

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 16320**

(54) Procédé de préparation de pièces d'insertion renforçatrices et pièces d'insertion ainsi obtenues.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). C 23 C 1/10 // B 22 D 7/06; C 21 B 7/10; F 27 D 1/00.

(22) Date de dépôt..... 26 août 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 4-3-1983.

(71) Déposant : VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY I PROEKTNY INSTITUT PO  
OCHISTKE TEKHOLOGICHESKIKH GAZOV, STOCHNYKH VOD I ISPOLZOVANIJU VTO-  
RICHNYKH ENERGORESURSOV PREDPRIYATY CHERNOI METALLURGII VNIPICHERME-  
TENERGOOCHISTKA et INSTITUT PROBLEM LITIA AKADEMII NAUK UKRAINSKOI SSR.  
— SU.

(72) Invention de : Sergei Semenovitch Zatulovskiy, Boris Abramovitch Kirievsky, Gennady Alexan-  
drovitch Kudinov, Oleg Vladimirovitch Filipiev, Vladimir Petrovitch Lugansky et Vadim  
Georgievitch Gorenko.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,  
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention se rapporte aux techniques de dépôt de métal sur les surfaces intérieures ou extérieures d'ébauches ou de produits, et a notamment pour objet un procédé de préparation de pièces d'insertion renforçatrices en acier pour les moulages en fonte.

Le procédé conforme à l'invention est applicable à la préparation de pièces d'insertion renforçatrices pour différents moulages en fonte, par exemple : obturateurs et plaques de refroidissement de fours métallurgiques, lingotières armées, pièces de fonderie pour moteurs, présentant des canaux intérieurs, ainsi que d'autres moulages en fonte nécessitant une armature.

On connaît un procédé de préparation de pièces d'insertion renforçatrices en acier (voir le certificat d'auteur de l'URSS N° 534302), consistant à appliquer une couche protectrice par coulée d'acier à bas carbone dans l'empreinte d'un moule contenant des pièces d'insertion renforçatrices.

Ce procédé présente cependant par un certain nombre d'inconvénients de nature technologique qui se traduisent par la présence de solutions de continuité dans le revêtement et par une diminution de sa résistance mécanique.

L'invention vise donc un procédé de préparation de pièces d'insertion renforçatrices pour moulages en fonte, qui permettrait de diminuer les espaces libres et les lacunes dans le revêtement et d'augmenter la conductibilité thermique dans la zone de contact entre le métal de base et le métal appliqué.

Ce problème est résolu à l'aide d'un procédé de préparation de pièces d'insertion renforçatrices en acier pour moulages en fonte, du type consistant à appliquer une couche d'acier sur la surface des pièces d'insertion, caractérisé en ce que la couche d'acier est appliquée par immersion de la pièce d'insertion dans un bain d'acier dont la température est supérieure de 15 à 60°C à la température de fusion de cet acier, et en ce que l'immersion est opérée au moins deux fois, la pièce

d'insertion étant maintenue chaque fois dans le bain d'acier pendant une durée allant de 3 à 15 s.

L'immersion étant opérée deux fois, on obtient un revêtement d'acier épais de 6 à 12 mm qui enrobe étroitement  
5 (sans aucun espace intermédiaire) toute la surface de la pièce d'insertion.

L'absence de tout espace intermédiaire est due au fait que, lors de l'immersion de courte durée (de 3 à 15s), l'acier se dépose sur le tube graduellement sans donner lieu  
10 à des processus de retrait volumique qui conduisent généralement à l'apparition d'espaces intermédiaires. Quand l'immersion n'est opérée qu'une seule fois, le revêtement qui en résulte a une épaisseur insuffisante et sa surface se fissure.

15 La durée du maintien dans le bain d'acier dépend de la température de surchauffe de ce dernier et de la configuration des pièces d'insertion. Quand la durée de maintien est inférieure à 3s, la couche d'acier qui se dépose sur la surface de la pièce d'insertion est discontinue, elle  
20 présente des lacunes. Lorsque la durée du maintien dépasse 15s, on assiste à une fusion de la couche d'acier déposée et à une déformation thermique des pièces d'insertion.

Il est irrationnel de conduire le processus à une température de surchauffe inférieure à 15°C, car la coulabilité de  
25 l'acier est tellement basse qu'on n'arrive pas à éliminer les inconvénients des procédés connus.

Lorsque la température de surchauffe est supérieure à 60°C, le processus d'application de l'acier devient difficilement contrôlable, car sa durée diminue à une valeur  
30 inférieure à 3 s.

Le revêtement obtenu en n'immergeant la pièce d'insertion qu'une seule fois a une épaisseur telle qu'elle se prête facilement à la carburation lors de la coulée de la fonte. Lors du fonctionnement des moulages en fonte, ce  
35 revêtement se fissure rapidement, ce qui conduit à la destruction des armatures. Pour les moulages tels que les plaques de refroidissement, il est rationnel que le

nombre d'immersions soit de deux à quatre. Un nombre d'immersions supérieur conduit à une baisse de la conductibilité thermique de la pièce d'insertion. Pour les moulages en fonte dont les conditions de fonctionnement n'exigent pas une bonne conductibilité thermique, l'augmentation du nombre d'immersions permet d'accroître la résistance mécanique des pièces d'insertion et, par là même, de prolonger la durée de vie des moulages eux-mêmes (lingotières, obturateurs et autres).

Lorsqu'il s'agit de préparer des pièces d'insertion renfortatrices telles que des tubes refroidisseurs pour plaques de refroidissement, il est avantageux de maintenir la température du bain d'acier dans des limites dépassant de 30 à 40°C sa température de fusion.

Il est rationnel d'appliquer sur la pièce d'insertion, avant son immersion, un flux décapant convenable. Ce flux décapant peut être appliqué par l'une des techniques connues, choisie en fonction des conditions opératoires.

Pour activer le flux décapant, la pièce d'insertion sur laquelle est appliqué le flux (si ce dernier est froid) est de préférence maintenue au-dessus de la surface du bain d'acier pendant une durée de 3 à 20 s. D'autre part, il est rationnel d'introduire dans le bain d'acier, avant la dernière immersion, une proportion de silicium pouvant aller jusqu'à 2 % en poids, et d'aluminium, jusqu'à 1,5 % en poids.

Le fait d'allier l'acier avec les proportions précitées de silicium ou d'aluminium (surtout avec les deux à la fois) permet d'élever sensiblement l'activité thermodynamique du carbone et de diminuer le coefficient de diffusion du carbone dans l'acier. Dans le cas des plaques de refroidissement, cela entraîne une diminution considérable de la diffusion du carbone de la fonte dans le revêtement d'acier lors du moulage desdites plaques, et par conséquent, une amélioration des propriétés mécaniques dudit revêtement, d'où une augmentation de la durée de vie des plaques de refroidissement.

Le procédé conforme à l'invention a été essayé dans les ateliers d'expérimentation du déposant de la présente demande de brevet.

Des tubes de renforcement pour plaques de refroidissement destinés à être employés dans des hauts fourneaux et ayant un diamètre de 60 mm et une épaisseur de paroi de 6 mm ont été plongés dans un bain d'acier liquide à teneur en carbone de 0,1 % et de 0,25 % et à température de 1580°C. Avant l'immersion des tubes de renforcement, on a appliqué sur ceux-ci un flux décapant. On a opéré l'immersion dans un bain d'acier non désoxydé qui se trouvait dans un four à arc électrique. On a immergé les tubes de renforcement deux fois, chaque fois pendant 10 s, et on a obtenu une couche continue épaisse de 10 mm et adhérant étroitement (sans espaces intermédiaires) à la surface des tubes.

Les tubes de renforcement, qui présentaient chacun un revêtement épais de 8-10 mm, ont été utilisés pour la fabrication de moulages du type plaque de refroidissement pour les hauts fourneaux, d'un poids de 1,5 à 2,5 t.

Un tube en acier à 0,2 % de carbone, de 60 mm de diamètre, courbé en U a été immergé deux fois dans un acier liquide qui, avant la dernière immersion, a été allié avec du silicium (2 %), avec de l'aluminium (1 %), et avec les deux à la fois (1 % + 1 %). Les durées d'immersion ont été de 2,3, 12, 15 et 16 s. Lors de l'immersion, la température du bain de métal était de 12, 15, 25, 40, 60 et 65°C supérieure à la température de liquidus.

Les tubes ainsi préparés ont été soumis à des essais dont les résultats sont réunis dans le tableau qui suit :

Température de surchauffe, °C	Epaisseur du revêtement (mm), le maintien dans le bain de métal étant de (s)						Conductibilité thermique kJ/(m.h°C)	Caractéristique du revêtement
	2	3	5	12	15	16		
12	0,7	1,3	1,7	2,4	2,3	1,5	58,6	Grandes cavernes: dans le revêtement
15	0,6	1,0	1,5	2,2	1,3	0,6	117,2	Revêtement dense et uniforme
25	0,5	0,9	1,3	1,5	0,8	0,4	113,0	" "
40	0,3	0,6	0,5	0,4	0,2	0	117,2	" "
60	0,2	0,4	0,5	0,3	0,1	0	113,0	" "
65	0,1	0,2	0,1	0	0	0	108,8	Grand nombre de lacunes

Comme il ressort du tableau ci-dessus, le revêtement résultant de l'immersion de la pièce d'insertion dans un bain d'acier dont la température de surchauffe dépasse la température de fusion de moins de 15°C, présente des  
5 espaces intermédiaires et des cavernes, ce qui nuit à sa conductibilité thermique, tandis qu'une température de surchauffe supérieure à la température de fusion de l'acier de plus de 60°C donne un revêtement présentant de nombreuses lacunes.

10 A tous les régimes thermiques, un maintien inférieur à 2 s ne permet pas d'obtenir un revêtement parfait, tandis qu'un maintien supérieur à 20 s conduit à une distorsion des dimensions et de la forme des armatures.

Les études métallographiques (y compris à l'aide  
15 d'une analyse radiospectrale) des coupons de tubes ont montré qu'aucune carburation des tubes n'avait eu lieu. Absents entre la surface des tubes et le revêtement, les espaces libres et les cavernes ont diminué entre le revêtement et la fonte jusqu'à 0,1 mm. L'augmentation de  
20 la quantité de métal des tubes refroidisseurs, due à la couche appliquée, favorise la diminution de l'espace libre entre le revêtement et la fonte, du fait de la solidification plus rapide de la couche de fonte voisine du revêtement, l'ensemble des armatures présentant de meilleu-  
25 res caractéristiques de résistance.

Par rapport à un moulage de série, la carburation du revêtement appliqué se produit à une profondeur allant jusqu'à 0,8 mm au lieu de 3 mm, ce qui est le résultat d'une plus courte durée de contact "fonte liquide - revêtement"  
30 et de l'emploi des éléments d'addition (silicium, aluminium) inhibant la vitesse de diffusion du carbone.

La longévité des moulages en fonte est fonction, dans une grande mesure, de la plasticité des tubes de renforcement. Les résultats des essais montrent que dans les  
35 moulages de série du type plaques de refroidissement,  $\delta = 10 \%$ , tandis que dans les tubes préparés en conformité avec l'invention,  $\delta$  varie de 24 % à 29 % en fonction de la

composition chimique du métal des tubes. La longévité des tubes est principalement fonction de la fissuration superficielle des tubes lors de la déformation thermique.

Les essais effectués ont montré que le procédé conforme à l'invention permet d'éliminer l'espace intermédiaire et les cavernes, ainsi que d'élever la conductibilité dans la zone de contact des armatures, et contribue à conserver la plasticité des armatures en acier, ce qui a un effet positif sur la longévité des moulages.

Des tubes en acier à 0,1 % de carbone, de 60 mm de diamètre et à parois épaisses de 6 mm, ont été courbés suivant le profil voulu, après quoi leur surface extérieure a été décapée par grenaillage. Par la suite, chacun desdits tubes a été réuni par l'intermédiaire d'une bague, par soudage, avec un tube protecteur découpé dans un tube d'un diamètre de 80 mm et à parois épaisses de 6 mm. Le matériau de ce tube protecteur était de l'acier à teneur en carbone de 0,2 %.

Afin d'assurer une liaison par diffusion entre les tubes et l'acier coulé entre eux, la surface de ces tubes a été enduite d'une couche de flux décapant. Pour que le flux décapant tienne mieux sur la surface des tubes, on utilise du vernis.

Les tubes protecteurs ont été enduits de flux décapant intérieurement et extérieurement.

Ainsi assemblés, les tubes ont été montés dans un dispositif approprié à l'aide duquel on les a immergés deux fois dans un acier liquide à teneur en carbone de 0,25 %. La profondeur d'immersion des tubes dans l'acier liquide a été limitée au plan passant par les bagues d'étanchéité. La température de l'acier liquide se trouvait dans les limites de 1545 à 1575°C. Les tubes ont été maintenus dans l'acier liquide pendant une durée de temps de l'ordre de 5-6 s.

On a déterminé que pendant cette période l'acier se dépose en formant une couche épaisse de 5-8 mm. Il est à noter que l'acier remplit l'espace séparant les tubes et se dépose sur la surface extérieure du tube protecteur.



L'examen visuel a permis de déterminer qu'il n'y avait aucune non étanchéité entre les tubes et l'acier coulé entre ceux-ci.

- 5 Pour exécuter un examen métallographique des tubes on en a fabriqué des coupons transversaux. On a constaté que le flux décapant avait été enlevé par l'acier liquide, le métal, qui était venu remplir l'espace entre tubes, n'avait pas de cavernes ou pores. Entre l'acier solidifié et les tubes s'était formée une couche caractérisée par une
- 10 liaison par diffusion. Tous ces facteurs assurent une étanchéité parfaite de l'espace entre le tube de renforcement et le tube protecteur.

- 15 Les tubes refroidisseurs munis de tubes protecteurs ont été employés pour la fabrication de plaques de refroidissement d'un poids de 2,3 t. Ces plaques de refroidissement ont été installées dans un haut fourneau, et après une période de fonctionnement de 7 mois, on a constaté que rien n'a changé entre les tubes de ces plaques de refroidissement.

REVENDICATIONS

1. Procédé de préparation de pièces d'insertion ren-  
forçatrices en acier pour moulages en fonte, du type  
comprenant l'application d'une couche d'acier sur la surface  
des pièces d'insertion, caractérisé en ce que la couche  
5 d'acier est appliquée en immergeant à deux reprises la  
pièce d'insertion dans un bain d'acier liquide dont la  
température est supérieure de 15-60°C à la température de  
fusion de cet acier, ladite pièce d'insertion étant, à  
chaque immersion, maintenue dans le bain d'acier pendant  
10 une durée de 3 à 15 s.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce  
que la température du bain d'acier liquide est de 30 à 40°C  
supérieure à la température de fusion de cet acier.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, carac-  
15 térisé en ce que, avant son immersion, on applique sur la  
surface de la pièce d'insertion une couche de flux décapant.
4. Procédé selon l'une des revendications 1, 2 et 3,  
caractérisé en ce que, avant son immersion, la pièce  
d'insertion est maintenue au-dessus de la surface de l'acier  
20 liquide pendant une durée de 3 à 20 s.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2,  
caractérisé en ce que le bain d'acier liquide est addition-  
né, avant la dernière immersion, d'une proportion de  
silicium allant jusqu'à 2 % en poids.
- 25 6. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2,  
caractérisé en ce que le bain d'acier liquide est addition-  
né, avant la dernière immersion, d'une proportion d'aluminium  
allant jusqu'à 1,5 % en poids.
7. Pièces d'insertion de renforcement, caractérisées  
30. en ce qu'elles sont traitées conformément au procédé  
faisant l'objet de l'une des revendications 1 à 6.