



(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 27294 A1** (51) Cl. internationale : **B22D 19/02; B22D 19/085; B22D 19/06**
- (43) Date de publication : **02.05.2005**

-
- (21) N° Dépôt : **27705**
- (22) Date de Dépôt : **28.05.2004**
- (30) Données de Priorité : **04.12.2001 EP 01870267.0**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/BE02/00150 30.09.2002**
- (71) Demandeur(s) : **MAGOTTEAUX INTERNATIONAL S.A, RUE ADOLPHE DUMONT B- 4051 VAUX-SOUS-CHEVREMONT (BE)**
- (72) Inventeur(s) : **VESCERA, FRANCESCO ; PONCIN, CLAUDE**
- (74) Mandataire : **TMP AGENTS**

-
- (54) Titre : **PIECES DE FONDERIE AVEC UNE RESISTANCE ACCRUE A L'USURE**
- (57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION SE RAPPORTE À UNE PIÈCE D'USURE RÉALISÉE EN FONDERIE À STRUCTURE RENFORCÉE PAR AU MOINS UN TYPE DE CARBURE MÉTALLIQUE, ET/OU DE NITRURE MÉTALLIQUE, ET/OU DE BORURE, ET/OU D'OXYDES MÉTALLIQUES, ET/OU DE COMPOSÉS INTERMÉTALLIQUES, CI-APRÈS DÉNOMMÉS LES COMPOSANTS, CARACTÉRISÉE EN CE QUE LES MATIÈRES PREMIÈRES SERVANT DE RÉACTIFS POUR LESDITS COMPOSANTS ONT ÉTÉ INTRODUITS DANS UN MOULE (1) AVANT LA COULÉE SOUS FORME D'INSERTS OU DE PRÉFORMES DE POUDRES COMPACTÉES (3) OU SOUS FORME DE BARBOTINES (4), EN CE QUE LA RÉACTION DESDITES POUDRES A ÉTÉ AMORCÉE IN SITU PAR LA COULÉE D'UN MÉTAL, FORMANT UN CONGLOMÉRAT POREUX IN SITU, ET EN CE QUE LEDIT MÉTAL A INFILTRÉ LE CONGLOMÉRAT POREUX, CONSTITUANT AINSI UNE STRUCTURE RENFORCÉE POUR ABOUTIR À UNE INCLUSION DESDITS COMPOSANTS DANS LA STRUCTURE DU MÉTAL UTILISÉ POUR LA COULÉE, EN CRÉANT AINSI UNE STRUCTURE DE RENFORT SUR LA PIÈCE D'USURE (2).

5

PIECES DE FONDERIE AVEC UNE RESISTANCE ACCRUE A L'USUREObjet de l'invention

10 [0001] La présente invention se rapporte à la réalisation d'une pièce de fonderie offrant une résistance accrue à l'usure par une amélioration de la résistance à l'abrasion tout en conservant une résistance aux chocs acceptable sur les parties renforcées.

15

Arrière plan technologique à la base de l'invention

[0002] Les installations d'extraction et de fragmentation des minerais et en particulier le matériel de broyage et de concassage sont soumises à de nombreuses
20 contraintes de rendement et de coûts.

[0003] On citera à titre d'exemple, dans le domaine du traitement des agrégats, du ciment et des minerais, les pièces d'usure telles que les éjecteurs et enclumes de concasseurs à axe vertical, les marteaux et battoirs de
25 concasseurs à axe horizontal, les cônes pour concasseurs, les tables et roliers de broyeurs verticaux, les plaques de blindage et releveurs de broyeurs à boulets ou à barres. Concernant les installations d'extraction minières, nous citerons entre autres, les pompes pour sables bitumeux ou
30 machines de forage, les pompes de mines et les dents de dragage.

[0004] Les fournisseurs des pièces d'usure de ces machines sont confrontés à des demandes accrues pour des

éléments d'usure répondant à la fois à des contraintes de résistance au choc et à la résistance à l'abrasion.

[0005] Les matériaux traditionnels répondent en général à l'un ou l'autre type de ces sollicitations mais
5 sont très rarement résistantes à la fois aux chocs et à l'abrasion. En effet, les matériaux ductiles présentent une résistance élevée aux chocs, mais supportent très mal l'abrasion. A contrario, les matériaux durs et résistants à l'abrasion, résistent très mal aux chocs violents.

10 [0006] Historiquement, les premières réflexions sur ce problème ont conduit à une approche exclusivement métallurgique qui consistait à proposer des aciers au manganèse très résistants aux chocs et atteignant malgré cela des niveaux de dureté intermédiaires de l'ordre de 650
15 à 700 Hv (dureté Vickers).

[0007] D'autres alternatives telles que les fontes au chrome ont également été proposées. Celles-ci permettent d'atteindre des niveaux de dureté de l'ordre de 700 à 850
20 Hv après un traitement thermique adéquat. Ces valeurs sont atteintes pour des alliages contenant un pourcentage de carbures pouvant aller jusqu'à 35%.

[0008] A cette époque, des coulées bimétalliques ont également vu le jour, celles-ci présentent néanmoins le désavantage d'être limitées à des pièces de forme simple ce
25 qui réduit fortement leur possibilité d'application industrielle.

[0009] Les pièces d'usure sont généralement considérées comme des consommables, ce qui signifie qu'en dehors des contraintes purement techniques, il y a
30 également une contrainte économique qui limite les possibilités à des solutions présentant un coût moyen d'environ 4 US\$/Kg. On estime généralement que ce niveau de prix, qui est deux fois plus élevé que celui des pièces

d'usure classiques, représente le seuil d'acceptabilité économique pour les clients.

Description des solutions selon l'état de la technique

5 [0010] L'obtention d'une pièce d'usure, résistante à l'abrasion et aux chocs a déjà fait l'objet d'études de diverses natures.

[0011] Dans ce contexte, on s'est tout naturellement tourné vers des pièces composites à base de céramiques et
10 dans ce cadre, la demanderesse divulgue déjà dans le document WO 99/47264 un alliage à base de fer et de céramique très résistant à l'usure et aux chocs.

[0012] Dans le document WO 98/15373 la demanderesse propose d'introduire dans un moule, avant la coulée, une
15 galette de céramique poreuse qui est infiltrée par le métal lors de la coulée. Les possibilités d'application de cette invention sont néanmoins limitées à des pièces de forte section et à des alliages bénéficiant d'une haute coulabilité. Par ailleurs, le positionnement de ces
20 galettes céramiques est plutôt conditionné par des impératifs d'infiltration par le métal coulé que par la nécessité propre à l'utilisation de la pièce.

[0013] Sans viser les mêmes objectifs, Merzhanov, dans le document WO/9007013, divulgue un matériau
25 réfractaire poreux obtenu par compression à froid du cru d'un mélange exothermique de poudres sous vide suivi de l'initiation de la combustion du mélange. Il s'agit ici d'une réaction autopropagée. Par ce procédé, il obtient des matériaux extrêmement durs mais sans aucune résistance aux
30 chocs. Ceci est essentiellement dû à la porosité élevée des produits.

[0014] Par ailleurs, dans le document WO/9011154 le même inventeur propose une méthode similaire, où cette

à des pressions pouvant aller jusqu'à 1000 bars. Cette invention aboutit à la réalisation de couches fortement résistantes à l'abrasion mais avec une résistance insuffisante aux chocs. Le but est ici avant tout de
5 réaliser des surfaces pour des outils abrasifs fortement sollicités dans ce sens.

[0015] De façon générale, l'utilisation de poudres très pures comme les poudres de titane, bore, tungstène, aluminium, nickel, molybdène, silicium, carbone, .. aboutit
10 à des corps extrêmement poreux après réaction avec des taux de porosité proches de 50%. Ceux-ci nécessitent alors une compression ultérieure à la réaction entraînant une compaction et donc une augmentation de la densité, indispensable pour une utilisation industrielle.

15 [0016] La complexité de mise en œuvre d'un tel procédé, la maîtrise des réactions et le coût des matières premières entravent néanmoins considérablement l'industrialisation de ces technologies.

[0017] La demande de brevet allemande 1949777 -
20 Lehmann divulgue un procédé de fabrication de pièces en fonte hautement résistantes à l'usure. Dans ce procédé, des poudres de carbures sont combinées à des liants combustibles et/ou des poudres métalliques ayant une basse température de fusion. Lors de la coulée, le liant fait
25 place au métal de coulée qui enrobe alors les particules de carbure. Dans ce procédé, il n'y a pas de réaction chimique auto-propagée et toutes les particules fortement résistantes à l'usure sont présentes dès le départ dans le moule.

30 [0018] De nombreux documents divulguent un tel enrobage de particules dures et notamment US-P-5,052,464 et US-P-6,033,791 - Smith qui sont basés sur la présence de particules dures avant la coulée qui est destinée à

[0019] L'invention évite les écueils de l'état de la technique en réalisant des pièces d'usure d'une constitution originale et fabriquées par un procédé original et simple, donc peu coûteux.

5

Buts de l'invention

[0020] La présente invention vise à fournir des pièces d'usure résistantes à la fois à l'abrasion et aux chocs à un prix économiquement justifiable ainsi qu'un
10 procédé pour leur réalisation. Elle vise en particulier à résoudre les problèmes liés aux solutions proposées selon l'état de la technique.

Résumé de l'invention

15 [0021] La présente invention se rapporte à une pièce d'usure, réalisée en fonderie, à structure renforcée par au moins un type de carbure métallique, et/ou de nitrures métalliques, et/ou d'oxydes métalliques, et/ou de borures métalliques, ainsi que de composés intermétalliques, ci-
20 après dénommés les composants, caractérisée en ce que les matières premières servant de réactifs pour lesdits composants ont été introduits dans un moule, avant la coulée, sous forme d'inserts ou de préformes de poudres compactées ou sous forme de barbotines, en ce que la
25 réaction desdites poudres est amorcée in situ par la coulée d'un métal, formant un conglomerat poreux in situ, et en ce que ledit métal infiltre le conglomerat poreux, constituant ainsi une structure renforcée, pour aboutir à une addition dudit conglomerat dans la structure du métal utilisé pour
30 la coulée de la pièce, et ainsi créer une structure de renfort sur la pièce d'usure.

[0022] Un des aspects clé de la présente invention montre que le conglomerat poreux, créé in situ, infiltré

supérieure à 1000 Hv₂₀, la pièce d'usure ainsi obtenue offrant une ténacité supérieure à la ténacité des céramiques pures envisagées et au moins égale à $10\text{MPa}\sqrt{m}$.

[0023] Selon l'une des caractéristiques de l'invention, la réaction in situ entre les matières premières, c'est à dire les réactifs pour lesdits composants, est auto-propagée et est initiée par la chaleur de la coulée en formant un conglomérat très poreux capable d'être infiltré simultanément par la coulée sans modification particulière de la structure de renfort.

[0024] Selon un mode particulièrement avantageux de l'invention, la réaction entre les matières premières se fait à pression atmosphérique et sans aucune atmosphère gazeuse de protection particulière, et sans nécessiter de compression après réaction.

[0025] Les matières premières, destinées à produire le composant, appartiennent au groupe des ferroalliages, de préférence le FerroTi, FerroCr, FerroNb, FerroW, FerroMo, FerroB, FerroSi, FerroZr ou le FerroV, ou appartiennent au groupe des oxydes, de préférence le TiO₂, FeO, Fe₂O₃, SiO₂, ZrO₂, CrO₃, Cr₂O₃, B₂O₃, MoO₃, V₂O₅, CuO, MgO et NiO ou encore au groupe des métaux ou leur alliages, de préférence, le fer, le nickel, le titane ou l'aluminium et par ailleurs le carbone, le bore ou les composés nitrurés.

25

Brève description des figures

[0026] La figure 1 représente une barbotine 1 étalée aux endroits où on souhaite renforcer la pièce coulée 2 dans le moule 1.

30 [0027] La figure 2 représente l'invention sous forme d'inserts de renfort 3 dans la pièce à couler 2 dans le moule 1.

[0028] Les figures 3, 4, et 5 représentent des empreintes de dureté pour une fonte au chrome (fig.3), une céramique pure (fig. 4) et un alliage renforcé (fig.5) à la céramique selon la présente invention.

5 [0029] La figure 6 représente des particules de TiC dans un alliage de fer, résultant d'une réaction in situ de ferrotitane avec du carbone pour donner du TiC dans une matrice à base de fer. La dimension des particules de TiC est de l'ordre de quelques microns.

10

Description détaillée de l'invention

[0030] La présente invention propose des pièces de fonderie dont les surfaces d'usure sont renforcées en plaçant dans le moule, avant la coulée, des éléments
15 constitués de poudres, susceptibles de réagir in situ et sous la seule action de la chaleur de la coulée.

[0031] A cette fin, on utilise des éléments réactifs, en poudres compactées, que l'on fixe dans le moule sous forme de galettes ou d'inserts 3 de formes
20 désirées, ou encore sous forme d'un enduit 4 recouvrant le moule 1 à l'endroit où la pièce 2 est susceptible d'être renforcée.

[0032] Les éléments susceptibles de réagir in situ donnent lieu à des composés durs du type carbures, borures,
25 oxydes, nitrures ou composés intermétalliques. Ceux-ci, une fois formés, vont s'ajouter aux carbures éventuellement déjà présents dans l'alliage de coulée de façon à augmenter encore la proportion de particules dures d'une dureté Hv >1300 et qui participent à l'augmentation de la résistance
30 à l'usure. Ceux-ci sont « infiltrés » à environ 1500 °C par le métal coulé, et forment une addition de particules résistantes à l'abrasion incorporées dans la structure du métal utilisé pour la coulée (Fig.6).

[0033] Par ailleurs, contrairement aux procédés de l'état de la technique, il n'est pas nécessaire d'utiliser des poudres versatiles pour obtenir cette réaction in situ. Le procédé proposé permet avantageusement l'utilisation de ferroalliages ou d'oxydes peu coûteux pour obtenir des particules extrêmement dures noyées dans la matrice formée par le métal de la coulée à l'endroit où un renforcement de la résistance à l'usure est nécessaire.

[0034] Non seulement, l'invention ne nécessite aucune densification, donc compression, à posteriori, des parties à structure renforcées, mais tire avantage de la porosité ainsi créée dans lesdites parties pour permettre une infiltration à température élevée du métal coulé dans les interstices (Fig.6).

[0035] Ceci ne nécessite aucune atmosphère de protection particulière et se fait à pression atmosphérique avec la chaleur fournie par la coulée, ce qui a évidemment une répercussion particulièrement positive sur le coût du procédé. On obtient ainsi une structure avec des caractéristiques très avantageuses en terme de résistance simultanée aux chocs et à l'abrasion.

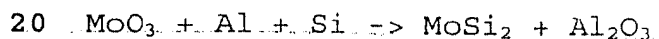
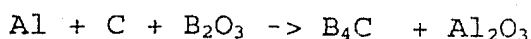
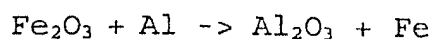
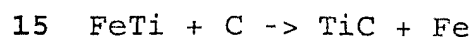
[0036] Les valeurs de dureté atteintes par les particules ainsi introduites dans les surfaces renforcées se situent dans un domaine allant de 1300 à 3000 Hv. Suite à l'infiltration par le métal de coulée, le composé obtenu présente une dureté supérieure à 1000 Hv₂₀ tout en conservant une ténacité supérieure à $10\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$. La ténacité est mesurée par indentation ce qui signifie que l'on effectue une empreinte à l'aide d'un pénétrateur en diamant de forme pyramidale soumis à une charge calibrée.

Sous l'effet de la charge, le matériau se déforme et peut développer des fissures aux sommets de l'empreinte. La

mesure de la longueur des fissures permet une évaluation de la ténacité (figures 3, 4 et 5).

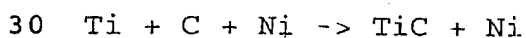
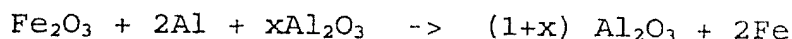
[0037] Les matières premières, destinées à produire le composant, appartiennent au groupe des ferroalliages, de préférence le FerroTi, FerroCr, FerroNb, FerroW, FerroMo, FerroB, FerroSi, FerroZr ou le FerroV, elles peuvent aussi appartenir au groupe des oxydes, de préférence le TiO_2 , FeO , Fe_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2 , CrO_3 , Cr_2O_3 , B_2O_3 , MoO_3 , V_2O_5 , CuO , MgO et NiO , ou au groupe des métaux ou leurs alliages, de préférence, le fer, le nickel, le titane ou l'aluminium et par ailleurs le carbone, le bore ou les composés nitrurés.

[0038] A titre d'exemple, les réactions auxquelles on a recours dans la présente invention sont généralement du type:



Ces réactions peuvent également être combinées entre elles.

[0039] La vitesse de réaction pourra être contrôlée par différents ajouts de métaux, alliages ou particules ne participant pas à la réaction. Ces ajouts peuvent d'ailleurs être utilisés avantageusement pour modifier, selon les besoins, la ténacité ou d'autres propriétés du composite créé in situ. Ceci est représenté par les réactions illustratives suivantes :



Description d'une forme d'exécution préférée de l'invention

[0040] Le premier mode d'exécution préféré de

froid les poudres réactives choisies. Ceci est réalisé dans un moule de compression reprenant la forme désirée de l'insert ou de la préforme 3. Éventuellement en présence d'un liant, pour le renforcement de la pièce coulée 2. Cet insert ou préforme sera alors fixé dans le moule de coulée 1 à l'endroit voulu.

[0041] Pour les poudres, on choisit une distribution granulométrique dont le D50 se situe entre 1 et 1000 microns, et de préférence inférieur à 100 μ . L'expérience pratique a montré que cette granulométrie réalisait un compromis idéal entre le maniement du cru, l'infiltrabilité du produit poreux et la maîtrise de la réaction.

[0042] Lors de la coulée, le métal chaud amorce la réaction de la préforme ou de l'insert qui se transforme en un conglomérat à structure poreuse de particules dures. Ce conglomérat, encore à haute température, est lui-même infiltré et noyé par le métal de coulée constituant la pièce. Cette étape se fait entre 1400 et 1700 °C suivant la température de coulée de l'alliage choisi pour réaliser la

20 pièce.

[0043] Un second mode d'exécution préféré est l'utilisation d'une barbotine (pâte) 4 contenant les divers éléments réactifs afin d'enduire certaines parties du moule 1 ou des noyaux. L'application de une ou plusieurs couches est possible en fonction de l'épaisseur désirée. On laisse ensuite sécher ces différentes couches avant de couler le métal dans le moule 1. Ce métal en fusion va également amorcer la réaction pour créer une couche poreuse qui est infiltrée immédiatement après sa réaction pour former une

25 structure particulièrement résistante à la fois aux chocs et à l'usure.

30

REVENDEICATIONS

1. Pièce d'usure réalisée en fonderie comprenant une structure renforcée, ladite structure
- 5 renforcée comprenant au moins un composant sélectionné parmi le groupe des carbures métalliques, des nitrures métalliques, des borures, des oxydes métalliques et de composés intermétalliques, caractérisée en ce que :
- 10 - lesdits composants sont formés par une réaction in situ à partir de matières premières servant de réactifs pour lesdits composants, lesdits réactifs étant préalablement introduits dans un moule (1), avant la coulée, sous forme d'inserts ou de préformes de poudres compactées (3) ou sous forme de barbotines (4) ;
 - 15 - la réaction in situ desdites poudres est amorcée par la coulée d'un métal ;
 - ladite réaction in situ forme un conglomérat poreux ;
 - ledit métal de coulée infiltre ledit conglomérat poreux, pour aboutir à une inclusion dudit conglomérat dans la
 - 20 structure du métal utilisé pour la coulée, constituant ainsi une structure renforcée sur la pièce d'usure (2).

2. Pièces d'usure selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit conglomérat poreux est créé in situ et est infiltré par le métal coulé, en ce que ledit

25 conglomérat possède une dureté Vickers comprise entre 1300 et 3000 Hv, et en ce que ladite structure renforcée sur la pièce d'usure a une ténacité supérieure à $10\text{MPa}\sqrt{m}$.

3. Procédé pour la fabrication de pièces d'usure à structure renforcée par au moins un composant

30 sélectionné parmi le groupe des carbures métalliques, des nitrures métalliques, des borures, des oxydes métalliques et de composés intermétalliques, caractérisée en ce que :

- lesdits composants sont formés par une réaction in situ à partir de matières premières servant de réactifs pour lesdits composants, lesdits réactifs étant préalablement introduits dans un moule (1), avant la coulée, sous
5 forme d'inserts ou de préformes de poudres compactées (3) ou sous forme de barbotines (4) ;
- la réaction in situ desdites poudres a été amorcée par la coulée d'un métal ;
- ladite réaction in situ forme un conglomerat poreux ;
- 10 - ledit métal de coulée infiltre ledit conglomerat poreux, pour aboutir à une inclusion dudit conglomerat dans la structure du métal utilisé pour la coulée, constituant ainsi une structure renforcée sur la pièce d'usure (2) ;
- ladite réaction in situ entre les matières premières
15 destinées à former lesdits composants après ladite réaction est initiée et auto-propagée par la chaleur de la coulée.

4. Procédé pour la fabrication de pièces d'usure selon la revendication 3 caractérisé en ce que la
20 réaction entre les matières premières forme un conglomerat très poreux capable d'être infiltré simultanément par le métal coulé sans modification particulière de la structure renforcée.

5. Procédé pour la fabrication de pièces
25 d'usure selon la revendication 3 ou 4 caractérisé en ce que la réaction entre les matières premières se fait à pression atmosphérique sans que le procédé ne nécessite aucune compression après réaction des poudres.

6. Procédé pour la fabrication de pièces
30 d'usure selon l'une quelconque des revendications 3 à 5 caractérisé en ce que la réaction entre les matières premières ne nécessite aucune atmosphère gazeuse de protection spécifique.

7. Procédé pour la fabrication de pièces d'usure selon l'une quelconque des revendications 3 à 6 caractérisé en ce que lesdites matières premières appartiennent au groupe des ferroalliages, de préférence le
5 FerroTi, FerroCr, FerroNb, FerroW, FerroMo, FerroB, FerroSi, FerroZr et le FerroV.

8. Procédé pour la fabrication de pièces d'usure selon l'une quelconque des revendications 3 à 6 caractérisé en ce que lesdites matières premières
10 appartiennent au groupe des oxydes, de préférence le TiO_2 , FeO, Fe_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2 , CrO_3 , Cr_2O_3 , B_2O_3 , MoO_3 , V_2O_5 , CuO, MgO et NiO.

9. Procédé pour la fabrication de pièces d'usure selon l'une quelconque des revendications 3 à 6
15 caractérisé en ce que lesdites matières premières appartiennent au groupe des métaux ou leurs alliages, de préférence, le fer, le titane, le nickel ou l'aluminium.

10. Procédé pour la fabrication de pièces d'usure selon l'une quelconque des revendications 3 à 6
20 caractérisé en ce que lesdites matières premières comprennent le carbone, le bore ou les composés nitrurés.

11. Utilisation des pièces d'usures réalisées selon l'une des revendications précédentes pour des applications nécessitant une résistance simultanée à
25 l'usure et aux chocs.

1 / 4

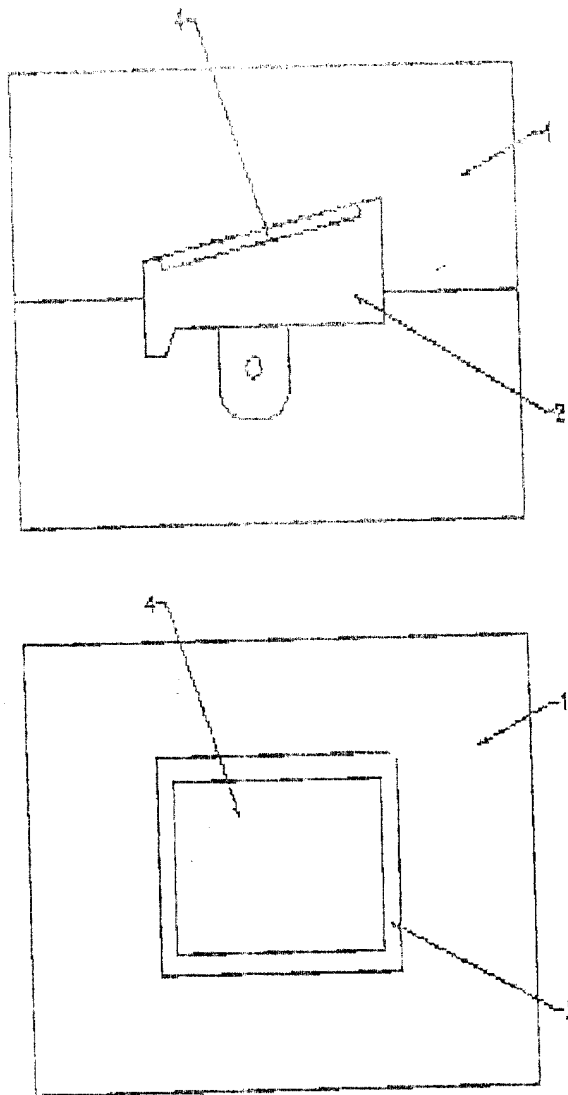


Fig.1

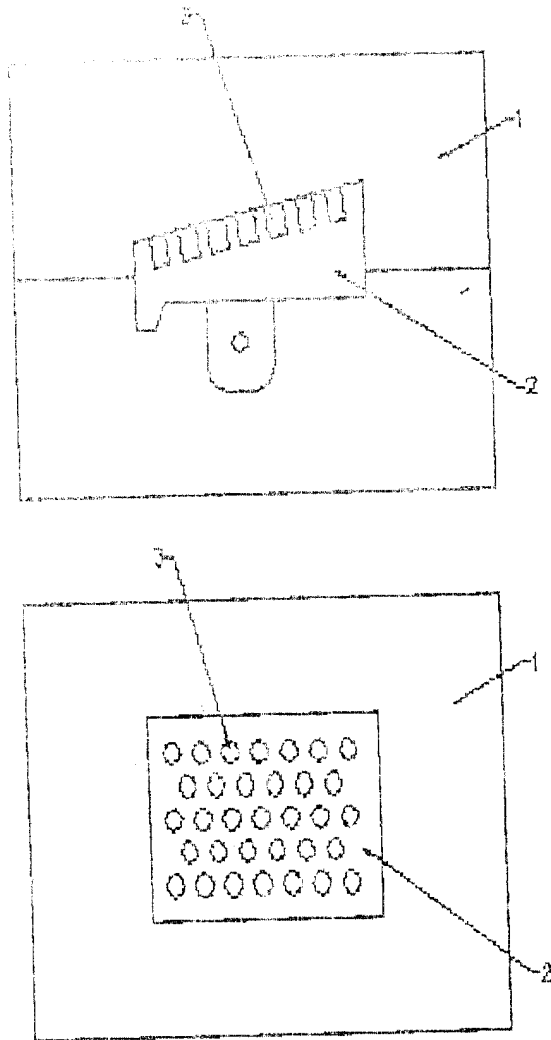


Fig. 2

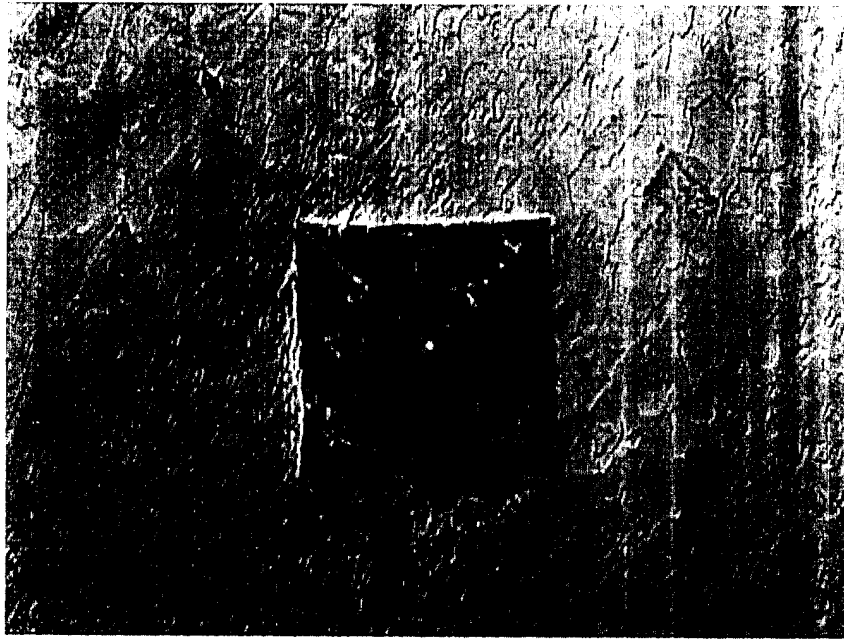


Fig.3

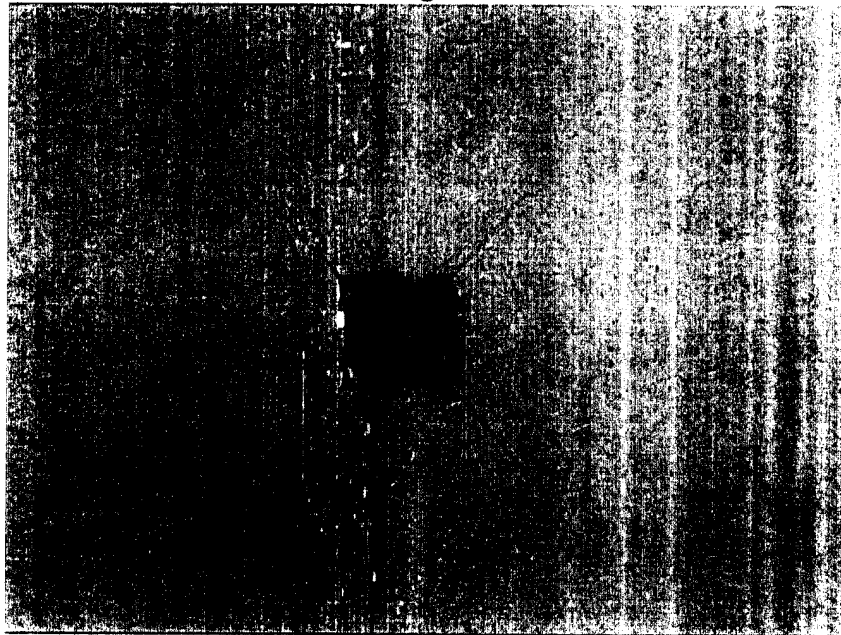


Fig.4

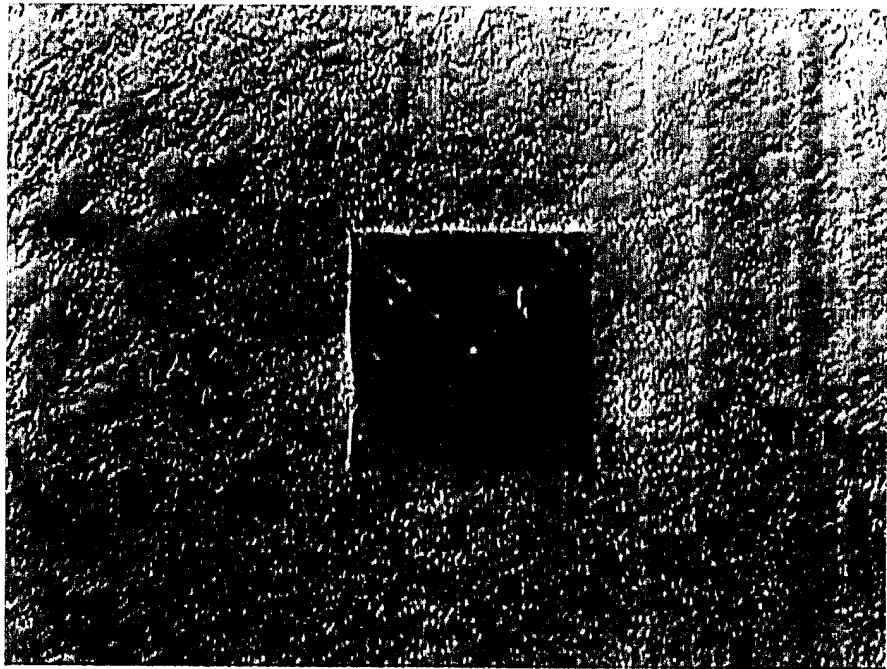


Fig.5

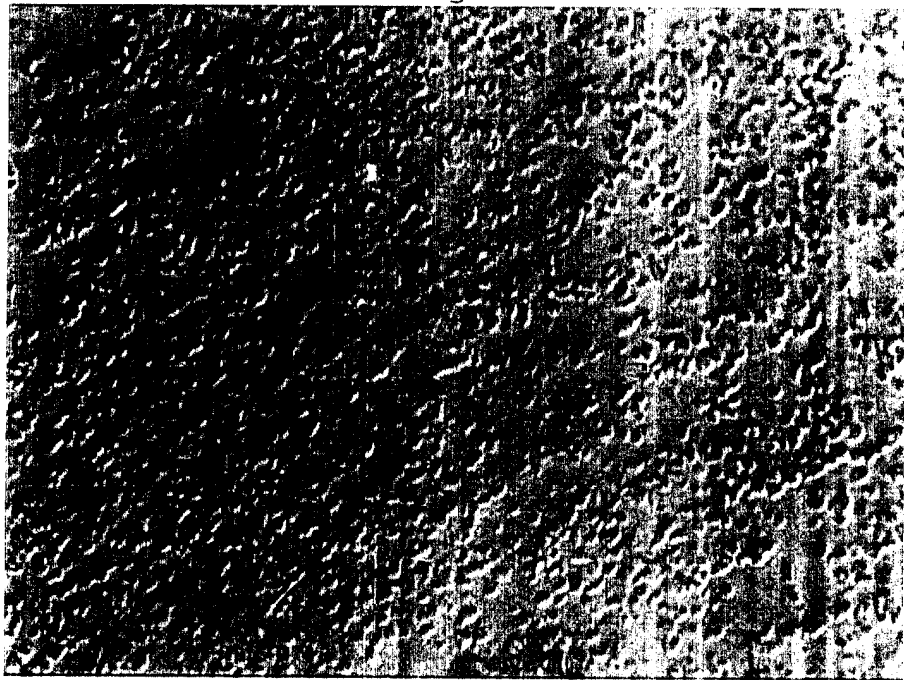


Fig.6