



(11) **EP 2 326 738 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
21.03.2012 Bulletin 2012/12

(51) Int Cl.:
C22C 47/00 (2006.01) **C22C 49/08** (2006.01)
C22C 1/05 (2006.01) **B02C 2/00** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09782200.1**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2009/060979

(22) Date de dépôt: **26.08.2009**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2010/031661 (25.03.2010 Gazette 2010/12)

(54) **CÔNE DE BROYAGE POUR CONCASSEUR A COMPRESSION**

MAHLKEGEL FÜR EINEN KOMPRESSIO NSBRECHER

MILLING CONE FOR A COMPRESSION CRUSHER

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

(30) Priorité: **19.09.2008 BE 200800519**

(43) Date de publication de la demande:
01.06.2011 Bulletin 2011/22

(73) Titulaire: **Magotteaux International SA**
4051 Vaux-sous-Chevremont (BE)

(72) Inventeur: **BERTON, Guy**
B-4210 Oteppe (BE)

(74) Mandataire: **pronovem**
Office Van Malderen
Boulevard de la Sauvenière 85/043
4000 Liège (BE)

(56) Documents cités:
EP-B- 1 450 973 WO-A-2007/138162
JP-A- 5 317 731 US-A- 5 516 053
US-A- 5 720 830 US-A- 6 123 279
US-A1- 2008 041 995

- **Journal of Materials Science Kluwer Academic Publishers USA, vol. 37, no. 18, 15 septembre 2002 (2002-09-15), pages 3881-3892, XP002529651 ISSN: 0022-2461 & DATABASE INSPEC [Online] THE INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; 15 septembre 2002 (2002-09-15), DAS K ET AL: "A review on the various synthesis routes of TiC reinforced ferrous based composites" XP002529652 Database accession no. 7485723**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description**Objet de l'invention**

5 **[0001]** La présente invention se rapporte à un cône de broyage composite pour concasseur à compression dans le domaine du concassage des roches dans les industries extractives telles que mines, carrières, cimenteries, etc., mais aussi dans l'industrie du recyclage, etc., ainsi qu'à un procédé de fabrication de tels cônes.

Définition

10 **[0002]** Dans ce document, nous entendons par « concasseur à compression », des concasseurs à cône ou des concasseurs giratoires équipés de cônes de broyage constituant la principale pièce d'usure de ces machines.

[0003] Les concasseurs à cône ou les concasseurs giratoires, disposent d'une pièce d'usure en forme de cône, appelé cône de broyage. C'est de ce type de cône qu'il est question dans la présente demande de brevet. Le cône a pour
15 fonction d'être au contact direct de la roche ou du matériau à broyer pendant la phase du procédé où de très importantes contraintes de compression sont appliquées à la matière à concasser.

[0004] Les concasseurs à compression sont utilisées dans les premières étapes de la ligne de fabrication destinée à diminuer drastiquement la dimension de la roche, dans les industries extractives (mines, carrières, cimenteries, ...) et de recyclage.

20

Etat de la technique

[0005] Peu de moyens sont connus pour modifier la dureté et la résistance à la compression d'un alliage de fonderie en profondeur « dans la masse ». Les moyens connus concernent généralement des modifications en surface de faible
25 profondeur (quelques mm). Pour les pièces réalisées en fonderie, les éléments de renfort doivent être présents en profondeur afin de résister à des sollicitations localisées importantes et simultanées en termes de contraintes mécaniques (usure, compression, impact) pour limiter l'usure et donc la consommation de la pièce pendant sa durée de vie.

[0006] Le document US 5,516,053 (Hannu) décrit une méthode d'amélioration des performances des cônes de broyage pour les concasseurs à cône, basée sur une technique de rechargement utilisant des particules dures comme du carbure de tungstène ; cette technique ne produit ses effets qu'en surface et sur une épaisseur relativement limitée.

[0007] Le document JP 53 17731 propose une solution qui consiste à alterner des zones plus résistantes et moins résistantes à l'usure, dans le sens de la génératrice d'un cône de broyage. Cette technique a pour effet de générer à la surface du cône un relief qui serait favorable à l'allongement de la durée de vie de la pièce.

[0008] Le document US 6,123,279 (Stafford) propose de renforcer les surfaces des cônes et des mâchoires en acier au manganèse au moyen d'inserts en carbure de tungstène qui sont introduits et fixés mécaniquement dans des loge-
35 ments prévus à cet effet; cette solution a pour résultat un renforcement discontinu de la surface de la pièce.

[0009] Le document WO 2007/138162 (Hellman) décrit une méthode de fabrication d'un cône faisant appel à des matériaux composites.

[0010] Le document US 2008/041995 (Hall) prévoit de renforcer la surface travaillante d'un cône avec des inserts en
40 matériaux durs.

Buts de l'invention

[0011] La présente invention divulgue un cône de broyage composite pour concasseurs à compression présentant une résistance améliorée contre l'usure tout en maintenant une bonne résistance aux chocs. Cette propriété est obtenue
45 par une structure composite de renforcement spécifiquement conçue pour cette application, matériau qui fait alterner à l'échelle millimétrique des zones denses en fines particules globulaires micrométriques de carbures métalliques avec des zones qui en sont pratiquement exemptes au sein de la matrice métallique du cône de broyage.

[0012] La présente invention propose également un procédé pour l'obtention de ladite structure de renforcement.

50

Résumé de l'invention

[0013] La présente invention divulgue un cône de broyage composite pour concasseurs à compression, ledit cône de broyage comportant un alliage ferreux renforcé au moins en partie avec du carbure de titane selon une géométrie
55 définie, dans lequel ladite partie renforcée comporte une macro-microstructure alternée de zones millimétriques de zones millimétriques concentrées en particules globulaires micrométriques de carbure de titane séparées par des zones millimétriques essentiellement exemptes de particules globulaires micrométriques de carbure de titane, lesdites zones concentrées en particules globulaires micrométriques de carbure de titane formant une microstructure dans laquelle les

interstices micrométriques entre lesdites particules globulaires sont également occupés par ledit alliage ferreux.

[0014] Selon des modes particuliers de l'invention, le cône de broyage composite comporte au moins une ou une combinaison appropriée des caractéristiques suivantes :

- 5 - lesdites zones millimétriques concentrées ont une concentration en carbures de titane supérieure à 36.9 % en volume ;
- ladite partie renforcée a une teneur globale de carbure de titane entre 16.6 et 50.5 % en volume ;
- les particules micrométriques globulaires de carbure de titane ont une taille inférieure à 50 μm ;
- la majeure partie des particules micrométriques globulaires de carbure de titane a une taille inférieure à 20 μm ;
- 10 - lesdites zones concentrées en particules globulaires de carbure de titane comportent 36.9 à 72.2 % en volume de carbure de titane ;
- lesdites zones millimétriques concentrées en carbure de titane ont une dimension variant de 1 à 12 mm ;
- lesdites zones millimétriques concentrées en carbure de titane ont une dimension variant de 1 à 6 mm ;
- lesdites zones concentrées en carbure de titane ont une dimension variant de 1.4 à 4 mm.

[0015] La présente invention divulgue également un procédé de fabrication du cône de broyage composite selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 comportant les étapes suivantes:

- 20 - mise à disposition d'un moule comportant l'empreinte du cône de broyage avec une géométrie de renforcement prédéfinie ;
- introduction, dans la partie de l'empreinte du cône de broyage destiné à former la partie renforcée (5), d'un mélange de poudres compactées comportant du carbone et du titane sous forme de granulés millimétriques précurseurs de carbure de titane ;
- coulée d'un alliage ferreux dans le moule, la chaleur de ladite coulée déclenchant une réaction exothermique de
- 25 - synthèse auto-propagée de carbure de titane à haute température (SHS) au sein desdits granulés précurseurs ;
- formation, au sein de la partie renforcée du cône de broyage composite d'une macro-microstructure alternée de zones millimétriques concentrées en particules globulaires micrométriques de carbure de titane à l'emplacement desdits granulés précurseurs, lesdites zones étant séparées entre elles par des zones millimétriques essentiellement
- 30 - exemptes de particules globulaires micrométriques de carbure de titane, lesdites particules globulaires étant également séparées au sein desdites zones millimétriques concentrées de carbure de titane par des interstices micrométriques ;
- infiltration des interstices millimétriques et micrométriques par ledit alliage ferreux de coulée à haute température, consécutive à la formation de particules microscopiques globulaires de carbure de titane.

[0016] Selon des modes particuliers de l'invention, le procédé comporte au moins une ou une combinaison appropriée des caractéristiques suivantes :

- les poudres compactées de titane et de carbone comportent une poudre d'un alliage ferreux ;
- ledit carbone est du graphite.

[0017] La présente invention divulgue également un cône de broyage composite obtenu selon le procédé de l'une quelconque des revendications 11 à 13.

Breve description des figures

[0018] Les figures 1 et 2 montrent une vue globale en trois dimensions des différents types de machines dans lesquelles sont utilisés des cônes de broyage selon la présente invention.

[0019] La figure 3 montre une vue en trois dimensions d'un cône de broyage et la manière dont le(s) renforcement (s) peu(ven)t être disposé(s) de manière à atteindre le but recherché. (géométrie de renforcement)

[0020] La figure 4a-4h représente schématiquement le procédé de fabrication d'un cône selon l'invention.

- l'étape 4a montre le dispositif de mélange des poudres de titane et de carbone ;
- l'étape 4b montre la compaction des poudres entre deux rouleaux suivie d'un concassage et d'un tamisage avec recyclage des particules trop fines ;
- 55 - la figure 4c montre un moule de sable dans lequel on a placé un barrage pour contenir les granulés de poudre compactée à l'endroit du renforcement de la barre de blindage pour le concasseur à mâchoire ;
- la figure 4d montre un agrandissement de la zone de renforcement dans laquelle se trouvent les granulés compactés comportant les réactifs précurseurs du TiC ;

- l'étape 4e montre la coulée de l'alliage ferreux dans le moule ;
- la figure 4f montre schématiquement un cône de broyage qui est le résultat de la coulée ;
- la figure 4g montre un agrandissement des zones à forte concentration en nodules de TiC ;
- la figure 4h montre un agrandissement au sein d'une même zone à forte concentration en nodules de TiC. Les nodules micrométriques sont individuellement entourés par le métal de coulée.

[0021] La figure 5 représente une vue au binoculaire d'une surface polie, non attaquée, d'une coupe de la partie renforcée d'un cône selon l'invention avec des zones millimétriques (en gris clair) concentrées en carbure de titane globulaire micrométrique (nodules de TiC). La partie sombre représente la matrice métallique (acier ou fonte) remplissant à la fois l'espace entre ces zones concentrées en carbure de titane globulaire micrométrique mais aussi les espaces entre les globules eux-mêmes.

[0022] Les figures 6 et 7 représentent des vues prises au microscope électronique SEM de carbure de titane globulaires micrométrique sur des surfaces polies et non attaquées à des grossissements différents. On voit que dans ce cas particulier la plupart des globules de carbure de titane ont une taille inférieure à 10 μm .

[0023] La figure 8 représente une vue de carbure de titane globulaire micrométrique sur une surface de rupture prise au microscope électronique SEM. On voit que les globules de carbure de titane sont parfaitement incorporés dans la matrice métallique. Ceci prouve que le métal de coulée infiltre (imprègne) complètement les pores lors de la coulée une fois que la réaction chimique entre le titane et le carbone est initiée.

Légende

[0024]

1. zones millimétriques concentrées en particules globulaires (nodules) micrométriques de carbure de titane
2. interstices millimétriques remplis par l'alliage de coulée globalement exempts de particules globulaires micrométriques de carbure de titane
3. interstices micrométriques entre les nodules de TiC également infiltrés par l'alliage de coulée
4. carbure de titane globulaire micrométrique, dans les zones concentrées en carbure de titane
5. renfort de carbure de titane
6. défauts de gaz
7. cône avec renforcement selon l'invention
8. mélangeur de poudres de Ti et de C
9. trémie
10. rouleau
11. broyeur
12. grille de sortie
13. tamis
14. recyclage des particules trop fines vers la trémie
15. moule de sable
16. barrage contenant les granulés compactés de mélange Ti/C
17. poche de coulée
18. cône (schématique)

Description détaillée de l'invention

[0025] En science des matériaux, on appelle réaction SHS ou « self-propagating high temperature synthesis », une réaction de synthèse à haute température auto-propagée où l'on atteint des températures de réaction généralement supérieures à 1500°C, voire 2000°C. Par exemple, la réaction entre de la poudre de titane et de la poudre de carbone pour obtenir le carbure de titane TiC, est fortement exothermique. On a uniquement besoin d'un peu d'énergie pour initier localement la réaction. Ensuite, la réaction se propagera spontanément à la totalité du mélange des réactifs grâce aux hautes températures atteintes. Après initiation de la réaction, on a un front de réaction qui se propage ainsi spontanément (auto-propagée) et qui permet l'obtention du carbure de titane à partir du titane et du carbone. Le carbure de titane ainsi obtenu est dit « obtenu in situ » car il ne provient pas de l'alliage ferreux coulé.

[0026] Les mélanges de poudres de réactif comportent de la poudre de carbone et de la poudre de titane et sont comprimés en plaques et ensuite concassés afin d'obtenir des granulés dont la taille varie de 1 à 12 mm, de préférence de 1 à 6 mm, et de manière particulièrement préférée de 1.4 à 4 mm. Ces granulés ne sont pas compactés à 100 %. On les comprime généralement entre 55 et 95 % de la densité théorique. Ces granulés permettent une utilisation/manipulation aisée (voir Fig. 3a-3h).

[0027] Ces granulés millimétriques de poudres de carbone et de titane mélangées obtenus selon les schémas de la figure 4a-4h constituent les précurseurs du carbure de titane à créer et permettent de remplir facilement des parties de moules de formes diverses ou irrégulières. Ces granulés peuvent être maintenus en place dans le moule 15 à l'aide d'un barrage 16, par exemple. La mise en forme ou l'assemblage de ces granulés peut également se faire à l'aide d'une colle.

[0028] Le cône de broyage composite selon la présente invention possède une macro-microstructure de renforcement que l'on peut encore appeler structure alternée de zones concentrées en particules micrométriques globulaires de carbure de titane séparées par des zones qui en sont pratiquement exemptes. Une telle structure est obtenue par la réaction dans le moule 15 des granulés comportant un mélange de poudres de carbone et de titane. Cette réaction est initiée par la chaleur de la coulée de la fonte ou de l'acier utilisés pour couler toute la pièce et donc à la fois la partie non renforcée et la partie renforcée (voir Fig. 3e). La coulée déclenche donc une réaction exothermique de synthèse auto-propagée à haute température du mélange de poudres de carbone et de titane compactées sous forme de granulés (self-propagating high-temperature synthesis - SHS) et préalablement placées dans le moule 15. La réaction a alors la particularité de continuer à se propager dès qu'elle est initiée.

[0029] Cette synthèse à haute température (SHS) permet une infiltration aisée de tous les interstices millimétriques et micrométriques par la fonte ou l'acier de coulée (Fig. 4g & 4h). En augmentant la mouillabilité, l'infiltration peut se faire sur n'importe quelle épaisseur ou profondeur de renforcement du cône de broyage. Elle permet avantageusement de créer, après réaction SHS et infiltration par un métal de coulée extérieur, une ou plusieurs zones de renfort sur le cône de broyage comportant une forte concentration de particules globulaires micrométriques de carbure de titane (que l'on pourrait encore appeler des clusters de nodules), lesquelles zones ayant une taille de l'ordre du millimètre ou de quelques millimètres, et qui alternent avec des zones substantiellement exemptes de carbure de titane globulaire.

[0030] Une fois que ces granulés ont réagi selon une réaction SHS, les zones de renforcement où se trouvaient ces granulés montrent une dispersion concentrée de particules globulaires micrométriques 4 de carbure TiC (globules) dont les interstices micrométriques 3 ont été également infiltrés par le métal de coulée qui est ici de la fonte ou de l'acier. Il est important de remarquer que les interstices millimétriques et micrométriques sont infiltrés par la même matrice métallique que celle qui constitue la partie non renforcée du cône de broyage; ceci permet une liberté totale de choix du métal de coulée. Dans le cône de broyage finalement obtenu, les zones de renfort à forte concentration de carbure de titane sont composées de particules micrométriques globulaires de TiC en pourcentage important (entre environ 35 et environ 70 % en volume) et de l'alliage ferreux d'infiltration.

[0031] Par particules globulaires micrométriques, il faut entendre des particules globalement sphéroïdales qui ont une taille allant du μm à quelques dizaines de μm tout au plus, la grande majorité de ces particules ayant une taille inférieure à 50 μm , et même à 20 μm , voire à 10 μm . Nous les appelons également des globules de TiC. Cette forme globulaire est caractéristique d'une méthode d'obtention du carbure de titane par synthèse auto-propagée SHS (voir Fig. 7).

Obtention des granulés (version Ti + C) pour le renforcement du cône de broyage

[0032] Le procédé d'obtention des granulés est illustré à la figure 4a-4h. Les granulés de réactifs carbone/titane sont obtenus par compaction entre des rouleaux 10 afin d'obtenir des bandes que l'on concasse ensuite dans un concasseur 11. Le mélange des poudres est fait dans un mélangeur 8 constitué d'une cuve munie de pales, afin de favoriser l'homogénéité. Le mélange passe ensuite dans un appareil de granulation par une trémie 9. Cette machine comprend deux rouleaux 10, au travers desquels on fait passer la matière. Une pression est appliquée sur ces rouleaux 10, ce qui permet de comprimer la matière. On obtient à la sortie une bande de matière comprimée qui est ensuite concassée afin d'obtenir les granulés. Ces granulés sont ensuite tamisés à la granulométrie souhaitée dans un tamis 13. Un paramètre important est la pression appliquée sur les rouleaux. Au plus cette pression est élevée, au plus la bande, et donc les granulés seront comprimés. On peut ainsi faire varier la densité des bandes, et par conséquent des granulés, entre 55 et 95 % de la densité théorique qui est de 3.75 g/cm³ pour le mélange stoechiométrique de titane et de carbone. La densité apparente (tenant compte de la porosité) se situe alors entre 2.06 et 3.56 g/cm³.

[0033] Le degré de compaction des bandes dépend de la pression appliquée (en Pa) sur les rouleaux (diamètre 200 mm, largeur 30 mm). Pour un bas niveau de compaction, de l'ordre de 10⁶ Pa, on obtient une densité sur les bandes de l'ordre de 55 % de la densité théorique. Après le passage à travers les rouleaux 10 pour comprimer cette matière, la densité apparente des granulés est de 3.75 x 0.55, soit 2.06 g/cm³.

[0034] Pour un haut niveau de compaction, de l'ordre de 25.10⁶ Pa, on obtient une densité sur les bandes de 90 % de la densité théorique, soit une densité apparente de 3.38 g/cm³. En pratique on peut aller jusqu'à 95 % de la densité théorique.

[0035] Par conséquent, les granulés obtenus à partir de la matière première Ti + C sont poreux. Cette porosité varie de 5 % pour les granulés très fortement comprimés, à 45 % pour les granulés faiblement comprimés.

[0036] Outre le niveau de compaction, il est également possible de régler la répartition granulométrique des granulés ainsi que leur forme lors de l'opération de concassage des bandes et de tamisage des granulés de Ti+C. On recycle à

volonté les fractions granulométriques non désirées (voir Fig. 4b). Les granulés obtenus ont globalement une taille entre 1 et 12 mm, de préférence entre 1 et 6 mm, et de manière particulièrement préférée entre 1.4 et 4 mm.

Réalisation de la zone de renfort dans le cône de broyage composite selon invention

[0037] Les granulés sont réalisés comme exposé ci-dessus. Pour obtenir une structure tridimensionnelle ou superstructure/macro-microstructure avec ces granulés, on les dispose dans les zones du moule où l'on souhaite renforcer la pièce. Ceci est réalisé en agglomérant les granulés soit au moyen d'une colle, soit en les confinant dans un récipient, ou par tout autre moyen (barrage 16).

La densité en vrac de l'empilement des granulés de Ti + C est mesurée selon la norme ISO 697 et dépend du niveau de compaction des bandes, de la répartition granulométrique des granulés et du mode de concassage des bandes, qui influence la forme des granulés.

La densité en vrac de ces granulés de Ti + C est généralement de l'ordre de 0.9 g/cm³ à 2.5 g/cm³ en fonction du niveau de compaction de ces granulés et de la densité de l'empilement.

[0038] Avant réaction, on a donc un empilement de granulés poreux composés d'un mélange de poudre de titane et de poudre de carbone.

[0039] Lors de la réaction $Ti + C \rightarrow TiC$, il se produit une contraction volumétrique de l'ordre de 24 % quand on passe des réactifs au produit (contraction venant de la différence de densité entre les réactifs et les produits). Ainsi, la densité théorique du mélange Ti + C est de 3.75 g/cm³ et la densité théorique du TiC est de 4.93 g/cm³. Dans le produit final, après la réaction d'obtention du TiC, le métal de coulée infiltrera :

- la porosité microscopique présente dans les espaces à forte concentration en carbure de titane, dépendant du niveau de compaction initial de ces granulés ;
- les espaces millimétriques entre les zones à forte concentration en carbure de titane, dépendant de l'empilement initial des granulés (densité en vrac) ;
- la porosité venant de la contraction volumétrique lors de la réaction entre Ti + C pour obtenir le TiC.

Exemples

[0040] Dans les exemples qui suivent, on a utilisé les matières premières suivantes :

- titane, H.C. STARCK, Amperit 155.066, moins de 200 mesh,
- carbone graphite GK Kropfmuhl, UF4, > 99.5 %, moins de 15 µm,
- Fe, sous la forme Acier HSS M2, moins de 25 µm,
- proportions :
 - Ti + C 100 g Ti - 24.5 g C
 - Ti + C + Fe 100 g Ti - 24.5 g C - 35.2 g Fe Mélange 15 min dans mélangeur Lindor, sous argon.

La granulation, a été effectuée avec un granulateur Sahut-Conreur.

Pour les mélanges Ti+c+Fe et Ti+C, la compacité des granulés a été obtenue en faisant varier la pression entre les rouleaux de 10 à 250.10⁵ Pa.

Le renforcement a été effectué en plaçant des granulés dans un container métallique, qui est ensuite judicieusement placé dans le moule à l'endroit où le cône de broyage est susceptible d'être renforcé. Ensuite on coule l'acier ou la fonte dans ce moule.

Exemple 1

[0041] Dans cet exemple, on vise à réaliser un cône de broyage dont les zones renforcées comportent un pourcentage en volume global de TiC d'environ 42 %. A cette fin, on réalise une bande par compaction à 85 % de la densité théorique d'un mélange de C et de Ti. Après concassage, les granulés sont tamisés de manière à obtenir une dimension de granulés située entre 1.4 et 4 mm. On obtient une densité en vrac de l'ordre de 2.1 g/cm³ (35 % d'espace entre les granulés + 15 % de porosité dans les granulés).

[0042] on dispose les granulés dans le moule à l'endroit de la partie à renforcer qui comporte ainsi 65 % en volume de granulés poreux. On coule ensuite une fonte au chrome (3 % C, 25 % Cr) à environ 1500°C dans un moule en sable non préchauffé. La réaction entre le Ti et le C est initiée par la chaleur de la fonte. Cette coulée se fait sans atmosphère de protection. Après réaction, on obtient dans la partie renforcée 65 % en volume de zones avec une forte concentration d'environ 65 % en carbure de titane globulaire, soit 42 % en volume global de TiC dans la partie renforcée du cône de

broyage.

Exemple 2

[0043] Dans cet exemple, on vise à réaliser un cône de broyage dont les zones renforcées comportent un pourcentage en volume global de TiC d'environ 30 %. A cette fin, on réalise une bande par compaction à 70 % de la densité théorique d'un mélange de C et de Ti. Après concassage, les granulés sont tamisés de manière à obtenir une dimension de granulés située entre 1.4 et 4 mm. On obtient une densité en vrac de l'ordre de 1.4 g/cm³ (45 % d'espace entre les granulés + 30 % de porosité dans les granulés). On dispose les granulés dans la partie à renforcer qui comporte ainsi 55 % en volume de granulés poreux. Après réaction, on obtient, dans la partie renforcée, 55 % en volume de zones avec une forte concentration d'environ 53 % en carbure de titane globulaire, soit environ 30 % en volume global de TiC dans la partie renforcée du cône de broyage.

Exemple 3

[0044] Dans cet exemple, on vise à réaliser un cône de broyage dont les zones renforcées comportent un pourcentage en volume global de TiC d'environ 20 %. A cette fin, on réalise une bande par compaction à 60 % de la densité théorique d'un mélange de C et de Ti. Après concassage, les granulés sont tamisés de manière à obtenir une dimension de granulés située 1 et 6 mm. On obtient une densité en vrac de l'ordre de 1.0 g/cm³ (55 % d'espace entre les granulés + 40 % de porosité dans les granulés). On dispose les granulés dans la partie à renforcer qui comporte ainsi 45 % en volume de granulés poreux. Après réaction, on obtient dans la partie renforcée 45 % en volume de zones concentrées à environ 45 % en carbure de titane globulaire, soit 20 % en volume global de TiC dans la partie renforcée du cône de broyage.

Exemple 4

[0045] Dans cet exemple, on a cherché à atténuer l'intensité de la réaction entre le carbone et le titane en y ajoutant un alliage ferreux en poudre. Comme dans l'exemple 2, on vise à réaliser un cône de broyage dont les zones renforcées comportent un pourcentage en volume global de TiC d'environ 30 %. A cette fin, on réalise une bande par compaction à 85 % de la densité théorique d'un mélange en poids de 15 % de C, 63 % de Ti et 22 % de Fe. Après concassage, les granulés sont tamisés de manière à obtenir une dimension de granulés située entre 1.4 et 4 mm. On obtient une densité en vrac de l'ordre de 2 g/cm³ (45 % d'espace entre les granulés + 15 % de porosité dans les granulés). On dispose les granulés dans la partie à renforcer qui comporte ainsi 55 % en volume de granulés poreux. Après réaction, on obtient dans la partie renforcée 55 % en volume de zones avec une forte concentration d'environ 55 % en carbure de titane globulaire, soit 30 % en volume de carbure de titane global dans la macro-microstructure renforcée du cône de broyage.

[0046] Les tableaux suivants montrent les nombreuses combinaisons possibles.

[0047]

Tableau 1 (Ti + 0.98 C)

Pourcentage global de TiC obtenu dans la macro-microstructure renforcée après réaction Ti + 0.98 C dans la partie renforcée du cône de broyage										
Compaction des granulés (% de la densité théorique qui est de 3,75 g/cm ³)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Remplissage de la partie renforcée de la pièce (% vol.)	70	29.3	31.9	34.6	37.2	39.9	42.6	45.2	47.9	50.5
	65	27.2	29.6	32.1	34.6	37.1	39.5	42.0	44.5	46.9
	55	23.0	25.1	27.2	29.3	31.4	33.4	35.5	37.6	39.7
	45	18.8	20.5	22.2	23.9	25.7	27.4	29.1	30.8	32.5

Ce tableau montre qu'avec un niveau de compaction allant de 55 à 95 % pour les bandes et donc les granulés, on peut pratiquer des niveaux de remplissage en granulés dans la partie renforcée du cône de broyage allant de 45 à 70 % en volume (rapport entre le volume total des granulés et le volume de leur confinement). Ainsi, pour obtenir une concentration globale en TiC dans la partie renforcée d'environ 29 % vol. (en lettres grasses dans le tableau), on peut procéder à

EP 2 326 738 B1

différentes combinaisons comme par exemple 60 % de compaction et 55 % de remplissage, ou 70 % de compaction et 55 % de remplissage, ou encore 85 % de compaction et 45 % de remplissage. Pour obtenir des niveaux de remplissage en granulés dans la partie renforcée allant jusqu'à 70 % en volume, on est obligé d'appliquer une vibration pour tasser les granulés. Dans ce cas, la norme ISO 697 pour la mesure du taux de remplissage n'est plus applicable et on mesure la quantité de matière dans un volume donné.

[0048]

Tableau 2

Relation entre le niveau de compaction, la densité théorique et le pourcentage de TiC obtenu après réaction dans le granulé									
Compaction des granulés	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Densité en g/cm ³	2.06	2.25	2.44	2.63	2.81	3.00	3.19	3.38	3.56
TiC obtenu après réaction (et concentration) en % vol. dans les granulés	41.8	45.6	49.4	53.2	57.0	60.8	64.6	68.4	72.2

Ici nous avons représenté la densité des granulés en fonction de leur niveau de compaction et on en a déduit le pourcentage volumique de TiC obtenu après réaction et donc contraction d'environ 24 % vol. Des granulés compactés à 95 % de leur densité théorique permettent donc d'obtenir après réaction, une concentration de 72.2 % vol. en TiC.

[0049]

Tableau 3

Densité en vrac de l'empilement des granulés										
Compaction		55	60	65	70	75	80	85	90	95
Remplissage de la partie renforcée de la pièce en % vol	70	1.4	1.6	1.7	1.8	2	2.1	2.2	2.4	2.5
	65	1.3*	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3
	55	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0
	45	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
(*) Densité en vrac (1.3) = densité théorique (3.75 g/cm ³) x 0.65 (remplissage) x 0.55 (compaction)										

En pratique, ces tableaux servent d'abaques à l'utilisateur de cette technologie, qui se fixe un pourcentage global de TiC à réaliser dans la partie renforcée du cône de broyage et qui en fonction de cela détermine le niveau de remplissage et la compaction des granulés qu'il va utiliser. Les mêmes tableaux ont été réalisés pour un mélange de poudres Ti + C + Fe.

Ti + 0.98 C + Fe

[0050] Ici, l'inventeur a visé un mélange permettant d'obtenir 15% en volume de fer après réaction. La proportion de mélange qui a été utilisée est de :
100g Ti + 24.5g C + 35.2g Fe

Nous entendons par poudre de fer : fer pur ou alliage de fer.

Densité théorique du mélange : 4.25g/cm³

Retrait volumétrique lors de la réaction : 21 %

[0051]

Tableau 4

Pourcentage global de TiC obtenu dans la macro-microstructure renforcée après réaction $\text{Ti} + 0.98 \text{ C} + \text{Fe}$ dans la partie renforcée du cône de broyage

Compaction des granulés (% de la densité théorique qui est de 4.25 g/cm ³)		55	60	65	70	75	80	85	90	95
Remplissage de la partie renforcée de la pièce (% vol)	70	25.9	28.2	30.6	32.9	35.5	37.6	40.0	42.3	44.7
	65	24.0	26.2	28.4	30.6	32.7	34.9	37.1	39.3	41.5
	55	20.3	22.2	24.0	25.9	27.7	29.5	31.4	33.2	35.1
	45	16.6	18.1	19.6	21.2	22.7	24.2	25.7	27.2	28.7

A nouveau, pour obtenir une concentration globale en TiC dans la partie renforcée d'environ 26 % vol (en lettres grasses dans le tableau), on peut procéder à différentes combinaisons comme par exemple 55 % de compaction et 70 % de remplissage, ou 60 % de compaction et 65 % de remplissage, ou 70 % de compaction et 55 % de remplissage, ou encore 85 % de compaction et 45 % de remplissage.

[0052]

Tableau 5

Relation entre le niveau de compaction, la densité théorique et le pourcentage de TiC, obtenue après réaction dans le granulé en tenant compte de la présence de fer

Compaction des granulés	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Densité en g/cm ³	2.34	2.55	2.76	2.98	3.19	3.40	3.61	3.83	4.04
TiC obtenu après réaction (et contraction) en %vol. dans les granulés	36.9	40.3	43.6	47.0	50.4	63.7	57.1	60.4	63.8

[0053]

Tableau 6

Densité en vrac de l'empilement des granulés (Ti + C + Fe)

Compaction		55	60	65	70	75	80	85	90	95
Remplissage de la partie renforcée de la pièce en % vol.	70	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8
	65	1.5*	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6
	55	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
	45	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8

(*) Densité en vrac (1.5) = densité théorique (4.25) x 0.65 (remplissage) x 0.55 (compaction)

Avantages

[0054] La présente invention présente les avantages suivants par rapport à l'état de la technique en général:

Meilleure résistance aux chocs

[0055] Avec le présent procédé, on a des granulés millimétriques poreux qui sont sertis dans l'alliage métallique d'infiltration. Ces granulés millimétriques sont eux-mêmes composés de particules microscopiques de TiC à tendance globulaire également sertis dans l'alliage métallique d'infiltration. Ce système permet d'obtenir un cône de broyage avec une zone de renfort comportant une macrostructure au sein de laquelle il y a une microstructure identique à une échelle environ mille fois plus petite.

[0056] Le fait que la zone de renfort du cône de broyage comporte des petites particules globulaires de carbure de titane, dures et finement dispersées dans une matrice métallique qui les entoure, permet d'éviter la formation et la propagation des fissures (voir Fig. 4 & 6). On a ainsi un double système dissipatif des fissures.

[0057] Les fissures prennent généralement naissance aux endroits les plus fragiles, qui sont dans ce cas la particule de TiC ou l'interface entre cette particule et l'alliage métallique d'infiltration. Si une fissure prend naissance à l'interface ou dans la particule micrométrique de TiC, la propagation de cette fissure est ensuite entravée par l'alliage d'infiltration qui entoure cette particule. La ténacité de l'alliage d'infiltration est supérieure à celle de la particule céramique TiC. La fissure a besoin de plus d'énergie pour passer d'une particule à l'autre, pour franchir les espaces micrométriques qui existent entre les particules.

Flexibilité maximale pour les paramètres de mise en oeuvre

[0058] Outre le niveau de compaction des granulés, on peut faire varier deux paramètres qui sont la fraction granulométrique et la forme des granulés, et donc leur densité en vrac. Par contre, dans une technique de renforcement par insert, on ne peut faire varier que le niveau de compaction de celui-ci dans une plage limitée. Au niveau de la forme que l'on souhaite donner au renforcement, compte tenu du design du cône de broyage et de l'endroit que l'on souhaite renforcer, l'utilisation de granulés permet davantage de possibilités et d'adaptation. (voir figure 3)

Avantages au niveau de la fabrication

[0059] L'utilisation comme renforcement d'un empilement de granulés poreux, présente certains avantages au niveau de la fabrication :

- moins de dégagement gazeux,
- moindre susceptibilité à la clique,
- meilleure localisation du renforcement dans le cône de broyage.

La réaction entre le Ti et le C est fortement exothermique. L'élévation de température provoque un dégazage des réactif, c'est-à-dire des matières volatiles comprises dans les réactifs (H_2O dans le carbone, H_2 , N_2 dans le titane). Au plus la température de réaction est élevée, au plus ce dégagement est important. La technique par granulés permet de limiter la température, de limiter le volume gazeux et permet une évacuation plus facile des gaz et ainsi de limiter les défauts de gaz. (voir Fig. 9 avec bulle de gaz indésirable).

Faible susceptibilité à la crique lors de la fabrication du cône de broyage selon l'invention

[0060] Le coefficient de dilatation du renforcement TiC est plus faible que celui de la matrice en alliage ferreux (coefficient de dilatation du TiC : $7.5 \cdot 10^{-6}/K$ et de l'alliage ferreux : environ $12.0 \cdot 10^{-5}/K$). Cette différence dans les coefficients de dilatation a pour conséquence de générer des tensions dans le matériau pendant la phase de solidification et aussi lors du traitement thermique. Si ces tensions sont trop importantes, des criques peuvent apparaître dans la pièce et conduire au rebut de celle-ci. Dans la présente invention, on utilise une faible proportion de renforcement TiC (moins de 50 % en volume), ce qui entraîne moins de tensions dans la pièce. De plus, la présence d'une matrice plus ductile entre les particules globulaires micrométriques de TiC en zones alternées de faible et de forte concentration permet de mieux gérer d'éventuelles tensions locales.

Excellent maintien du renforcement dans le cône de broyage

[0061] Dans la présente invention, la frontière entre la partie renforcée et la partie non renforcée du cône de broyage

n'est pas abrupte puisqu'il y a une continuité de la matrice métallique entre la partie renforcée et la partie non renforcée, ce qui permet de la protéger contre un arrachage complet du renforcement.

Résultats de tests

[0062] Trois tests ont été effectués avec des cônes du type de celui représenté à la figure 3.

Test 1

concasseur secondaire

[0063] matériau concassé : agrégats, abrasivité élevée augmentation de la durée de vie du cône renforcé par rapport à un cône en acier au manganèse : 50%

Test 2

concasseur secondaire

[0064] matériau concassé : agrégats, abrasivité moyenne augmentation de la durée de vie du cône renforcé par rapport à un cône en acier au manganèse : 130%

Test 3

concasseur secondaire

[0065] matériau concassé : agrégats, abrasivité moyenne augmentation de la durée de vie du cône renforcé par rapport à un cône en acier au manganèse : 170%

Revendications

1. Cône de broyage composite pour concasseurs à compression ledit cône de broyage comportant un alliage ferreux renforcé au moins en partie (5) avec du carbure de titane selon une géométrie définie, dans lequel ladite partie renforcée (5) comporte une macro-microstructure alternée de zones millimétriques (1) concentrées en particules globulaires micrométriques de carbure de titane (4) séparées par des zones millimétriques (2) essentiellement exemptes de particules globulaires micrométriques de carbure de titane (4), lesdites zones concentrées en particules globulaires micrométriques de carbure de titane (4) formant une microstructure dans laquelle les interstices micrométriques (3) entre lesdites particules globulaires (4) sont également occupés par ledit alliage ferreux.
2. Cône de broyage selon la revendication 1, dans lequel lesdites zones millimétriques concentrées ont une concentration en particules globulaires micrométriques de carbure de titane (4) supérieure à 36.9 % en volume.
3. Cône de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel ladite partie renforcée a une teneur globale de carbure de titane entre 16.6 et 50.5 % en volume.
4. Cône de broyage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les particules micrométriques globulaires de carbure de titane (4) ont une taille inférieure à 50 μm.
5. Cône de broyage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la majeure partie des particules micrométriques globulaires de carbure de titane (4) a une taille inférieure à 20 μm.
6. Cône de broyage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel lesdites zones concentrées en particules globulaires de carbure de titane (1) comportent 36.9 à 72.2 % en volume de carbure de titane.
7. Cône de broyage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel lesdites zones concentrées en carbure de titane (1) ont une dimension variant de 1 à 12 mm.
8. Cône de broyage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel lesdites zones concentrées

en carbure de titane (1) ont une dimension variant de 1 à 6 mm.

9. Cône de broyage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel lesdites zones concentrées en carbure de titane (1) ont une dimension variant de 1.4 à 4 mm.

10. Procédé de fabrication par coulée d'un cône de broyage composite selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comportant les étapes suivante :

- mise à disposition d'un moule comportant l'empreinte du cône de broyage avec une géométrie de renforcement prédéfinie ;
- introduction, dans la partie de l'empreinte du cône de broyage destinée à former la partie renforcée (5), d'un mélange de poudres compactées comportant du carbone et du titane sous forme de granulés millimétriques précurseurs de carbure de titane ;
- coulée d'un alliage ferreux dans le moule, la chaleur de ladite coulée déclenchant une réaction exothermique de synthèse auto-propagée de carbure de titane à haute température (SHS) au sein desdits granulés précurseurs ;
- formation, au sein de la partie renforcée (5) du cône de broyage d'une macro-microstructure alternée de zones millimétriques concentrées (1) en particules globulaires micrométriques de carbure de titane (4) à l'emplacement desdits granulés précurseurs, lesdites zones étant séparées entre elles par des zones millimétriques (2) essentiellement exemptes de particules globulaires micrométriques de carbure de titane (4), lesdites particules globulaires (4) étant également séparées au sein desdites zones millimétriques concentrées (1) de carbure de titane par des interstices micrométriques (3) ;
- infiltration des interstices millimétriques (2) et micrométriques (3) par ledit alliage ferreux de coulée à haute température, consécutive à la formation de particules microscopiques globulaires de carbure de titane (4).

11. Procédé de fabrication selon la revendication 10, dans lequel le mélange de poudres compactées de titane et de carbone comporte une poudre d'un alliage ferreux.

12. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 10 ou 11, dans lequel ledit carbone est du graphite.

13. Cône de broyage obtenu selon l'une quelconque des revendications 10 à 12.

Claims

1. A composite milling cone for compression crushers, said milling cone comprising a ferrous alloy at least partially reinforced (5) with titanium carbide according to a defined geometry, wherein said reinforced portion (5) comprises an alternating macro-microstructure of millimetric areas (1) concentrated with micrometric globular particles of titanium carbide (4) separated by millimetric areas (2) essentially free of micrometric globular particles of titanium carbide (4), said areas concentrated with micrometric globular particles of titanium carbide (4) forming a microstructure in which the micrometric interstices (3) between said globular particles (4) are also filled by said ferrous alloy.
2. The milling cone according to claim 1, wherein said millimetric concentrated areas have a concentration of micrometric globular particles of titanium carbide (4) greater than 36.9% by volume.
3. The milling cone according to any of claims 1 or 2, wherein said reinforced portion has a global titanium carbide content between 16.6 and 50.5% by volume.
4. The milling cone according to any of the preceding claims, wherein the micrometric globular particles of titanium carbide (4) have a size of less than 50 μm.
5. The milling cone according to any of the preceding claims, wherein the major portion of the micrometric globular particles of titanium carbide (4) has a size of less than 20 μm.
6. The milling cone according to any of the preceding claims, wherein said areas concentrated with globular particles of titanium carbide (1) comprise 36.9 to 72.2% by volume of titanium carbide.
7. The milling cone according to any of the preceding claims, wherein said areas concentrated with titanium carbide

(1) have a dimension varying from 1 to 12 mm.

8. The milling cone according to any of the preceding claims, wherein said areas concentrated in titanium carbide (1) have a dimension varying from 1 to 6 mm.

9. The milling cone according to any of the preceding claims, wherein said areas concentrated in titanium carbide (1) have a dimension varying from 1.4 to 4 mm.

10. A method for manufacturing by casting a composite milling cone according to any of claims 1 to 9, comprising the following steps:

- providing a mold comprising the imprint of the milling cone with a predefined reinforcement geometry;
- introducing, into the portion of the imprint of the milling cone intended to form the reinforced portion (5), a mixture of compacted powders comprising carbon and titanium in the form of millimetric granules precursor of titanium carbide;
- casting a ferrous alloy into the mold, the heat of said casting triggering an exothermic self-propagating high temperature synthesis (SHS) of titanium carbide within said precursor granules;
- forming, within the reinforced portion (5) of the milling cone, an alternating macro-microstructure of millimetric areas concentrated (1) with micrometric globular particles of titanium carbide (4) at the location of said precursor granules, said areas being separated from each other by millimetric areas (2) essentially free of micrometric globular particles of titanium carbide (4), said globular particles (4) being also separated within said millimetric areas concentrated (1) with titanium carbide by micrometric interstices (3);
- infiltration of the millimetric (2) and micrometric (3) interstices by said high temperature cast ferrous alloy, following the formation of microscopic globular particles of titanium carbide (4).

11. The manufacturing method according to claim 10, wherein the mixture of compacted powders of titanium and carbon comprises a powder of a ferrous alloy.

12. The manufacturing method according to any of claims 10 or 11, wherein said carbon is graphite.

13. The milling cone obtained according to any of claims 10 to 12.

Patentansprüche

1. Verbund-Brechkegel für Kompressionsbrecher, wobei der Brechkegel eine Eisenlegierung aufweist, die mindestens teilweise (5) mit Titancarbid gemäß einer festgelegten Geometrie verstärkt ist, wobei der verstärkte Abschnitt (5) eine Makro-Mikrostruktur aufweist, in der sich Millimeterzonen (1) abwechseln, in denen sich körnige Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) konzentrieren, die durch Millimeterzonen (2) getrennt sind, die im wesentlichen keine körnigen Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) enthalten, wobei die Zonen, in denen körnige Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) konzentriert sind, eine Mikrostruktur bilden, in der die Mikrometer-Zwischenräume (3) zwischen den körnigen Partikeln (4) ebenfalls von der Eisenlegierung belegt sind.

2. Brechkegel nach Anspruch 1, wobei die konzentrierten Millimeterzonen eine Konzentration körniger Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) von über 36,9 Volumenprozent aufweisen.

3. Brechkegel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der verstärkte Abschnitt einen allgemeinen Gehalt an Titancarbid zwischen 16,6 und 50,5 Volumenprozent aufweist.

4. Brechkegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die körnigen Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) eine Größe von weniger als 50 µm aufweisen.

5. Brechkegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der größte Teil der körnigen Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) eine Größe von weniger als 20 µm aufweist.

6. Brechkegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zonen, in denen körnige Partikel Titancarbid (1) konzentriert sind, 36,9 bis 72,2 Volumenprozent Titancarbid aufweisen.

7. Brechkegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zonen, in denen Titancarbid (1) konzentriert ist, eine Größe aufweisen, die von 1 bis 12 mm variiert.

8. Brechkegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zonen, in denen Titancarbid (1) konzentriert ist, eine Größe aufweisen, die von 1 bis 6 mm variiert.

9. Brechkegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zonen, in denen Titancarbid (1) konzentriert ist, eine Größe aufweisen, die von 1,4 bis 4 mm variiert.

10. Verfahren zur Herstellung durch Gießen eines Verbund-Brechkegels nach einem der Ansprüche 1 bis 9, das die folgenden Schritte umfasst:

- Bereitstellung einer Form, die den Abdruck des Brechkegels mit einer vorher festgelegten Verstärkungsgeometrie aufweist,

- Einleitung eines verdichteten Pulvergemischs, das Kohlenstoff und Titan in Form von Millimetergranulat als Vorläufer von Titancarbid enthält, in den Abschnitt des Abdrucks des Brechkegels, der dazu bestimmt ist, den verstärkten Abschnitt (5) zu bilden,

- Gießen einer Eisenlegierung in die Form, wobei die Wärme des Schmelzguts innerhalb der Vorläuferpartikel eine selbstgängige exotherme Hochtemperatur-Titancarbid-Synthesereaktion (SHS) auslöst,

- Ausbildung, innerhalb des verstärkten Abschnitts (5) des Brechkegels, einer Makro-Mikrostruktur, in der sich Millimeterzonen (1), in denen sich körnige Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) an der Stelle des Vorläufergranulats konzentrieren, abwechseln, wobei diese Zonen voneinander durch Millimeterzonen (2) getrennt sind, die im wesentlichen keine körnigen Titancarbid-Mikrometerpartikel (4) enthalten, wobei die körnigen Partikel (4) auch innerhalb der Millimeterzonen (1), in denen Titancarbid konzentriert ist, durch Mikrometer-Zwischenräume (3) getrennt sind,

- Tränkung der Millimeter- (2) und Mikrometer-Zwischenräume (3) mit der Hochtemperatur-Eisengusslegierung im Anschluss an die Ausbildung körniger mikroskopischer Titancarbidpartikel (4).

11. Herstellungsverfahren nach Anspruch 10, wobei das verdichtete Titan-Kohlenstoff-Pulvergemisch ein Pulver einer Eisenlegierung aufweist.

12. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, wobei der Kohlenstoff Graphit ist.

13. Brechkegel, der nach einem der Ansprüche 10 bis 12 hergestellt wird.

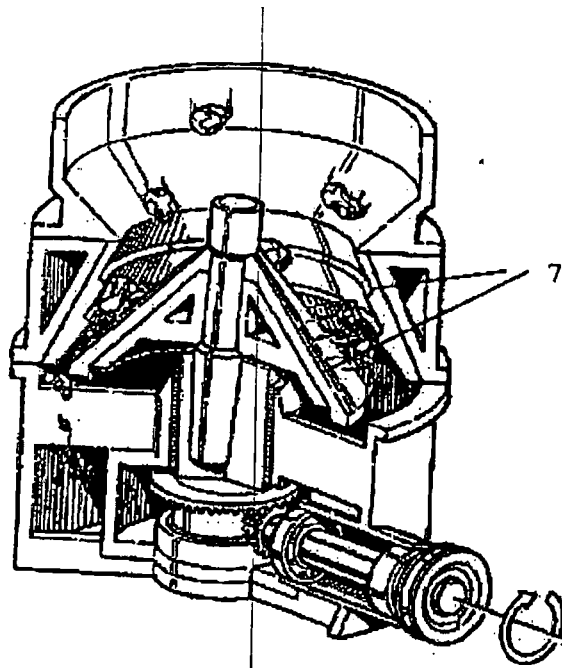


Fig. 1

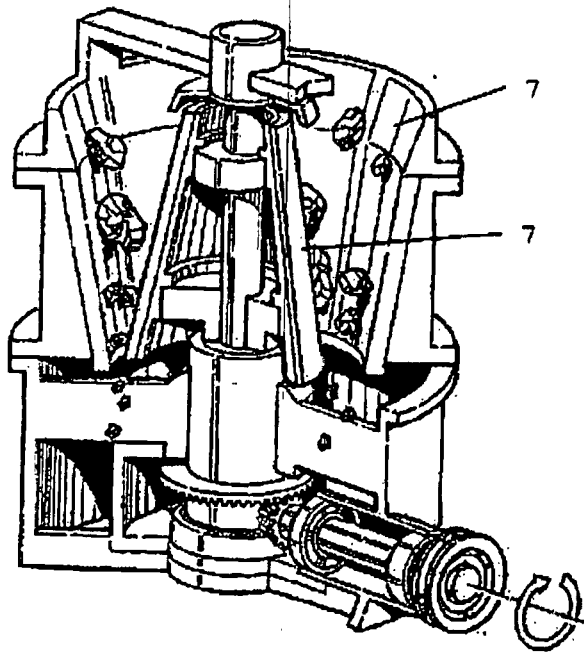


Fig. 2

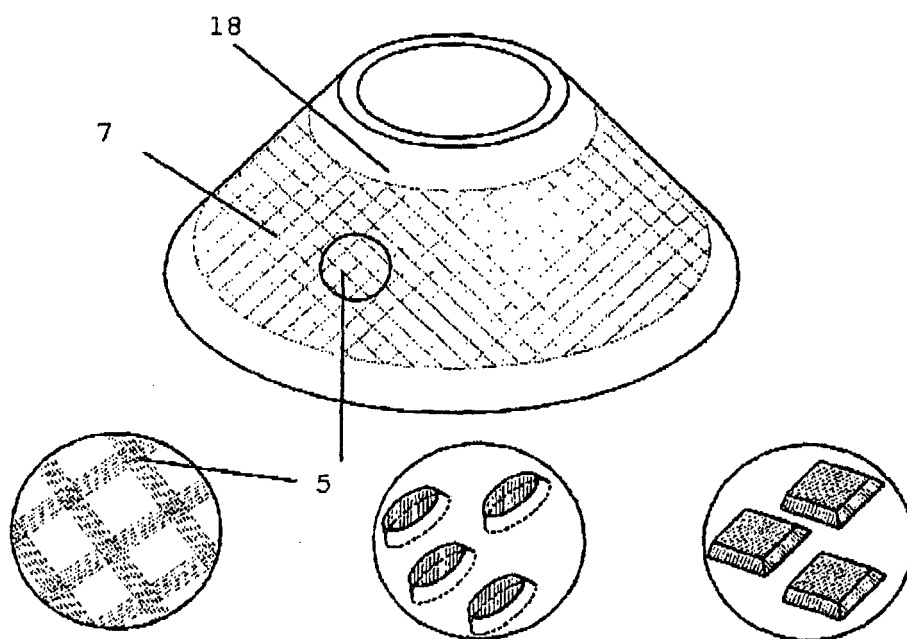


Fig. 3

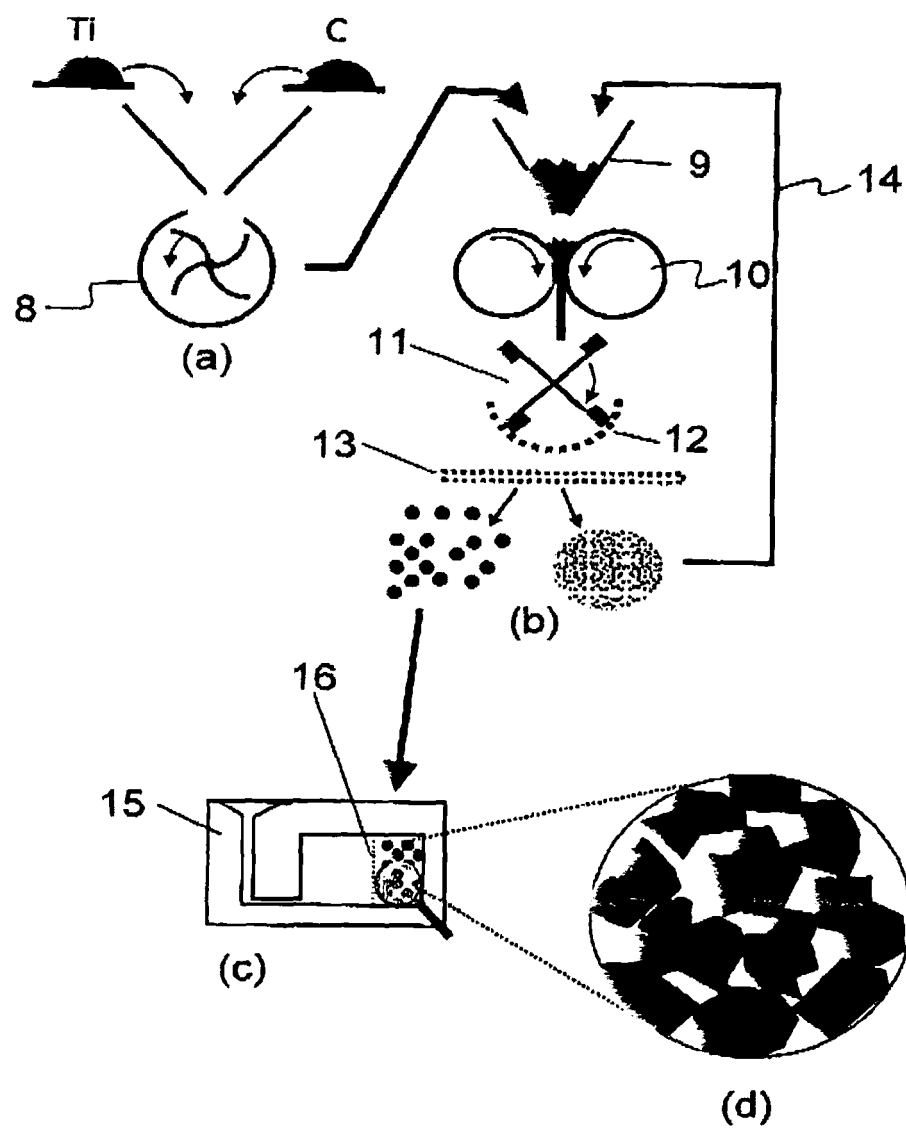


Fig. 4a-4d

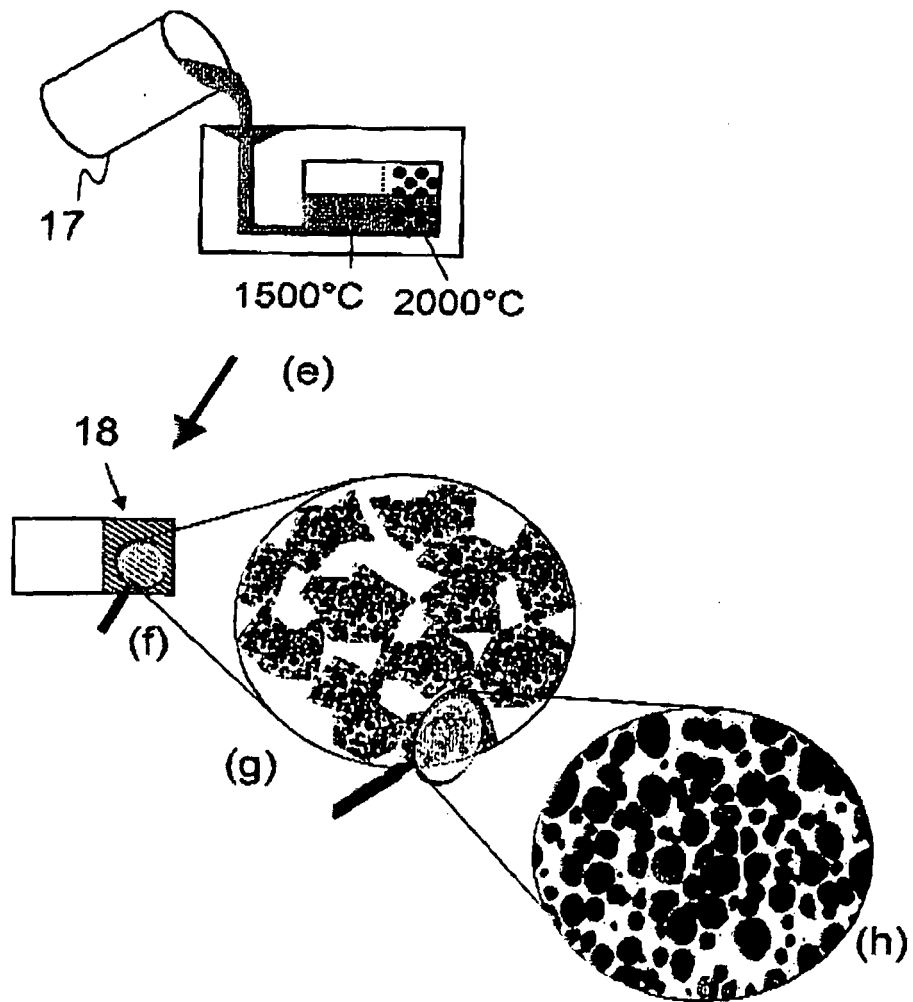


Fig. 4a-4h

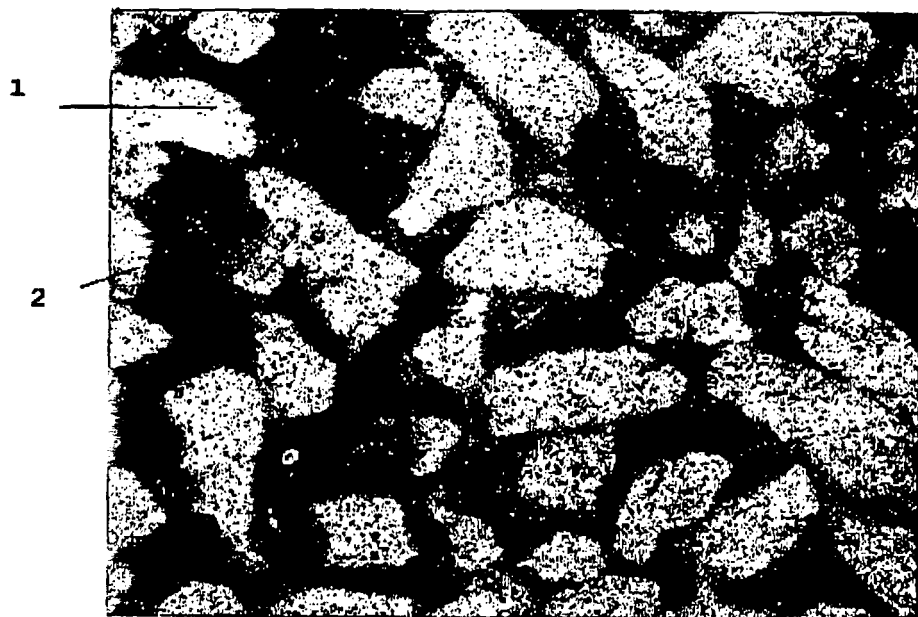


Fig. 5

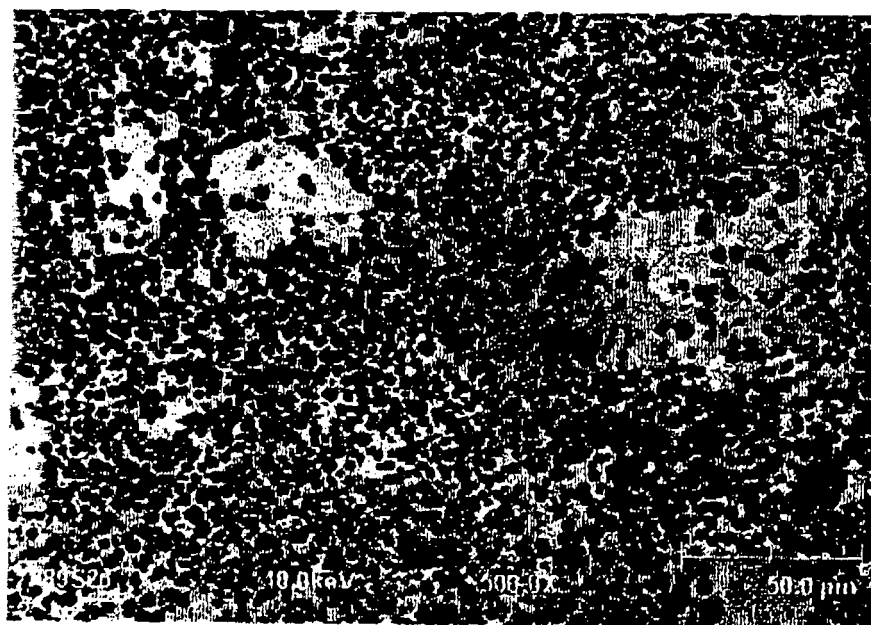


Fig. 6

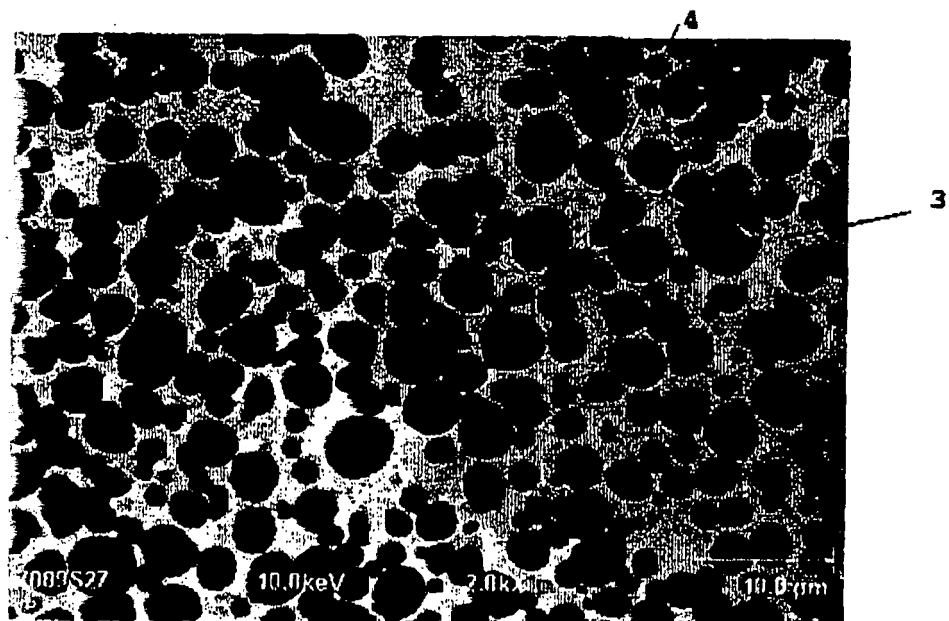


Fig. 7

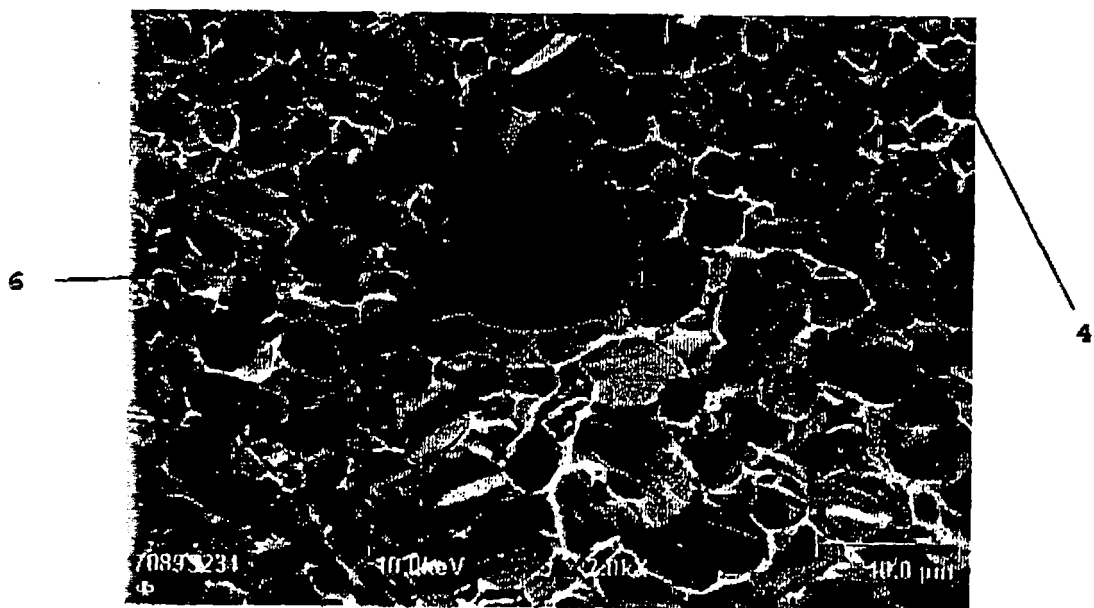


Fig. 8

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 5516053 A, Hannu [0006]
- JP 53017731 A [0007]
- US 6123279 A, Stafford [0008]
- WO 2007138162 A, Hellman [0009]
- US 2008041995 A, Hall [0010]