant nécessaire pour une couche de revêtement d'une épaisseur de 0,32 cm:
 $58,37 \text{ cm}^3/\text{cm de longueur} \times 609,6 \text{ cm} = 35\ 582,35 \text{ cm}^3$
 $35\ 582,35 \text{ cm}^3 \times 0,00280326 \text{ kg/cm}^3 = 99,75 \text{ kg de fondant nécessaire.}$

La vérification de la notice de calibration de la vis sans fin montre que, pour fournir un fondant de 99,75 kg en 80 s, il faut utiliser une vitesse de la vis sans fin correspondant à la graduation 8. Ce réglage de la vitesse de la vis sans fin peut varier, bien entendu, avec la notice de calibration relative à la vis sans fin particulière utilisée.

Procédé 2:

Couche de revêtement de flux fondu d'une épaisseur de 0,32 cm.

1. Mélanger deux sacs de 45,4 kg de fondant de fusion avec un sac de 45,4 kg de cryolite.
2. Remplir la machine de soufflage de fondant.
3. Multiplier le diamètre intérieur du tube à recouvrir de fondant par 17 s/m² pour le fondant de fusion, le fondant cryolite.
4. Multiplier le résultat de (diamètre intérieur × 17) par la longueur du tube.

5. La réponse représente la durée de soufflage en secondes qui donne une épaisseur de 0,32 cm pour la couche de fondant fondu.
6. Régler la vitesse de la vis sans fin sur la boîte de commande à 10, valeur maximale.
7. Régler la pression en azote au minimum nécessaire pour transporter la substance dans le tuyau sans risque de contre-refoulement.
8. Verser l'acier fondu dans le moule lorsque la température de l'acier est d'environ 93°C au-dessus du départ de solidification.
9. Dès que le métal a humidifié complètement le moule à son extrémité éloignée, commencer à injecter le fondant dans le courant de métal fondu dès qu'il sort de l'orifice de coulée.
10. Injecter le fondant pendant le nombre calculé de secondes en faisant attention à arrêter l'injection si le courant de métal fondu s'arrête.

Exemple 2:

Diamètre externe 58,55 cm
 Diamètre interne 46,28 cm
 Longueur 6,1 m
 Diamètre de l'orifice 6,35 cm
 Durée de recouvrement du moule 20 s
 Durée de la coulée 100 s
 $0,4628 \text{ m} \times 17 \text{ s/m}^2 = 7,87 \text{ s/m}$
 $7,87 \text{ s/m} \times 6,1 \text{ m} = 48,5 \text{ s. Durée de soufflage}$
 $\frac{48,5 \text{ s}}{60 \text{ s/min}} \times 122,47 \text{ kg/min} = 99,20 \text{ kg de fondant (fourni pendant les 48,5 s)}$

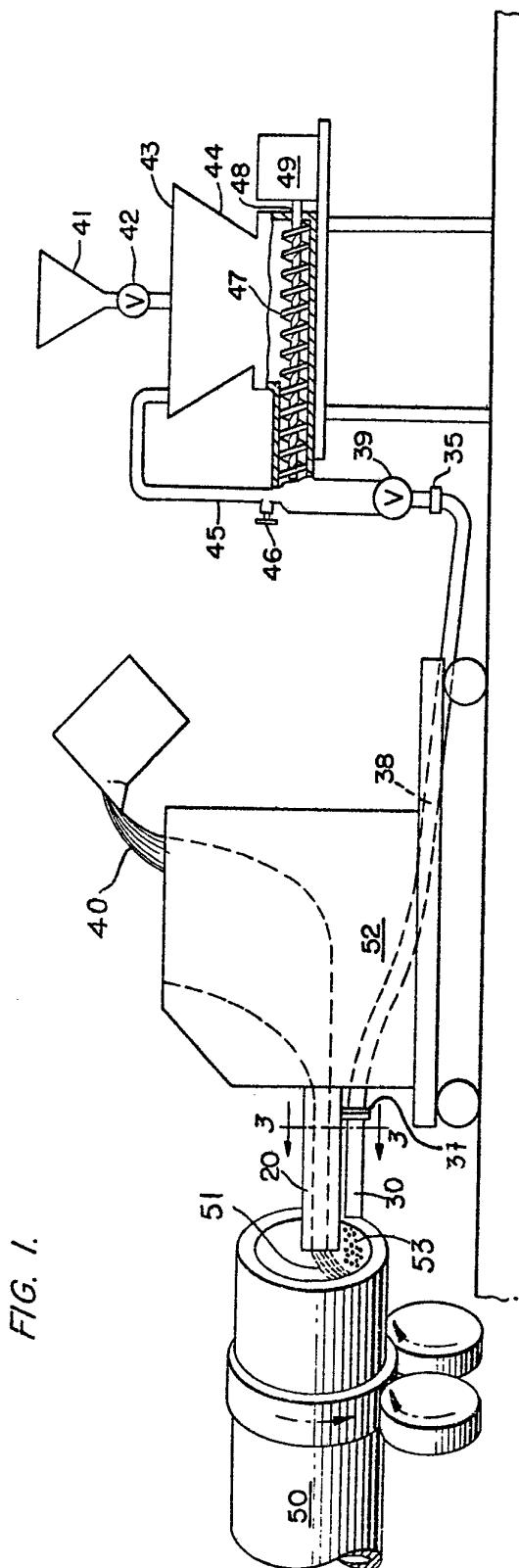
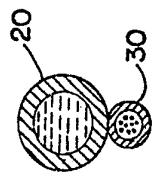
Il ressort de la comparaison des exemples 1 et 2 que la différence entre le procédé 1 et le procédé 2 réside dans le fait que, dans le procédé 1, on utilise toute la durée de soufflage disponible à l'insertion du fondant alors que, dans le procédé 2, on injecte le fondant dans le courant de métal fondu à une vitesse plus élevée pendant une période de temps plus courte.

Parmi les variations possibles de ce procédé, on peut citer l'utilisation d'un fondant préchauffé. Par exemple, le tuyau 38 peut comporter une étape avec un échange de chaleur pour préchauffer le fondant et réduire ensuite les chances d'un fondant provoquant le laminage par extraction de chaleur en provenance de la surface du métal fondu.

En variante, l'orifice de coulée 20 et le tuyau de fondant 30 de la fig. 1 peuvent être prévus pour préchauffer le fondant en conduisant de la chaleur du métal fondu vers le fondant.

Le procédé conforme à l'invention peut en outre servir à fabriquer des tubes à couches doubles ou multiples. Par exemple, on peut verser une couche externe au départ à partir d'une extrémité du moule, cette couche pouvant être constituée d'alliages n'entrant pas de problème de laminage. Une couche interne peut alors être versée à partir de la même extrémité ou de l'extrémité opposée du moule, un fondant étant injecté à cette extrémité conformément au procédé de l'invention.

Bien que des substances spécifiques et des étapes soient mentionnées dans la description ci-dessus, celles-ci n'ont aucun caractère limitatif. De façon plus précise, l'utilisation du mot métal ou métallique doit être interprétée comme comprenant le fer et l'acier ainsi que d'autres substances. De nombreux changements peuvent être apportés aux procédés décrits ci-dessus sans sortir pour autant ni du cadre ni de l'esprit de l'invention.

*FIG. 3.**FIG. 2.*