



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication :

0 014 655
B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet :
13.07.83

(51) Int. Cl.³ : **B 02 C 17/20, C 22 C 37/00,**
C 22 C 37/06, C 22 C 38/36,
C 21 D 5/04

(21) Numéro de dépôt : **80400172.5**

(22) Date de dépôt : **04.02.80**

(54) Procédé de fabrication de corps broyants en alliage ferreux.

(30) Priorité : **05.02.79 FR 7902920**

(43) Date de publication de la demande :
20.08.80 Bulletin 80/17

(45) Mention de la délivrance du brevet :
13.07.83 Bulletin 83/28

(84) Etats contractants désignés :
AT CH DE GB LU NL

(56) Documents cités :
FR A 2 405 749
GB A 1 218 981

(73) Titulaire : **ACIERIES THOME CROMBACK Société anonyme dite:**
2, rue Alfred de Vigny
F-75008 Paris (FR)

(72) Inventeur : **de Charentenay, Luc**
36, rue de la Gare
F-60580 Coye La Foret (FR)

(74) Mandataire : **Jolly, Jean-Pierre**
Cabinet BROT 83, rue d'Amsterdam
F-75008 Paris (FR)

EP 0 014 655 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Procédé de fabrication de corps broyants en alliage ferreux

L'invention concerne un procédé de fabrication de corps broyants en alliage ferreux contenant au moins 1 % en poids de carbone, à symétrie axiale ou à section sensiblement constante. L'invention concerne également les nouveaux corps broyants en alliages ferreux préparés par ce procédé.

On utilise couramment dans l'industrie, en particulier dans l'industrie minière et pour le broyage du charbon, des corps broyants cylindriques en alliages ferreux. Ceux-ci sont habituellement réalisés soit par moulage, à partir de compositions ferreuses variées (acières au carbone-manganèse, fontes à teneur en chrome variable, etc...), soit à partir d'un alliage ferreux, laminé et découpé, avec, dans ce cas, une teneur en carbone limitée à 1 % en poids.

On sait cependant que, si l'on désire obtenir une bonne résistance à l'abrasion pour une composition déterminée, il est souhaitable que le corps broyant ait des couches externes à structure fine et, conjointement, aussi peu que possible de défauts internes.

Les corps broyants existants et les procédés de fabrication proposés dans la technique présentent cependant des inconvénients de ce point de vue.

En effet, un corps broyant cylindrique, s'il est moulé en sable, a une structure assez grossière, du fait du refroidissement lent lié à cette technique. D'autre part, il oblige à fondre beaucoup de métal, de 1,3 à 1,5 fois plus que le poids des corps broyants obtenus. Il a été proposé, également, de fabriquer de tels corps par moulage en coquille ; cette solution donne une structure satisfaisante, mais son procédé de fabrication est discontinu. En outre, il oblige également à fondre une quantité de métal supérieure au poids des corps cylindriques et il nécessite un outillage multiple complexe et un potage de protection.

D'autre part, si le corps broyant cylindrique est réalisé à partir de profilés ou barres laminés en continu, son pourcentage de carbone ne peut dépasser 1 %, sans nécessiter des précautions coûteuses de réchauffage, de taux de réduction limité, de vitesse de laminage lente, etc...

De ce fait, sa résistance à l'usure est limitée par insuffisance de carbone et de carbure.

Dans FR-A-2 228 115, la Demanderesse a proposé un procédé de fabrication de corps broyants forgés en fonte blanche à haute teneur en chrome. Ce procédé comprend la découpe d'une barre en lopins, le chauffage de ces lopins à une première température et le forgeage de ces lopins à une seconde température, en vue d'affiner et de casser les grains du métal. Ces opérations, relativement complexes, peuvent être suivies d'un refroidissement et d'un traitement thermique complémentaire. Le but recherché est d'obtenir des produits de haute qualité, destinés à être utilisés pour un broyage dans des conditions d'abrasion faible et en milieu sec.

FR-A-2 174 969 concerne la production de billes de broyage de grande ténacité, dans lesquel-

les de la cémentite fine est dispersée dans l'ensemble de la bille d'une manière concentrée, sphérique et uniforme. Dans ce but, une fonte hypoeutectique est coulée sous forme d'une barre, qui est ensuite soumise par forgeage à une déformation plastique à chaud, qui détruit le réseau cristallin venu de coulée.

FR-A-2 405 749, qui appartient à la Demanderesse, concerne également des corps broyants forgés préparés par chauffage d'une barre de fonte blanche jusqu'à une première température, découpe en lopins de cette barre, à chaud, à l'état plastique, chauffage de ces lopins à une seconde température et forgeage desdits lopins à cette seconde température dans des conditions propres à provoquer l'apparition de perlite.

L'invention vise à remédier à ces inconvénients, en proposant des corps broyants à dureté élevée, destinés à une utilisation dans un milieu très abrasif et à humidité importante, qui puissent être fabriqués par un procédé peu coûteux.

L'invention vise également à proposer un procédé qui permette de réaliser de tels corps broyants en continu, avec une très faible perte de métal et moyennant une consommation d'énergie limitée.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication de corps broyants en alliage ferreux contenant au moins 1 % en poids de carbone, à symétrie axiale ou à section constante, ce procédé comprenant une mise en forme des corps broyants et un traitement thermique, la mise en forme comprenant une opération de solidification en lingotière ouverte d'un profilé issu d'une coulée en continu dudit alliage, suivie d'une division dudit profilé en lopins et le traitement thermique étant apte à conférer au métal une structure austénitique ou martensitique, ce procédé étant caractérisé en ce que l'opération de division du profilé en lopins constitue l'opération finale de la mise en forme des corps broyants à l'exclusion de toute déformation plastique de ceux-ci, de manière à conserver auxdits corps la structure à cristallisation radiale résultant directement de la coulée continue du profilé.

L'invention a également pour objet les corps broyants en alliage ferreux, à symétrie axiale, ou à section constante, ayant une structure fine à cristallisation radiale sensiblement constante sur toute leur longueur et constitués d'une solution austénitique ou martensitique comprenant des carbures de type M_7C_3 et/ou M_3C , obtenus en mettant en œuvre ce procédé.

La Demanderesse a, en effet, établi que, du fait du refroidissement rapide inhérent au procédé d'élaboration d'un profilé ou d'une barre d'un alliage ferreux fabriqué dans une installation de coulée en continu, le métal présente une structure fine à grain croissant de la surface externe de la barre vers l'axe central de celle-ci, c'est-à-dire précisément le type de structure souhaitable pour des corps broyants, en vue d'augmenter leur résistance à l'abrasion.

Par ailleurs, le profilé de métal de départ présente par lui-même une symétrie axiale et une section constante perpendiculairement à son axe, c'est-à-dire le type de profil convenant aux corps broyants, ce qui évite d'avoir à façonner ceux-ci.

On notera que ce procédé ne fait pas appel aux techniques de forgeage, coûteuses et complexes, que l'on utilise pour l'élaboration de corps broyants destinés à une utilisation en milieu sec et peu abrasif.

On notera également que ce procédé permet de tirer profit du fait que le profilé ou la barre brute de fabrication est à une température élevée pour éviter la dépense d'énergie nécessitée par la mise en température des lopins préalablement à leur traitement thermique.

En effet, le traitement thermique destiné à conférer au métal la structure austénitique ou martensitique désirée peut être appliqué à la barre chaude, brute de solidification, préalablement à la division du profilé en lopins, sans interrompre le procédé de fabrication en continu. On reviendra plus en détail sur les économies d'énergie ainsi réalisées, dans la suite de la présente description.

Une forme préférée de mise en œuvre du procédé conforme à l'invention consiste donc à appliquer le traitement thermique désiré au profilé métallique sortant directement de l'ensemble de solidification en continu du métal.

La division du profilé en lopins de la longueur désirée pour les corps broyants peut s'effectuer par tout moyen connu dans la technique (coupe, casse, tronçonnage, etc...).

Les corps broyants obtenus par la mise en œuvre du procédé décrit ci-dessus constituent un autre objet de l'invention. Ces corps broyants à symétrie axiale ou à section constante (circulaire, carrée, hexagonale, octogonale ou autre), ont une structure fine et sont composés d'une solution solide austénitique ou martensitique contenant des carbures secondaires ou primaires ou eutectiques du type M_7C_3 ou M_3C .

Dans une forme de mise en œuvre préférée de l'invention, lesdits corps broyants sont cylindriques et contiennent, en % en poids, 1 à 4 % de carbone, 0 à 40 % de chrome, 0 à 2 % de molybdène, 0,1 à 2,5 % de silicium, 0,1 à 15 % de manganèse, 0 à 5 % de vanadium, 0 à 5 % de cuivre et 0 à 1 % de magnésium. Ces corps broyants peuvent également contenir des éléments comme le tungstène (0 à 5 %), le nickel (0 à 5 %), le bore (0 à 2 %), le niobium (0 à 2 %), le tantal, le zirconium, le cérium ou le bismuth.

Ces corps broyants auront une longueur de l'ordre de 0,5 à 3 fois le diamètre moyen de leur section. Autrement dit, la barre d'origine sera tronçonnée en lopins de longueur comprise entre 0,5 et 3 fois son diamètre. On notera à ce propos, que la perte de métal au cours du processus de fabrication est infime, et de l'ordre de moins de 2 % en pratique, fusion comprise, ce qui constitue un autre avantage notable du procédé selon l'invention.

Les exemples suivants, qui n'ont pas de caractère limitatif, illustrent diverses formes de mise en œuvre en continu du procédé selon l'invention et divers types de traitement thermique permettant d'obtenir les structures désirées.

Exemple 1

Cet exemple concerne la fabrication de corps broyants cylindriques à structure austénitique, par refroidissement à l'aide d'air soufflé d'une barre chaude, brute de fabrication.

On part d'une barre cylindrique, ayant un diamètre de 80 mm, issue d'une installation de coulée continue et ayant la composition suivante, en % en poids :

- C : 2,2 % ;
- Cr : 16 % ;
- Mo : 0,2 % ;
- Si : 0,7 % ;
- Mn : 0,85 %.

Cette barre sort du dispositif de solidification en continu du métal à une température de 1 100 °C et est immédiatement refroidie par passage dans une série d'anneaux et de caissons de soufflage d'air, qui abaissent sa température jusqu'à environ 100 à 200 °C.

On procède ensuite au tronçonnage de la barre en lopins à cette température.

On constate que la structure micrographique des corps broyants résultants est constituée d'une solution solide austénitique contenant des carbures du type M_7C_3 qui, en surface, ont une structure très fine.

Exemple 2

Cet exemple concerne l'application du procédé conforme à l'invention à la fabrication de corps broyants à structure martensitique, par refroidissement partiel d'une barre issue de coulée continue jusqu'à un palier de maintien à une température qui rend l'austénite instable, suivi d'une trempe à l'air soufflé.

On part d'une barre issue de coulée continue identique à celle de l'Exemple 1, et on procède à un abaissement forcé de sa température de 1 100 °C jusqu'à 970-990 °C. On maintient la barre à cette dernière température pendant 15 à 30 minutes dans un tunnel calorifugé préchauffé, puis on la trempe à l'air soufflé jusqu'à une température comprise entre 100 et 200 °C. On procède enfin au tronçonnage de la barre à cette température.

On obtient des corps broyants cylindriques, à structure très fine en surface, constitués d'une solution solide martensitique comprenant des carbures primaires et secondaires de type M_7C_3 .

Exemple 3

Cet exemple concerne, comme le précédent, l'application du procédé conforme à l'invention à la réalisation de corps broyants cylindriques à

structure martensitique, dénommés « Cylpebs », mais par une trempe de la barre à l'eau ou à un mélange air-eau d'une durée limitée.

On part d'une barre cylindrique de 39 cm de diamètre, ayant la composition suivante, en % en poids :

- C : 1,8 à 2 % ;
- Cr : 0,6 à 0,8 % ;
- Si : 0,6 % ;
- Mn : 0,6 % ;
- Cu : 0,4 %.

Cette barre sort à une température de 1 100 °C d'une installation de solidification en continu et sa température est abaissée en continu jusqu'à 300 °C à l'aide d'un brouillard air-eau projeté sous pression. On laisse ensuite refroidir la barre à l'air calme jusqu'à 120 °C et l'on procède au tronçonnage en lopins à cette température. Le refroidissement des lopins jusqu'à la température ambiante s'effectue en caisse.

Les corps broyants cylindriques obtenus ont une structure martensitique fine, de la surface vers le cœur, parsemée de carbures de type M_3C .

Dans cet exemple, comme dans les précédents, on pourra procéder à un revenu, soit après le traitement thermique en continu sur la barre, avant tronçonnage, soit sur les corps broyants en vrac, en fonction de la dureté désirée pour ces corps broyants et des sollicitations de choc auxquelles ils seront soumis.

Ainsi qu'il a été expliqué ci-dessus, la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention, directement sur la barre sortant de l'installation de solidification en continu du métal, permet d'effectuer des économies substantielles d'énergie. Ces économies sont de deux ordres :

— d'une part, par élimination d'une refonte initiale du métal, nécessaire à sa mise en œuvre, on peut estimer le gain d'énergie à environ 200 kWh/t du métal, c'est-à-dire à 2 000 000 kWh/an pour une production de 10 000 t/an de corps broyants ;

— d'autre part, par élimination d'au moins une phase usuelle de chauffage, soit avant trempe, pour des corps broyants moulés, soit avant forgeage, puis avant trempe, pour des corps broyants forgés : en reprenant l'exemple d'une production de 10 000 t/an de corps broyants, on peut estimer l'économie d'énergie ainsi réalisée à 8 millions de thermies/an, par rapport à des corps broyants moulés, et entre 9 et 17 millions de thermies/an par rapport à des corps broyants forgés.

Le procédé de fabrication de corps broyants conforme à l'invention présente donc des avantages considérables par rapport aux procédés usuels de la technique connue.

Revendications

1. Procédé de fabrication de corps broyants en alliage ferreux contenant au moins 1 % en poids

de carbone, à symétrie axiale ou à section constante, ce procédé comprenant une mise en forme des corps broyants et un traitement thermique, la mise en forme comprenant une opération

- 5 de solidification en lingotière ouverte d'un profilé issu d'une coulée en continu dudit alliage, suivie d'une division dudit profilé en lopins et le traitement thermique étant apte à conférer au métal une structure austénitique ou martensitique, ce procédé étant caractérisé en ce que l'opération de division du profilé en lopins constitue l'opération finale de la mise en forme des corps broyants à l'exclusion de toute déformation plastique de ceux-ci, de manière à conserver auxdits corps la structure à cristallisation radiale résultant directement de la coulée continue du profilé.
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit profilé est divisé en lopins ayant une longueur égale à environ 0,5 à 3 fois le diamètre dudit profilé.
- 15 3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, en vue de l'obtention d'une structure austénitique, on procède à un refroidissement du profilé chaud, brut de solidification, à l'aide d'air soufflé directement sur ledit profilé.
- 20 4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, en vue de l'obtention d'une structure martensitique, on procède à un refroidissement partiel du profilé chaud, brut de solidification, jusqu'à une température qui rend l'austénite instable, on le maintient un certain temps à cette température et on le trempe enfin à l'air soufflé.
- 25 5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, en vue de l'obtention d'une structure martensitique, on procède à une trempe à l'eau ou à un mélange air-eau du profilé chaud, brut de solidification.
- 30 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que soit les corps broyants obtenus, soit ledit profilé après traitement thermique, sont soumis à un revenu.

Claims

- 45 1. A method of manufacturing crushing bodies from a ferrous alloy containing at least 1 % by weight of carbon, with axial symmetry or constant section, this method comprising shaping of the crushing bodies and a thermal treatment, the shaping comprising a solidification operation in an open ingot mould of a shaped section coming from continuous casting of said alloy, followed by division of said shaped section into billets and the thermal treatment being adapted to confer on the metal an austenitic or martensitic structure, this method being characterized in that the operation for dividing the shaped section into billets constitutes the final shaping operation of the crushing bodies to the exclusion of any plastic deformation thereof, so as to preserve for said bodies the radial crystallization structure resulting directly from the continuous casting of the shaped section.

2. Method according to claim 1, characterized in that said shaped section is divided into billets having a length equal to about 0.5 to 3 times the diameter of said section.

3. The method according to claim 1, characterized in that, with a view to obtaining an austenitic structure, the hot shaped section, rough from solidification, is cooled with air blown directly on to said section.

4. The method according to claim 1, characterized in that, with a view to obtaining a martensitic structure, partial cooling of the hot shaped section, rough from solidification, is carried out to a temperature which makes the austenite unstable, it is maintained for a certain time at this temperature and it is finally chilled in the blown air.

5. The method according to claim 1, characterized in that, with a view to obtaining a martensitic structure, the hot shaped section, rough from solidification, is chilled with water or an air-water mixture.

6. The method according to one of claims 1 to 5, characterized in that either the crushing bodies obtained or said shaped section, after thermal treatment, are subjected to annealing.

Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von axialsymmetrischen oder querschnittskonstanten Mahlkörpern aus einer mindestens 1 Gew. % Kohlenstoff enthaltenden Eisenlegierung, bei welchem eine Formgebung der Mahlkörper und eine Wärmebehandlung vorgesehen ist, und die Formgebung die Verfestigung eines beim Stranggießen der

Legierung erhaltenen Profils in einer offenen Form und die Unterteilung dieses Profiles in Stücke umfaßt und die Wärmebehandlung geeignet ist, dem Metall ein austenitisches oder martensitisches Gefüge zu erteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterteilung des Profils in Stücke die letzte Stufe der Formgebung der Mahlkörper unter Ausschluß jeder plastischen Verformung derselben solcherart bildet, daß in den Mahlkörpern das beim Stranggießen des Profils unmittelbar erhaltene radiale Kristallisationsgefüge erhalten bleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Profil in Stücke unterteilt wird, deren Länge ungefähr gleich ist dem 0,5- bis 3-fachen des Durchmessers des Profils.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Erzielung eines austenitischen Gefüges das warme, noch nicht erstarrte Profil durch direktes Aufblasen von Luft auf das Profil gekühlt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Erzielung eines martensitischen Gefüges das warme, noch nicht erstarrte Profil auf eine den Austenit instabil machende Temperatur partiell gekühlt, dann eine gewisse Zeit auf dieser Temperatur gehalten und schließlich durch Aufblasen von Luft abgeschreckt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Erzielung eines martensitischen Gefüges das warme, noch nicht erstarrte Profil mit Wasser oder mit einem Gemisch aus Wasser und Luft abgeschreckt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß entweder die erhaltenen Mahlkörper oder das Profil nach der Wärmebehandlung angelassen werden bzw. wird.

40

45

50

55

60

65

5