

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 84400405.1

(51) Int. Cl.³: **B 02 C 17/20**
C 22 C 38/36

(22) Date de dépôt: 29.02.84

(30) Priorité: 01.03.83 FR 8303327

(43) Date de publication de la demande:
03.10.84 Bulletin 84/40

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE GB IT LI NL

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

(72) Inventeur: **Thome, Michel**
6 rue de l'Hôpital
F-08700 Nouzonville(FR)

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

(54) **Barre de broyage à haute résistance et son procédé de fabrication.**

(57) L'invention concerne une barre de broyage en métal ferreux, issue directement d'une coulée à solidification dirigée, caractérisée en ce qu'elle présente une structure de surface à grain fin et un coeur à structure dendritique orientée radialement, en ce qu'elle comprend, en % en poids, entre environ 1,1 et 3% de carbone, entre environ 3 et 30% de chrome, entre environ 0,3 et 1,5% de manganèse et entre environ 0,3 et 1% de silicium, et en ce qu'elle comporte au moins 10% en volume de carbures.

Barre de broyage à haute résistance et son procédé de fabrication.

Pour le broyage de divers produits, on utilise une technique de broyage dans laquelle les corps broyants
5 sont des barres longues (80 mm de diamètre par quelques mètres de longueur), disposées dans un broyeur cylindrique à peu près horizontalement.

Ces barres de broyage sont utilisées dans les broyages fins ou grossiers, à sec ou humide, et les produits obtenus
10 sont éventuellement traités ensuite dans des broyeurs à boulets.

Bien des produits et des procédés ont été expérimentés comme barre de broyage, à commencer par des rails laminés rebutés, simplement coupés en longueur et utilisés en
15 l'état.

On a ainsi utilisé des barres réalisées en matériaux laminés à partir d'une ébauche (lingot ou billette), ce qui oriente les fibres du métal en long, par la déformation du métal à chaud, sous la pression de cylindre ou de
20 marteau de frappe. Les fibres du métal sont alors orientées très fortement dans le sens longitudinal de la barre (voir par exemple le brevet U.S. 3 170 641).

Ces matériaux, pour être facilement laminables, sont en acier faiblement allié, avec une teneur en carbone
25 inférieure ou égale à 1, 1 % pour, par exemple, un acier selon AISI 52100 ou 1095 avec plus ou moins de manganèse (Acier 50 MC 4 développé par la Société CREUSOT LOIRE).

Les barres sont brutes de laminage et dressage et, éventuellement, traitées selon des procédés qui conservent
30 la rectitude de la barre (brevet U.S. 3 255 053 ; communication de la Société CREUSOT LOIRE au Congrès Abrasion de 1979). Le traitement consiste en une chauffe d'austénisation, suivie d'un refroidissement (trempe) pour obtenir une structure à peu près martensitique de 55 à 60 RC. On a
35 également utilisé des barres bimétalliques, dont le noyau est en acier doux et la surface en acier dur.

Tous ces matériaux utilisés sont laminables à un coût raisonnable ; ce sont donc des matériaux à teneur limitée en carbone et en alliage. Cependant, pour cette raison, leur usure est élevée, du fait d'une quantité insuffisante
5 de carbure et d'alliage pour résister à la corrosion.

La présente invention vise à proposer des barres de broyage en un matériau suffisamment chargé en carbone et en alliage pour produire des quantités et types de carbures procurant une résistance satisfaisante à l'usure.

10 L'invention vise également à proposer un procédé de fabrication de telles barres ne faisant pas intervenir de laminage.

A cet effet, l'invention a pour objet une barre de broyage en métal ferreux, issue directement de coulée à
15 solidification dirigée, caractérisée en ce qu'elle présente une structure de surface à grain fin et un coeur à structure dendritique orientée radialement, et en ce qu'elle comprend, en % en poids, entre environ 1,1 et 3 % de carbone, entre environ 3 et 30 % de chrome, entre environ 0,3 et 1,5 %
20 de manganèse et entre environ 0,3 et 1 % de silicium.

Suivant les applications envisagées pour ces barres, elles pourront en outre contenir, en % en poids, de 0 à 1 % de cuivre, de 0 à 5 % de nickel, de 0 à 1 % de molybdène, de 0 à 1 % de titane, de 0 à 0,5 % de bore,
25 de 0 à 2 % de vanadium et de 0 à 2 % de tungstène.

Ces barres contiendront au moins 10 % en volume de carbures.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une telle barre de broyage, caractérisé en
30 ce qu'on la réalise par coulée continue d'un métal ferreux de composition convenable, avec solidification dirigée, à l'exclusion de toute phase de laminage.

Du fait de ce procédé, contrairement aux barres de la technique antérieure, les barres de broyage conformes
35 à la présente invention ne présentent pas de fibres orientées dans le sens longitudinal, c'est-à-dire

parallèlement à l'axe de la barre.

Il est bien connu que, pour améliorer les performances d'usure et de résistance à la corrosion, cette structure devra être de plus en plus fine en allant du coeur vers la surface de la barre. En effet, les barres de broyage sont soumises à une usure et une corrosion à partir de leur surface, jusqu'à ce qu'elles atteignent un certain diamètre, où elles sont éliminées. Il est alors préférable qu'elles cassent en petits morceaux, plutôt que de fléchir et s'entremêler avec les autres barres. De ce fait, la structure interne devra, de préférence, être grossière, sensible à la casse.

Les barres de broyage connues dans la technique présentent deux types de structure :

1) Brutes de laminage : structure perlitique, avec un grain identique sur toute la section.

2) Laminées avec traitement : structure martensitique en surface, avec un grain fin ; structure perlitique à coeur, avec conservation du grain du laminage initial.

Ces barres connues, en acier faiblement allié, avec une teneur en carbone inférieure ou égale à 1,1 %, sont conçues pour avoir une couche externe résistante à l'usure et un noyau interne doux et résilient, afin d'assurer le meilleur compromis entre résistance à l'usure et fragilité.

Elles n'ont pas, pour ce faire, une trempabilité suffisante pour être martensitiques à coeur, pour un diamètre de 80 à 100 mm.

Le but de la présente invention est de proposer une barre de broyage dont les caractéristiques sont bien supérieures, grâce à l'emploi d'un matériau différent et du fait d'une structure particulière obtenue par un procédé original.

Ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus, une telle barre de broyage est réalisée en un acier présentant une forte teneur en carbone et un pourcentage élevé de carbure.

Le Tableau 1 ci-après compare différents types de barres de broyage connues dans la technique et celles conformes à l'invention.

TABLEAU 1

Barres en acier du type	Teneur en carbone (% en poids)	Teneur en carbure (% en volume)	Type de carbure	Micro dureté du carbure (Vickers)	Dureté moyenne en surface (Rockwell RC)	Structure de surface
100 C 6	1,-	$\leq 1 \%$	M_3C	700/900	45	martensite revenue
1095 ou XC 95	0,95	$\leq 1 \%$	M_3C	" "	32	" "
50 M C4 trempée	0,5	$\leq 1 \%$	M_3C	" "	58	" "
51 10 Q traitée	1,1	$\leq 1 \%$	M_3C	" "	55	" "
Barres selon l'invention, par exemple 1) 2)	1,5 2	10 % 16 %	M_7C_3 M_7C_3	1200 à 1800 selon le sens des carbures	40 58	austénite martensite revenue

La barre objet de l'invention a, en surface, une structure à grain homogène non orienté dans le sens longitudinal ; ce n'est pas une structure laminée avec étirement des fibres, allongement d'inclusion, ligne possible, c'est une structure propre issue du procédé. Avec une teneur en carbone supérieure ou égale à 1,2 % en poids, cette structure comporte un fort pourcentage de carbure du type M_3C , M_7C_3 , $M_{23}C_6$ suivant le type d'alliage, M désignant un composé fer-alliage.

- 10 La structure interne de la barre objet de l'invention présente une orientation perpendiculaire à la surface cylindrique, en forme de dendrite. De ce fait, la dureté des carbures orientés dans ce sens est supérieure à leur dureté latérale ; la micro-dureté de la surface de la barre restera donc élevée même après réduction du diamètre par l'abrasion.

D'autre part, la structure en dendrite radiale assure une fragilité suffisante du métal pour entraîner sa casse en morceaux en dessous d'un certain diamètre de la barre.

- 20 La barre conforme à l'invention a donc, en surface, sur une certaine épaisseur, une structure à grain fin, tandis que son coeur est à structure dendritique radiale.

- En fonction des applications à un broyage sec, humide, plus ou moins acide et plus ou moins abrasif, différentes constitutions pourront être retenues : austénitique, martensitique ou bainitique, avec des duretés et des constitutions de matrices et de carbures variables.

- Une telle barre ne peut être réalisée que par le procédé conforme à l'invention, que l'on va maintenant décrire plus en détail.

- Il est nécessaire d'utiliser un procédé d'un coût économique donnant directement la barre objet de l'invention, car elle ne peut être laminée économiquement. Par ailleurs, un laminage, même coûteux, détruirait la structure favorable aux caractéristiques de résistance à l'usure.

On doit éliminer également la fabrication de la barre par compactage de poudre frittée, procédé coûteux et qui donne une structure homogène dans toutes les directions sans avantage particulier.

- 5 La barre selon l'invention est réalisée par coulée continue horizontale, en diamètre final de 50 à 100 mm et à la longueur nécessaire, de 2 à 6 m et plus. La solidification dirigée et la formation de la structure fine en surface et dendritique à coeur sont obtenues
- 10 par des réglages appropriés des conditions d'extraction de la barre de la lingotière de production, soit selon un pas compris entre 1 et 50 mm ou un ratio P/D (longueur du pas rapportée au diamètre de la barre) de 5/100 à 5/10.

- Après solidification, on procède au refroidissement
- 15 contrôlé de la barre pour obtenir la matrice et la morphologie des carbures désirées. Ce refroidissement peut être un cycle thermique : descente en température, puis remontée, suivie d'un palier et refroidissement. De cette manière, le procédé conforme à l'invention fournit un produit
- 20 directement utilisable dans les broyeurs ordinaires. Dans certains cas particuliers, il pourra être procédé à un traitement thermique additionnel ou complémentaire.

- En cas de sollicitation de choc particulièrement élevée dans les broyeurs de très forte puissance, ou de
- 25 diamètre important du broyeur, les barres de broyage ne doivent présenter aucun défaut de surface, ligne de fissure, etc... Ces défauts bien connus dans l'état de la technique, sont généralement liés au procédé de laminage et aux ségrégations possibles dus au lingot ou à la billette
- 30 d'ébauche.

- La barre faisant l'objet de l'invention ne comporte pas de défauts de cette sorte. Cependant, compte tenu de l'alliage constitutif de la barre et de son procédé de fabrication, il peut y avoir des calamines adhérentes,
- 35 des reliefs de surface ou des microségrégations de surface

sur le produit. Pour éliminer les concentrations possibles de contrainte sous les efforts et les zones de fragilité potentielle prématurées, on procèdera si nécessaire à la régénération de l'état de cette surface par l'un des
5 moyens suivants.

Il a déjà été proposé de procéder à l'élimination d'une couche superficielle, par meulage et usinage avec enlèvement de matière, mais une telle solution est coûteuse. Selon l'invention, il est préférable d'avoir
10 recours à des moyens qui transforment localement la surface pour la régénérer -sur barre chaude ou froide- par refusion, plasma, laser ou induction à haute fréquence. Une autre solution peut consister à écraser les micro-reliefs et les ségrégations locales de surface engendrées
15 par la coulée continue horizontale. A cet effet, on peut grenailier ou marteler la surface par des dispositifs circulaires au défilé.

Dans une forme de mise en oeuvre préférée de l'invention, la barre de broyage est réalisée en métal
20 ferreux présentant l'analyse suivante, en % en poids :

- carbone : 1,4 à 1,6 %,
- chrome : 11 à 12 %,
- molybdène : 0,4 à 0,6 %,
- vanadium : 0,3 à 0,5 %,
- 25 - silicium : 0,5 à 0,7 %,
- manganèse : 0,5 à 0,8 %.

Cette barre a dans l'ensemble un diamètre de 80 mm et est obtenue par coulée continue horizontale dans une machine à paramètre d'extraction contrôlée donnant un pas
30 de 10 mm.

Le refroidissement de la barre entre 1180°C de température à la sortie de la lingotière et 400°C, se fera en 30 minutes. La barre est tronçonnée en ligne à chaud à une longueur de 3,10 m.

Une telle barre conforme à l'invention a une dureté de 40 RC. Sa structure de surface est austénitique et présente une couche à grain fin sur une épaisseur de 5 mm. Le coeur de la barre a une dureté de 32 RC et sa structure est dendritique.

Une telle barre, tombant d'une hauteur de 4 m sur un appui rigide en son milieu, ne casse pas.

Un lot de telles barres a été essayé dans un broyeur de 2 m de diamètre utilisé pour broyer du minerai d'uranium.

Les usures relevées par comparaison avec un acier traité en surface ont été les suivantes (en microns par heure), au cours de deux mesures 1 et 2 successives :

	1	2
Barres en acier	20	21
Barres selon l'invention	12	13

Les barres selon l'invention présentent donc une résistance à l'usure très supérieure aux barres usuelles.

REVENDEICATIONS

1.- Barre de broyage en métal ferreux, issue
directement d'une coulée à solidification dirigée,
caractérisée en ce qu'elle présente une structure de
5 surface à grain fin et un coeur à structure dendritique
orientée radialement, en ce qu'elle comprend, en %
en poids, entre environ 1,1 et 3 % de carbone, entre
environ 3 et 30 % de chrome, entre environ 0,3 et 1,5 %
de manganèse et entre environ 0,3 et 1 % de silicium, et
10 en ce qu'elle comporte au moins 10 % en volume de carbures..

2.- Barre de broyage selon la revendication 1,
caractérisée en ce qu'elle contient en outre, en % en
poids, de 0 à 1 % de cuivre, de 0 à 5 % de nickel, de
0 à 1 % de molybdène, de 0 à 1 % de titane, de 0 à 0,5 %
15 de bore, de 0 à 2 % de vanadium et de 0 à 2 % de tungstène.

3.- Barre de broyage selon la revendication 2,
caractérisée en ce qu'elle contient, en % en poids, de
1,4 à 1,6 % de carbone, de 11 à 12 % en poids de chrome,
de 0,4 à 0,6 % de molybdène, de 0,3 à 0,5 % de vanadium,
20 de 0,5 à 0,7 % de silicium, et de 0,5 à 0,8 % de manganèse..

4.- Procédé de fabrication d'une barre de broyage
selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce
qu'on la réalise par coulée continue d'un métal ferreux
de la composition convenable, avec solidification dirigée,
25 à l'exclusion de toute phase de laminage.

5.- Procédé selon la revendication 4, caractérisé
en ce que la phase de solidification dirigée est suivie
d'un refroidissement contrôlé en vue d'obtenir le type
de matrice et de carbures désirés.

30 6.- Procédé selon la revendication 5, caractérisé
en ce que la phase de refroidissement est constituée par
un cycle thermique comprenant une descente en température,
suivie d'une remontée et d'un palier de température,
puis d'un refroidissement.

7.- Procédé selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que la phase de refroidissement contrôlée est suivie d'un traitement de régénération de l'état de surface de la barre.



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
A	EP-A-0 014 655 (DE CHARENTENAY) * Page 1, lignes 18-22; page 3, lignes 13-30; page 5, lignes 1-10 *	1-3, 5-7	B 02 C 17/20 C 22 C 38/36
A	--- US-A-3 295 965 (WILLEY, KELLAM) * Colonne 1, ligne 13; colonne 2, lignes 2-5 *	1	
A	--- FR-A-2 405 749 (ACIERIES THOME-CROMBACK) * Page 2, lignes 18-20 *	1	
A	--- FR-A-2 089 166 (PHILIPS) * Page 2, lignes 7-16; page 3, lignes 13-15 *	1, 4	
A	--- FR-A-1 533 841 (WERTLI) * Page 1, colonne de gauche, ligne 34 *	4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³) B 02 C C 22 C B 22. D
A	--- GB-A-1 112 882 (ARANT, OREHOSKI) -----	1, 4	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 08-06-1984	Examineur RIS M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	