(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 755 700**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **96 14103**

(51) Int Cl[6] : **C 21 C 5/54**

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 14.11.96.

(30) **Priorité** :

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 15.05.98 Bulletin 98/20.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *PECHINEY ELECTROMETALLURGIE SOCIETE ANONYME* — FR.

(72) **Inventeur(s) :**

(73) **Titulaire(s) :** .

(74) **Mandataire :** PECHINEY.

(54) PROCEDE DE TRAITEMENT DE L'ACIER DANS UN FOUR ELECTRIQUE A ARC POUR OBTENIR UN LAITIER MOUSSANT.

(57) L'invention concerne un procédé de traitement de l'acier dans un four électrique à arc pour former un laitier moussant à la surface de l'acier liquide, dans lequel on injecte dans le laitier ou à son voisinage du carbure de calcium en poudre en quantité comprise entre 3 et 8 kg par tonne d'acier dans le four.

Elle permet de réduire la perte en fer dans le laitier, notamment lorsque la charge contient du fer préréduit, et de diminuer la consommation d'énergie.

FR 2 755 700 - A1

Procédé de traitement de l'acier dans un four électrique à arc pour obtenir un laitier moussant

Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un procédé de traitement de l'acier au cours de son élaboration au four électrique à arc et, plus précisément, un procédé permettant d'assurer le moussage du laitier recouvrant le bain d'acier liquide dans le four.

Etat de la technique

Une partie croissante de l'acier produit dans le monde l'est actuellement par la filiére électrique, c'est à dire par élaboration au four électrique à arc à partir soit de ferrailles, soit de fer préréduit (DRI = direct reduced iron), soit de fonte solide ou liquide, ou d'un mélange de ces produits. On ajoute à la charge des produits, tels que la chaux et la dolomie, destinés à former un laitier à la surface de l'acier liquide, ainsi que du carbone, le plus souvent sous forme de coke, en combinaison avec une injection d'oxygène dans le four.

L'apport simultané de carbone et d'oxygène permet de remplacer une partie de l'énergie électrique par de l'énergie chimique, d'oxyder les impuretés, les oxydes formés étant en majeure partie piégés dans le laitier, et enfin d'ajuster le niveau de carbone dans l'acier. Par contre, il se forme également de l'oxyde de fer FeO dont le laitier contient, à la fin de l'élaboration une teneur comprise entre 20 et 50% en poids selon les paramètres de fonctionnement du four, ce qui constitue une perte en fer par rapport à celui introduit dans les matières premières.

Le rapport carbone/oxygène est déterminé en fonction des priorités que se fixe l'exploitant, comme, par exemple, la productivité, le contrôle de la température des parois de voûte, le bruit, le niveau final de carbone dans l'acier, la quantité d'oxygène dissous ou la quantité d'énergie chimique désirée.

Dans le but de mieux contrôler l'oxydation du fer qui affecte le rendement en métal et d'améliorer l'efficacité thermique du four, les aciéries électriques ont développé,

depuis quelques années, une technique dite de « laitier moussant », consistant à introduire le carbone par injection, en continu et sous forte pression, d'une poudre carbonée, par exemple une poudre de graphite ou d'anthracite, dans le laitier ou à son voisinage. L'oxydation de ce carbone produit de l'oxyde de carbone CO qui se dégage sous forme de bulles à travers le laitier et produit un effet de moussage. Ce moussage permet de couvrir l'arc électrique, ce qui améliore le rendement, de diminuer les pertes thermiques par rayonnement, de réduire le bruit et de protéger les électrodes.

Un exemple représentatif et récent de cette pratique est décrit dans l'article de R.D. MORALES et al. de la société IMEXSA « The Slag Foaming Practice in EAF and Its Influence on the Steelmaking Shop Productivity » ISIJ International, vol. 35, 1995, n° 9, pp. 1054-1062. L'article montre la réduction de la consommation électrique et de la teneur en fer du laitier résultant de l'introduction de la technique du laitier moussant dans le four électrique.

Cette réduction est d'autant plus intéressante que la charge est constituée majoritairement de fer préréduit. En effet, dans ce cas, on observe en général une teneur plus élevée en FeO dans le laitier et une quantité de laitier nécessaire plus importante que lorsqu'on utilise des ferrailles, ce qui conduit à une forte augmentation de la perte en fer, laquelle peut doubler en passant, par exemple, de 2% à 4% quand on passe d'une charge de ferrailles à une charge de fer préréduit. Cette substitution conduit également, toutes choses égales par ailleurs, à une augmentation de la consommation électrique.

Le carbure de calcium est largement utilisé dans l'affinage en poche des aciers, y compris ceux issus des aciéries électriques, mais, à la connaissance des inventeurs, il n'a jamais été utilisé industriellement dans le four électrique lui-même. Ainsi, l'article de G.M. FAULRING et G. MEDINA « Chaparral's Steelmaking Practice: Then, Now and Why » publié dans les 1994 Electric Furnace Conference Proceedings, pp. 401-409, avant de décrire longuement l'utilisation du carbure de calcium en poche d'affinage, indique qu' »une pratique efficace en sidérurgie exige un laitier oxydant dans le four et un laitier réducteur en poche » en précisant, un peu plus loin, que « CaC_2 est ajouté pour transformer un laitier oxydant en laitier réducteur ». Cet article montre bien qu'il existait, pour le spécialiste de la sidérurgie au four électrique comme

pour le producteur de carbure de calcium, un préjugé contre l'utilisation du carbure de calcium dans le four électrique lui-même.

On peut certes l'envisager comme source alternative de carbone, comme le font par exemple WANG PING et FU JIE de l'université de Beijing dans leur communication au 5ème European Electric Steel Congress à Paris du 19 au 23 juin 1995 « Advances in EAF + LF(V) Process in China ». Selon ces auteurs, on peut utiliser, pour former un laitier moussant, C, CaC_2 ou SiC comme source de carbone. Pour le carbure, la réaction d'oxydation s'écrit: $CaC_2 + 3\ O \Rightarrow CaO + 2CO$

On peut en conclure que, pour obtenir le même effet moussant, il faut avoir le même dégagement de CO et, par conséquent, substituer à 24 kg de carbone 64 kg de carbure, soit presque 3 fois plus en poids. Compte-tenu des prix respectifs du graphite ou de l'anthracite et du carbure de calcium, cette substitution n'est guère intéressante économiquement, et c'est probablement la raison pour laquelle elle n'a pas été mise en oeuvre.

Objet de l'invention

La demanderesse a mis en évidence, de manière surprenante, que, pour obtenir en matière de réduction des pertes en fer et de consommation électrique, des résultats au moins aussi bons, sinon meilleurs qu'avec le carbone, on pouvait utiliser du carbure de calcium en quantité beaucoup moins importante que celle à laquelle on pouvait s'attendre par substitution stoechiométrique de CaC_2 à C.

L'invention a ainsi pour objet un procédé de traitement de l'acier dans un four électrique à arc pour former un laitier moussant à la surface du bain liquide consistant à injecter, dans le laitier ou à son voisinage, de la poudre de carbure de calcium en quantité comprise entre 3 et 8 kg par tonne d'acier liquide.

Le carbure de calcium est, de préférence, un carbure de calcium technique à au moins 75% de carbure pur et de granulométrie inférieure à 2 mm. Il peut être utilisé seul ou mélangé à de la poudre de carbone, la quantité totale optimale pour le traitement étant comprise entre 6 et 8 kg/t d'acier.

Description de l'invention

La poudre de carbure de calcium peut remplacer totalement ou partiellement la poudre de graphite ou d'anthracite, mais, pour obtenir un effet sensible sur le perte en fer ou sur la consommation électrique, il faut en utiliser au moins 3 kg par tonne d'acier liquide. Quand il est utilisé seul, on constate qu'une substitution à poids égal du carbone par le carbure de calcium donne un bon résultat. Ceci est tout à fait surprenant puisque la quantité conduisant au même dégagement de CO serait 2,7 fois plus importante. Sachant qu'on utilise habituellement de 6 à 8 kg/t de poudre de carbone pour obtenir un laitier moussant, on peut avantageusement utiliser la même quantité pondérale de carbure en substitution.

Le carbure utilisé est, comme pour les autres applications sidérurgiques, du carbure dit « technique », c'est à dire du carbure résultant de la réduction carbothermique de la chaux au four électrique et contenant de 15 à 35% en poids de chaux résiduelle. Il est préférable que la teneur en carbure soit supérieure à 75%. La granulométrie est choisie de préférence en dessous de 2 mm, c'est à dire beaucoup moins que celle du carbure utilisé pour l'affinage en poche, généralement comprise entre 5 et 15 mm. On peut également ajouter à la poudre de carbure des poussières d'aspiration du four électrique.

L'injection de la poudre de carbure doit être accompagnée, comme celle de carbone, d'une injection concomittante d'oxygène pour obtenir un effet exothermique favorable aux différentes réactions, mais on maintient de préférence un certain défaut d'oxygène par rapport à la pratique courante.

Le laitier doit rester fortement agité pour permettre un transfert thermique rapide et l'élimination de la guangue formée en surface des grains de carbure. La réaction d'oxydation du carbure peut alors se poursuivre jusqu'à sa disparition totale du laitier et celle du carbone peut avoir lieu. L'injection du carbure se fait dans les mêmes conditions que celles du carbone, à l'aide d'une lance dont l'extrêmité se situe soit dans le laitier, soit juste au dessus, soit à l'interface métal-laitier.

La substitution d'un poids sensiblement égal de carbure de calcium technique au carbone pour le moussage du laitier de four électrique présente de nombreux avantages. La teneur en FeO du laitier est inférieure de 10% environ, ce qui, pour une quantité de laitier de l'ordre de 120 kg/t, induit une diminution de 12 kg/t de FeO dans le laitier, soit un gain de 9 kg de fer (environ 1%), sans compter le fait qu'on peut diminuer la quantité de laitier utilisé.

La consommation d'électricité, à quantité égale d'oxygène injecté, est réduite de l'ordre de 20 kWh par tonne, ce qui entraîne en plus une réduction de la consommation d'électrode et une réduction de la durée sous tension, conduisant à une réduction correspondante du temps entre 2 mises sous tension (« tap to tap »). Si l'exploitant n'est pas intéressé par une augmentation de la productivité, il peut choisir de réduire la quantité d'oxygène injecté, ce qui réduit le coût-matière et l'énergie d'injection.

Le fait de travailler avec un laitier à plus faible teneur en FeO conduit à une réduction de la consommation de réfractaires et de désoxydants en poche. Enfin, on peut diminuer la quantité de chaux apportée pour la formation du laitier, puisque la décomposition du carbure donne de la chaux. L'ensemble de ces avantages conduit ainsi à un bilan économique très favorable.

Le procédé de traitement selon l'invention s'applique non seulement aux aciers ordinaires, mais également aux aciers alliés, en particulier les aciers inoxydables, élaborés au four électrique.

Exemple

Une série de 10 mesures comparatives ont été réalisées sur un four électrique à arc industriel de 130 t de capacité, avec une charge constituée de 70% (en poids) de fer préréduit et de 30% de ferrailles. La durée de traitement a été de 55 mn. Les résultats sont les suivants, en moyenne et rapportés à la tonne d'acier liquide:

-	Art antérieur	Invention
Anthracite	8 kg/t	-
Carbure de calcium	-	7,4 kg/t
Oxygène	25 Nm^3/t	20,8 Nm^3/t
Consommation électrique	510 kWh/t	487 kWh/t
Teneur FeO du laitier	47,8%	37,4%

Avec l'injection de carbure de calcium, on constate un moussage du laitier comparable avec la technique antérieure et plutôt mieux stabilisé. Le laitier avant coulée ne contient plus de carbure de calcium.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de l'acier dans un four électrique à arc pour former un laitier moussant à la surface de l'acier liquide, caractérisé en ce qu'on injecte dans le laitier ou au voisinage du laitier du carbure de calcium en poudre en quantité comprise entre 3 et 8 kg par tonne d'acier dans le four.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on mélange au carbure de calcium une poudre carbonée en quantité telle que la quantité totale soit comprise entre 6 et 8 kg/t.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la poudre de carbure de calcium a une granulométrie inférieure à 2 mm.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le carbure de calcium est du carbure technique à au moins 75% de carbure.

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national 2755700

FA 536356
FR 9614103

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée	
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y A	FR 2 634 787 A (IRSID) * page 7, ligne 20 - ligne 24; revendications 1-7 * ---	1 2	
Y	EP 0 637 634 A (VOEST-ALPINE) * page 4, colonne 6, ligne 4 - ligne 17; revendication 1 * ---	1	
Y	DATABASE WPI Section Ch, Week 7415 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 74-28062V XP002036134 & JP 49 011 287 B (MASARU SHIBATA) , 15 Mars 1974 * abrégé * ---	1	
A	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 84, no. 20, 17 Mai 1976 Columbus, Ohio, US; abstract no. 139293, SHIRAKI, TAKEO: "Oxygen removal from steels in electric-arc furnaces" XP002036132 * abrégé * & JP 50 113 409 A (KOMATSU MFG. CO., LTD., JAPAN) ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6) C21C
A,D	EUROPEAN ELECTRIC STEEL CONGRESS, 19 Juin 1995, pages 503-511, XP000618387 PING W ET AL: "ADVANCES IN EAF+LF(V) PROCESS IN CHINA" ---	1	
A	US 4 528 035 A (WILLIAM B. SIMPSON) ---		
A	US 4 447 265 A (JOHN W. SCHWER) ---		
	-/--		

1

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
25 Juillet 1997	Elsen, D

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national 2755700

FA 536356
FR 9614103

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	EP 0 655 508 A (CENTRO SVILUPPO MATERIALI) ---	
A	DD 238 170 C (AMT FUR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN) ---	
A	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 88, no. 10, 6 Mars 1978 Columbus, Ohio, US; abstract no. 64642, ANIOLA-KUSIAK, ALEKSANDRA ET AL: "Melting of carbon steels and low-alloy steels in single-slag practice in an electric arc furnace" XP002036133 * abrégé * & HUTNIK (1977), 44(5), 222-5 CODEN: HUTNAD, 1977, -----	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
25 Juillet 1997	Elsen, D

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)