



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 277 931 B2**

(12) **NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la
décision concernant l'opposition:
30.08.2000 Bulletin 2000/35

(51) Int. Cl.⁷: **C22C 37/00**, F16D 69/02

(45) Mention de la délivrance du brevet:
24.06.1992 Bulletin 1992/26

(21) Numéro de dépôt: **88870003.6**

(22) Date de dépôt: **14.01.1988**

(54) **Fonte à haute teneur en phosphore résistant à l'usure**

Verschleissfestes Gusseisen mit hohem Phosphorgehalt

Wear-resistant cast iron with a high phosphorus content

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(30) Priorité: **05.02.1987 BE 8700085**

(43) Date de publication de la demande:
10.08.1988 Bulletin 1988/32

(73) Titulaire: **ABEX RAIL S.A.**
VIERZON (FR)

(72) Inventeur: **Dehon, Herman**
B-6060 Gilly (BE)

(74) Mandataire:
Powis de Tenbossche, Roland et al
Gevers & Vander Haeghen
Livornostraat 7
1060 Bruxelles (BE)

(56) Documents cités:

DE-A- 1 775 062	DE-C- 1 775 062
FR-A- 1 528 123	FR-A- 1 584 012
FR-A- 1 584 012	FR-A- 2 145 607
US-A- 1 527 165	US-A- 1 690 352
US-A- 3 193 383	US-A- 3 767 386
US-A- 4 352 416	

- Deutsche Bundesbahn, Technische Lieferbedingungen TL 918179, Blatt 2, Ed.05.1984
- Deutsche Bundesbahn, Bericht 100055, 15.12.83
- Deutsche Bundesbahn, Bericht 100067, 09.01.84
- 51 Congrès International de Fonderie, Lisbonne 84, "Vorschläge zur Verbesserung der Anwendungscharakteristiken gusseiserner Eisenbahnbremsklötze", K.Bakö et K.Nagy, page 1-9
- Lueger Lexikon der Technik, Band 3, page 674

EP 0 277 931 B2

Description

[0001] La présente invention est relative à une fonte à haute teneur en phosphore destinée notamment à la fabrication de dispositifs de freinage par friction, offrant une bonne résistance à l'usure et composée des constituants suivants :

85 à 95 % en poids de fer
2 à 10 % en poids de phosphore
moins de 6 % du poids total de carbone et silicium
moins de 5 % du poids total des métaux suivants : manganèse, cobalt, nickel, vanadium, tungstène et molybdène,
et présentant une dureté Brinell inférieure à 270 HB. La fonte conforme à l'invention est utilisable dans les dispositifs faisant intervenir des pièces en fonte coulée soumises à une usure par frottement, notamment des sabots de freins à friction destinés à équiper le matériel de chemins de fer.

[0002] On connaît par le document FR-A-1584012 une fonte à haute teneur en phosphore qui, grâce à sa résistance à l'usure est utilisable dans des dispositifs de freinage par friction. Le fait d'avoir prévu dans cette fonte une teneur d'au moins 2 % en poids de phosphore permet de réduire l'usure par friction par rapport à celle de la fonte grise classique qui ne contient qu'1 % de phosphore. Elle permet aussi de réduire l'émission d'étincelles lors du freinage.

[0003] Ce phosphore est généralement ajouté à la fonte sous forme de ferro-phosphore. L'incorporation est effectuée au cours d'une seconde fusion dans un cubilot dans lequel des charges alternées de coke et d'un mélange de fer et de ferro-phosphore sont préalablement mises en place. Selon le brevet belge susdit, la fonte ainsi obtenue possède une dureté Brinell comprise entre 207 et 255 HB, alors que la teneur en ferrite de l'alliage n'est pas précisée.

[0004] Des mesures de la dureté effectuées par le déposant selon la norme DIN 50 351 démontrent cependant que la dureté Brinell des alliages fer/phosphore ayant la composition décrite dans le brevet belge n° 717.428 ont une dureté bien supérieure à celle mentionnée ci-dessus, du moins si aucune précaution particulière n'est prise. Des valeurs de dureté Brinell comprises entre 250 et 350 HB ont été relevées lorsque la fonte est préparée de manière classique par affinage au cubilot. L'obtention dans les fontes au phosphore d'une dureté Brinell élevée s'explique aisément par l'influence que joue le phosphore sur la fonte de seconde fusion, qui a généralement une teneur en carbone supérieure à 2 % en poids.

[0005] Le phosphore favorise la ségrégation du graphite et donne lieu à la formation d'un eutectique ternaire, la steadite, qui présente une dureté Brinell d'environ 440 HB. Son point de fusion se situe vers 950°C. La steadite a une dureté bien supérieure à celle

de la ferrite ou même de la perlite.

[0006] Ainsi, la ferrite a une dureté Brinell d'environ 125 HB et la perlite une dureté Brinell d'environ 220 HB.

[0007] Il est aisé de comprendre qu'une diminution de dureté Brinell ne peut être obtenue qu'à condition de favoriser la formation d'une structure ferritique.

[0008] Sachant que l'ajout à une fonte grise de seconde fusion contenant environ 2 % en poids de carbone, d'environ 3 % en poids de phosphore, entraîne la formation d'environ 30 % en poids de steadite, on peut donc affirmer que l'alliage ferreux qui en résulte, devrait contenir au moins 20 % en poids de ferrite pour présenter une dureté Brinell inférieure à 225 HB, telle que mentionnée dans le Brevet belge n° 717.428.

[0009] Or, la plupart des réseaux de chemins de fer des états européens établissent des cahiers de charge extrêmement sévères pour la réalisation de sabots de frein. Les exigences les plus marquantes consistent dans le fait que la dureté Brinell de la fonte ne peut pas dépasser 270 HB pour une teneur en ferrite inférieure à 8 % en volume.

[0010] Les exigences de dureté maximale et de teneur en ferrite inférieure à un niveau déterminé semblent incompatibles et irréalisables simultanément.

[0011] Pour une fonte de seconde fusion, deux solutions seulement sont susceptibles d'être retenues à ce jour pour diminuer la dureté. Ces solutions sont les suivantes :

1. Forçage de la teneur en carbone de la fonte de seconde fusion par ajout au cubilot de carbure de silicium, de manière à atteindre des valeurs de 3 à 3,3 % en poids de carbone. Le silicium, en formant du siliciure de fer plus stable que la cémentite, provo que la ségrégation du carbone. Or, les lamelles de graphite se comportent pratiquement comme des zones de dureté nulle, qui permettent d'abaisser la dureté Brinell de la fonte traitée;
2. Incorporation de manganèse à la fonte de seconde fusion, en vue de favoriser une structure perlitique.

[0012] La valeur de la dureté maximale de la fonte a été fixée pour tenir compte de la dureté usuelle des bandages des roues du matériel roulant.

[0013] Par le document FR-A-2.145.607 sont décrits des alliages de fonte à microstructure caractéristique comprenant du phosphore présent sous forme d'un réseau sensiblement continu d'un eutectique de phosphore dégénéré entre de volumineux cristaux de dendrites primaires. L'eutectique dégénéré comprend une matrice sensiblement continue de fer en prédominance sous forme de ferrite ou de perlite. Ces alliages de fonte s'obtiennent en faisant fondre ensemble, des déchets de fer et de ferro-phosphore dans un four à induction et en effectuant ensuite un recuit dans un moule chauffé électriquement.

[0014] Ce procédé procure une fonte ferritique de

dureté relativement faible. Pour rendre les pièces plus dures, il est donc nécessaire d'effectuer un recuit que l'on obtient par un chauffage prolongé pendant 1 à 6 heures des pièces coulées à une température comprise entre 850 et 1.500°C, de préférence 910 à 920°C.

[0015] La limitation de la teneur en ferrite est liée à un phénomène de micro-soudure entre la structure ferritique du sabot de frein et celle du bandage de roue, ce qui a pour effet d'entraîner une usure prématurée dudit bandage de roue.

[0016] Le document US-A-3767386 décrit une fonte à haute teneur en phosphore pour sabots de freinage, contenant du graphite présentant une structure mixte très fine nodulaire et vermiculaire. La fonte présente une structure steadite éparse dont une partie seulement est perlitique de manière à laisser le champ libre à n'importe quel pourcentage de ferrite.

[0017] Elle présente une dureté Brinell supérieure à celle d'une fonte classique mais inférieure à 270 HB. Elle assure aux freins une longévité supérieure à celle procurée par une fonte grise ordinaire, mais le faible allongement de la longévité semble encore insuffisant que pour être rentable.

[0018] Enfin, il est connu par le document US-A-4,352,416 un sabot de frein réalisé à partir d'un alliage de fonte contenant du soufre. Cet alliage présente la composition suivante :

carbone : 2,5 à 3,5 % en poids;
silicium : 1,6 à 2,2 % en poids;
phosphore : plus de 2 et au maximum 10 % en poids;
sulfure et manganèse, tous deux présents dans un rapport pondéral S : (Mn/1,8) > 1.

[0019] La présence de soufre dans l'alliage de fonte est désavantageuse dans le sens qu'elle rend les pièces fragiles et poreuses. On observe en effet que le soufre en réagissant avec des traces de laitier, engendre des soufflures dans l'alliage. Le soufre est généralement éliminé par l'ajout de manganèse, dans des proportions bien précises connues de l'homme de l'art.

[0020] En vue de satisfaire aux exigences de dureté maximale et de teneur en ferrite supérieure à un niveau déterminé dictées par les cahiers de charge pour la fabrication des sabots de frein, l'invention propose un procédé selon la revendication. L'incorporation directe de ferro-phosphore dans la poche de coulée, et non pas dans l'installation de fusion, permet également d'obtenir une meilleure précision d'analyse de la teneur en phosphore.

[0021] La formule expérimentale de Lévi :

$$C_{\text{fonte}} = 2.4 + \frac{C_{\text{charge}}}{2} - \frac{\text{Si} + \text{P fonte}}{4}$$

qui régit l'équilibre entre le carbone, le phosphore et le

silicium de la fonte dans une installation de fusion, montre qu'une teneur croissante en phosphore abaisse d'autant la teneur en carbone, pour une même teneur en silicium.

5 **[0022]** L'invention, concerne également des fontes selon la revendication 3.

[0023] Elles présentent en outre l'avantage d'amortir les bruits lors du freinage. Cette propriété est due au fait que les lamelles de graphite, présentes en nombre
10 plus élevé sous une taille plus grande, sont d'excellents amortisseurs de vibrations.

[0024] Selon l'invention, la fonte contient au moins 2,3 % en poids de carbone sous forme de graphite lamellaire.

15 **[0025]** D'autres particularités et détails de l'invention apparaîtront au cours de la description détaillée d'une forme de mise en oeuvre particulière du procédé selon l'invention.

[0026] La fonte a généralement une composition typique suivante :

carbone : 3 à 4 % en poids
silicium : 1 à 3 % en poids
manganèse : 0,4 à 1,0 % en poids
25 phosphore : 0.1 à 1,0 % en poids
soufre : 0,08 à 0,15 % en poids.

[0027] Selon les procédés connus, la fusion au cubilot est accompagnée de l'incorporation de ferro-phosphore lorsqu'il s'agit d'obtenir un alliage ferreux
30 résistant à l'usure. La présente invention suggère de soumettre la fonte à un traitement différent.

[0028] Elle suggère d'amener la fonte dans une poche de coulée ou dans un mélangeur en vue d'ajouter environ 10 % en poids de ferro-phosphore.
35

[0029] On a constaté que lors de l'ajout de ferro-phosphore dans la poche, la totalité du phosphore provenant de la décomposition du ferro-phosphore se retrouvait dans la fonte liquide, tandis qu'une proportion
40 importante du fer présent dans le ferro-phosphore surnageait dans la poche, sous forme de scories.

[0030] Le fer non dissous ne participe donc pas à la dilution du carbone, de sorte que la teneur en carbone diminue dans une mesure moindre que ce qu'on aurait pu prévoir théoriquement et qu'elle reste supérieure à 3
45 %.

[0031] L'ajout de ferro-phosphore est réglé de manière à amener la teneur en phosphore à une valeur comprise entre 2,25 et 4,00 % en poids.

50 **[0032]** L'alliage a une composition correspondant typiquement à une fonte grise, sauf en ce qui concerne la teneur élevée en phosphore, supérieure à 2 % en poids et une teneur en ferrite inférieure à 5 % en volume.

55 **[0033]** La fonte suivant l'invention convient parfaitement à la fabrication de sabots de frein pour matériel de chemins de fer. Elle présente une excellente résistance à l'usure, comme décrit dans le brevet belge n° 717.428

et réduit considérablement la formation d'étincelles. Elle permet également de réduire l'émission de bruit, puisque les lamelles de graphite contribuent à amortir la propagation des vibrations dans les sabots de freins.

[0034] La fonte selon l'invention présente une bonne coulabilité, due à la présence de phosphore. Elle permet donc de réaliser avec précision des pièces relativement compliquées.

Revendications

1. Procédé pour produire une fonte à haute teneur en phosphore offrant une bonne résistance à l'usure et une dureté Brinell inférieure à 270 HB, destinée notamment à la fabrication de dispositifs de freinage par friction et composée des constituants suivants:

- 85 à 95% en poids de fer,
- de 2 à 10% en poids de phosphore,
- moins de 6% du poids total de carbone et silicium,
- moins de 5% du poids total des métaux suivants : manganèse, cobalt, nickel, vanadium, chrome, tungstène et molybdène,

caractérisé en ce que la fonte a une teneur en manganèse au moins égale à celle trouvée par la formule $Mn = 1,72 S + 0,30$ où S est la teneur en soufre due aux sulfures liés par le manganèse, et en ce qu'on ajoute du ferro-phosphore à une fonte grise liquide récoltée dans une poche de coulée ou un mélangeur, pour en régler la teneur en phosphore, de manière à obtenir une fonte avec une teneur d'au moins 2,3% de carbone sous forme de graphite lamellaire et la formation d'une structure perlitique, cette fonte comprenant moins de 5% en volume de ferrite.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la quantité de ferro-phosphore ajoutée s'élève à environ 10% en poids de la fonte grise liquide.

3. Fonte à haute teneur en phosphore destinée à la fabrication de dispositif de freinage par friction, offrant une bonne résistance à l'usure, et composée des constituants suivants :

- 85 à 95% en poids de fer,
- 2 à 10% en poids de phosphore,
- moins de 6% du poids total de carbone et silicium,
- moins de 5% du poids total des métaux suivants : manganèse, cobalt, nickel, vanadium, chrome, tungstène et molybdène et présentant une dureté Brinell inférieure à 270 HB,

caractérisée en ce qu'elle a une teneur en manganèse au moins égale à celle trouvée par la formule $Mn = 1,72 S + 0,30$ où S est la teneur en soufre due aux sulfures liés par le manganèse, une teneur en carbone supérieure à 3%, au moins 2,3% en poids de carbone sous forme de graphite lamellaire et une structure perlitique, cette fonte comprenant moins de 5% en volume de ferrite.

Claims

1. Method for producing a cast iron with a high phosphorus content offering a good resistance to wear and a Brinell hardness of less than 270 HB, intended in particular for the manufacture of friction braking devices and comprising the following constituents:

- 85 to 95% by weight of iron,
- 2 to 10% by weight of phosphorus,
- less than 6% of the total weight of carbon and silicon,
- less than 5% of the total weight of the following metals: manganese, cobalt, nickel, vanadium, chromium, tungsten and molybdenum,

characterized in that the cast iron has a manganese content at least equal to that given by the formula $Mn = 1.72 S + 0.30$ where S is the sulphur content due to sulphides bonded by the manganese, and in that ferro-phosphorus is added to a liquid grey cast iron collected in a pouring ladle or a mixer, in order to adjust the phosphorus content thereof such as to obtain a cast iron with a content of at least 2.3% of carbon in the form of flake graphite and the formation of a perlitic structure, the cast iron comprising less than 5% by volume of ferrite.

2. Method according to claim 1, characterized in that the amount of ferro-phosphorus added amounts to approximately 10% by weight of the liquid grey cast iron.

3. Cast iron with a high phosphorus content intended for the manufacture of friction braking devices, offering a good resistance to wear, and comprising the following constituents:

- 85 to 95% by weight of iron,
- 2 to 10% by weight of phosphorus,
- less than 6% of the total weight of carbon and silicon,
- less than 5% of the total weight of the following metals: manganese, cobalt, nickel, vanadium, chromium, tungsten and molybdenum

and having a Brinell hardness of less than 270 HB,
 characterized in that it has a manganese content at least equal to that given by the formula $Mn = 1.72 S + 0.30$ where S is the sulphur content due to sulphides bonded by the manganese, a carbon content of more than 3%, at least 2.3% by weight of carbon in the form of flake graphite and a perlitic structure, the cast iron comprising less than 5% by volume of ferrite.

- < 5 % des Gesamtgewichts aus folgenden Metallen: Mangan, Kobalt, Nickel, Vanadium, Chrom, Wolfram und Molybdän, und eine Brinellhärte niedriger als 270 HB hat, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Gehalt an Mangan hat, der wenigstens gleich dem durch die Formel $Mn = 1,72 S + 0,30$ gefundenen ist wobei S der Schwefelgehalt aufgrund der von dem Mangan gebundenen Sulfide ist, einen Kohlenstoffgehalt von mehr als 3 %, wenigsten 2,3 Gew.-% Kohlenstoff in Form von blätterförmigem Graphit und eine perlitische Struktur hat, wobei der Guß weniger als 5 Vol.-% Ferrit enthält.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Gusses hohen Phosphorgehalts, der einen hohen Widerstand gegen Abnutzung bietet und eine Brinellhärte niedriger als 270 HB hat, besonders zur Herstellung von Reibbremsvorrichtungen bestimmt und aus folgenden Bestandteilen zusammengesetzt ist:
 - 85 - 95 Gew.-% Eisen,
 - 2 - 10 Gew.-% Phosphor,
 - < 6 % des Gesamtgewichts Kohlenstoff und Silizium,
 - < 5 % des Gesamtgewichts aus folgenden Metallen: Mangan, Kobalt, Nickel, Vanadium, Chrom, Wolfram und Molybdän,
 dadurch gekennzeichnet, daß der Guß einen Mangan-gehalt hat, der wenigstens gleich dem durch die Formel $Mn = 1,72S + 0,30$ gefundenen ist, wobei S der Schwefelgehalt aufgrund der von dem Mangan gebundenen Sulfide ist, und daß Ferro-phosphor einem in einer Gießpfanne oder einem Mischapparat enthaltenen flüssigen Guß zugesetzt wird, um den Phosphorgehalt darin derart zu steuern, daß ein Guß mit einem Gehalt von wenigstens 2,3 % Kohlenstoff in Form von blätterförmigem Graphit und die Bildung einer perlitischen Struktur zu erreichen, wobei der Guß weniger als 5 Vol.-% Ferrit enthält.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zugesetzte Menge an Ferro-phosphor etwa 10 Gew.-% des flüssigen Gusses beträgt.
3. Guß hohen Phosphorgehalts, der zur Herstellung von Reibbremsvorrichtungen bestimmt ist, einen hohen Widerstand gegen Abnutzung bietet und aus folgenden Bestandteilen zusammengesetzt ist:
 - 85 - 95 Gew.-% Eisen,
 - 2 - 10 Gew.-% Phosphor,
 - < 6 % des Gesamtgewichts Kohlenstoff und Silizium,