(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
13 avril 2006 (13.04.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/037777 A1

(51) Classification internationale des brevets :
C22B 7/02 (2006.01) *F27B 9/18* (2006.01)
C22B 19/30 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2005/054985

(22) Date de dépôt international :
4 octobre 2005 (04.10.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
04104885.1 5 octobre 2004 (05.10.2004) EP
04104968.5 11 octobre 2004 (11.10.2004) EP

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **PAUL WURTH S.A.** [LU/LU]; 32, rue d'Alsace, L-1122 Luxembourg (LU).

(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **LONARDI, Emile** [LU/LU]; 30, rue de Schouweiler, L-4945 BASCHARAGE (LU). **ROTH, Jean-Luc** [FR/FR]; 17, rue des Glacis, F-57100 Thionville (FR).

(74) Mandataires : **KIHN, Pierre** etc.; Office Ernest T. Freylinger S.A., B.P. 48, L-8001 Strassen (LU).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— *avec rapport de recherche internationale*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: TREATMENT OF IRON-AND-STEEL PLANT SLUDGE IN A MULTISTAGE FURNACE

(54) Titre : TRAITEMENT DE BOUES D'USINES SIDERURGIQUES DANS UN FOUR A ETAGES

(57) Abstract: The invention concerns a method for treating iron-and-steel plant sludge comprising adjusting the available CaO content of the sludge so as to obtain an available CaO content of 3 % to 8 % based on the sludge weight, adding a carbon-containing fuel, introducing the sludge onto one of the upper stages of a multistage furnace, heating the multistage furnace, gradually transferring the sludge onto the lower stages, and adjusting the temperature of the exhaust gases of the multistage furnace to at least 500 °C and that of the treated sludge at the output of the multistage furnace to a temperature ranging between 700 °C and 800 °C.

(57) Abrégé : L'invention propose un procédé de traitement de boues sidérurgiques comprenant l'ajustement de la teneur en CaO disponible des boues afin d'obtenir une teneur en CaO disponible de 3% à 8% rapporté au poids des boues, l'ajout d'un combustible carboné, l'introduction des boues sur un des étages supérieurs d'un four à étages, le chauffage du four à étages, le transfert graduel des boues sur les étages inférieurs, et le réglage de la température des gaz d'échappement du four à étages à au moins 500°C et de celle des boues traitées à la sortie du four à étages à une température comprise entre 700°C et 800°C.

WO 2006/037777 A1

Traitement de boues d'usines sidérurgiques

Introduction

La présente invention concerne un procédé de traitement de boues d'usines sidérurgiques provenant des poussières de hauts-fourneaux, d'aciéries ou de laminoirs.

Dans les usines sidérurgiques intégrées, la plupart des poussières des traitements de gaz en provenance des haut-fourneaux ou des aciéries, ou des oxydes collectés au laminage se présentent sous forme de boues contenant entre 30 et 70% d'eau. Même après passage dans un filtre-presse, les boues résultantes comportent encore 20 à 40% d'eau, et leur traitement par un procédé pyrométallurgique pour en extraire le zinc et recycler le fer contenu, exige par conséquent un séchage préalable.

En effet, ces boues étant le coproduit majoritaire, il n'est pas possible de les agglomérer en boulettes ou en briquettes en ajoutant des coproduits « secs », car cette agglomération exige une teneur minimale en eau (moins de 10%).

Il en résulte que les rares unités de traitement pyrométallurgique de boues sidérurgiques mises en service récemment (principalement au Japon) comportent une longue série d'opérations, à savoir :

- pré-séchage des boues,
- broyage des boues pré-séchées,
- préparation d'un mélange pouvant être aggloméré, avec ajout d'un liant et d'eau aux boues pré-séchées,
- agglomération du mélange (bouletage ou briquetage),
- post-séchage et/ou maturation des boulettes ou briquettes,
- procédé pyrométallurgique proprement dit, qui dans le cas des installations japonaises citées comporte une étape de calcination et de réduction, avec extraction d'une grande partie du zinc, et

- refroidissement du produit dézingué et pré-réduit, et
- fusion des briquettes calcinées-réduites au haut fourneau.

D'autre part, il est connu de réaliser la calcination de boues brutes dans des fours à étages, mais

- d'une part, ces boues ont une granulométrie et une consistance qui permet un transport régulier de la matière au moyen du dispositif de « rabblage » du four,
- d'autre part l'apport énergétique est réalisé par des combustibles (gaz ou fioul) dont la disponibilité et le prix posent problème ; le coût de cette calcination est alors très élevé, surtout lorsque la boue traitée comporte – comme dans le cas des boues sidérurgiques – une teneur importante en eau et en oxydes de fer, mais aussi en carbonates et en hydrates dont l'évaporation, respectivement la réduction consomment beaucoup d'énergie.

Or, comme les boues sidérurgiques sont issues soit des installations de dépoussiérage (le plus souvent humide), soit de la collecte des oxydes de fer formés à la coulée et au laminage de l'acier, elles ont des granulométries initiales très fines, et des essais préliminaires montrent que ces boues ne sont pas aptes à un tel traitement de calcination au four à étages. En effet, après la phase de séchage, ces boues se délitent en poussière fine, qui ne peut être déplacée par des pelles, car elle se comporte comme de l'eau (en particulier, l'angle de talus est quasi nul).

Objet de l'invention

L'objet de la présente invention est par conséquent de proposer un procédé de traitement des boues d'usines sidérurgiques simplifié, évitant ainsi la lourde série d'opérations de conditionnement des boues.

Conformément à l'invention, cet objectif est atteint par un procédé selon la revendication 1.

Description générale de l'invention

Afin de résoudre le problème mentionné ci-dessus, la présente invention propose un procédé de traitement de boues sidérurgiques comprenant les étapes suivantes :

- ajustement de la teneur en CaO disponible des boues afin d'obtenir une teneur en CaO disponible de 3% à 8% rapporté au poids des boues,
- ajout d'un combustible carboné,
- introduction des boues sur un des étages supérieurs d'un four à étages,
- chauffage du four à étages,
- transfert graduel des boues sur les étages inférieurs,
- réglage de la température des gaz d'échappement du four à étages à au moins 500°C et de celle des boues traitées à la sortie du four à étages à une température comprise entre 700°C et 800°C.

Le procédé selon l'invention permet non seulement d'éviter les opérations lourdes de préparation mentionnées ci-dessus, mais permet également d'utiliser un four à étages dans lequel on charge directement les boues. En fait, la solution proposée s'appuie sur une utilisation particulière du four à étages et consiste à réaliser un traitement de calcination de la boue en ajustant la composition de la boue et le chemin de température de sorte à provoquer une sorte de « granulation » de la boue après son séchage, et ce afin de la rendre transportable.

En effet, cette pseudo-granulation a lieu spontanément avec la montée en température et en présence d'une certaine proportion de chaux CaO disponible, qui forme avec les oxydes de fer (FeO, Fe_2O_3) des ferrites de chaux $2CaO.Fe_2O_3$ ou $CaO.FeO.Fe_2O_3$, composés qui peuvent commencer à « fritter », c'est-à-dire à former des phases pâteuses, collantes, à partir de ~700°C.

Or, malgré des teneurs apparemment suffisantes en chaux dans la plupart des boues (voir le tableau ci-dessous), cette pseudo-granulation ne se produit pas

toujours. Il a été trouvé que toute la chaux, dont la teneur a été déterminé par les méthodes de dosage classiques, n'est pas disponible pour la réaction de formation de ferrites de chaux.

En effet, des analyses fines montrent que la chaux, telle qu'elle est dosée par les méthodes classiques dans les boues (chaux apparente), y est présente, du moins en partie, sous forme de différents sels de calcium, comme par exemple le carbonate $CaCO_3$, le sulfate $CaSO_4$, etc. Cette partie de la « chaux » ne sera donc disponible pour former des ferrites de calcium qu'après décomposition (par exemple du carbonate en chaux et en dioxyde de carbone : $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$). Or cette réaction est réalisée industriellement à plus de 900°C, et en principe elle est très lente à 700°C.

On constate qu'on aurait intérêt à augmenter la température à 800°C ou même au-delà, mais l'expérience montre que le carbone présent commence alors à réduire le fer de manière notable ($FeO + C \rightarrow Fe + CO$), et que le gaz CO dégagé empêche la formation des ferrites de calcium, responsables de la granulation spontanée de la boue qui, justement, assure son aptitude à être traitée au four à étages.

La chaux ou CaO disponible est par conséquent la fraction de la chaux apparente qui peut, dans les conditions retenues, réagir avec les oxydes de fer présents dans les boues pour former les ferrites de chaux responsables de l'agglomération. Les études qui ont mené à la présente invention ont montré qu'en pratique la fraction de CaO disponible ne représente en général que 10 à 50% de la chaux apparente.

La teneur en CaO – il s'agit principalement de chaux hydratée $Ca(OH)_2$, car dans une boue à 20~40% H_2O on ne peut pas avoir de chaux vive – est évidemment exprimée en pourcentage en poids de CaO par rapport à la boue sèche.

Ce procédé avantageux de séchage-calcination avec granulation, permettant de traiter des boues très fines au four à étages, ne fonctionne donc qu'avec un réglage « pointu » de la composition, en l'occurrence de la chaux disponible, et d'autres paramètres, tels que la température, etc.

Pour le traitement des boues selon l'invention, il importe par conséquent d'assurer dans la boue à traiter une proportion minimale de chaux disponible, soit en jouant sur le mélange de différentes boues (ce qui n'est généralement pas possible ou économiquement faisable à échelle industrielle), soit de préférence en ajoutant de la chaux. En pratique, l'ajustement de la teneur en CaO disponible est réalisé par ajout de chaux vive et/ou de chaux hydratée. Comme mentionné plus haut, pour un fonctionnement optimal du procédé, la teneur en CaO disponible devra généralement être comprise entre 6% et 15%, de préférence entre 8% et 12%.

Un avantage du présent procédé est que le combustible carboné servant à l'apport d'énergie nécessaire pour le chauffage des boues peut en principe être choisi parmi les combustibles fossiles courants comme le fioul, le gaz et, surtout le charbon ou même d'une combinaison de ceux-ci. Outre l'avantage économique de pouvoir utiliser du charbon au lieu du fioul ou du gaz, le procédé permet en outre que l'ajout de combustible carboné soit réalisé en ajoutant ou en mélangeant simplement le charbon aux boues. L'ajout de charbon aux boues peut être - du moins en partie - réalisé sur l'étage supérieur du four à étages. Il est également prévu que le charbon pourra être - du moins en partie - mélangé aux boues avant leur introduction dans le four à étages. Pour des raisons pratiques, le charbon y est mélangé de préférence avant l'introduction dans le four à étages.

Il est également envisagé que l'ajout de combustible carboné est réalisé - du moins en partie - à l'aide de brûleurs installés dans le four à étages et alimentés en gaz ou en fioul.

Le charbon est à doser principalement en fonction de l'humidité de la boue. En règle générale (20~40% d'humidité), l'ordre de grandeur de la quantité de charbon à utiliser est d'au moins 100 kg de combustible carboné (charbon et/ou équivalent de gaz et/ou de fioul) par tonne de boue, de préférence entre 100 et 200 kg par tonne de boue.

Un facteur important du procédé de traitement selon l'invention est le réglage approprié de la température des différents étages du four. En l'occurrence, la

boue est introduite dans le four à étages en assurant dans l'étage supérieur un apport thermique tel que les gaz en sortent à une température supérieure à 500°C, de préférence supérieure à 600°C, de sorte à assurer un séchage rapide de la boue. D'autre part, il est important de régler les étages inférieurs du four à des températures comprises entre 700 et 800°C (températures des réfractaires), de préférence entre 700 et 750°C, et le temps de séjour de la boue à une durée permettant d'assurer une température de la matière défournée d'au moins 700°C.

Dans une forme de réalisation, le réglage de la température des gaz d'échappement du four à étages à au moins 500°C et/ou de celle des boues traitées à la sortie du four à étages à une température comprise entre 700°C et 800°C est réalisé par injection d'un gaz contenant de l'oxygène, de préférence de l'air. En variante ou en complément, le réglage de la température des gaz d'échappement du four à étage à au moins 500°C et/ou de celle des boues traitées à la sortie du four à étages à une température comprise entre 700°C et 800°C est réalisé par des brûleurs alimentés en gaz ou en fioul. En pratique, la combustion étagée du combustible carboné, de préférence le charbon, sera généralement assurée par une injection d'air réglée pour atteindre et maintenir les températures de consigne des étages. Un complément d'énergie éventuellement nécessaire à l'un ou l'autre étage peut être fourni par des brûleurs alimentés en gaz ou en fioul.

Dans la pratique, on ne règle donc pas directement la température des gaz d'échappement, mais indirectement, par les apports de charbon apporté avec la boue, et d'air et, le cas échéant, de complément gaz ou fioul dans les premiers étages (étages supérieurs) ; donc on règle les apports charbon, gaz et air de sorte à obtenir une température de fumée, c'est-à-dire des gaz d'échappement >500°C.

De même, on ne règle pas directement la température de la matière défournée, mais indirectement, par les températures des derniers étages (la régulation de température de ces derniers se faisant par apport d'air brûlant du charbon), et le temps de séjour. Par conséquent, si le temps de séjour est long (p.ex. 2h) la

température de la matière défournée sera très proche de celle du dernier étage (température de réfractaire), p.ex. 725°C pour une température d'étage de 750°C, mais pour un temps de séjour plus court (1 h), on défournera à ~700°C pour la même température du dernier étage (750°C). Si on souhaite travailler avec des temps de séjour faibles, il faut donc disposer de températures plus élevées aux derniers étages pour obtenir une température donnée de la matière défournée.

En résumé, les avantages d'un procédé de traitement de séchage-calcination de boues sidérurgiques selon l'invention au four à étages sont les suivants :

- assurer la faisabilité du transport de matière, et ainsi éviter une préparation multi-étapes très lourde,
- minimiser le besoin énergétique de l'étape de réduction-fusion ultérieure éventuelle, en décomposant les carbonates et hydrates, qui sont des réactions très endothermiques, et
- minimiser davantage le coût énergétique de l'opération de séchage-calcination, en utilisant le charbon comme combustible principal.

Dans un mode réalisation avantageux du procédé de traitement de boues sidérurgiques décrit ci-dessus, celui-ci comprend en outre les étapes suivantes :

- traitement pyrométallurgique comprenant la réduction et la fusion des boues traitées sortant du four à étages dans un four électrique,
- extraction de zinc éventuellement contenu dans les boues traitées, des gaz d'échappement et
- coulée de fonte et de laitier à la sortie du four électrique.

Ces étapes, qui constituent une opération de réduction-fusion finale avec dézingage des boues traitées ou calcinées, sont avantageusement réalisées dans un four électrique à arc, par exemple suivant un procédé comme celui décrit dans la demande de brevet international WO2002068700.

Ce dernier procédé met en oeuvre un four électrique à arc libre dans un procédé très particulier, consistant à charger les boues traitées chaudes (de préférence directement à la sortie du four à étages, c'est-à-dire à une température supérieure à 500°C et à travailler sur un pied de bain de fonte surmonté d'une couche de laitier liquide non moussant. Le brassage de pied de bain peut s'effectuer par injection d'un gaz neutre (azote, argon) à travers la sole du four et/ou par injection de gaz contenant de l'oxygène au moyen d'une ou plusieurs lances. Le pied de bain est très fortement brassé par injection de gaz. Ce brassage très énergique permet d'homogénéiser en température le bain métal + laitier et de renouveler la surface de la couche de laitier afin qu'elle reste surchauffée et bien liquide, et capable d'absorber les boues traitées sans que celles-ci ne se solidifient et forment une croûte infranchissable.

Dans le cas où le brassage du pied de bain est réalisé par injection de gaz neutre ou inerte à travers la sole du four électrique à arc, le débit du gaz inerte dans le procédé proposé est de préférence compris entre 50 l/min.t (litres par minute et par tonne de métal liquide du bain) et 150 l/min.t. De manière particulièrement préférée, le débit de brassage se situe entre 80 et 120 l/min.t. Ces débits sont à ajuster en fonction de la hauteur du pied de bain et du nombre et de la position des points d'injection. Ce débit élevé de brassage est sans rapport avec la pratique courante au four électrique à arc. En effet, le débit de brassage dans les procédés classiques de production d'acier dans un four électrique à arc se situe dans la gamme de 1 à 10 l/min.t et est destiné seulement à homogénéiser le bain et à régulariser les résultats métallurgiques et la température.

Pour garantir l'efficacité optimale du brassage, le pied de bain métallique doit avoir une certaine hauteur minimale, de préférence une hauteur d'au moins 0,3 m, afin de garantir un brassage énergique du bain de métal en fusion. Il faut veiller à éviter que l'injection du gaz de brassage par la sole du four ne fasse simplement un "trou" au travers du bain de métal, sans le mettre énergiquement en mouvement. Bien entendu, cette hauteur minimale peut varier en fonction de la configuration du four à arc électrique et de l'emplacement des

moyens d'injection de gaz qui sont de préférence des briques poreuses ou bien des tuyères.

Des moyens d'injection de gaz de brassage sont positionnés le cas échéant près du bord extérieur de la sole du four à arc électrique, c'est à dire latéralement au fond du bain, de manière à ramener vers la zone centrale plus chaude, située entre les électrodes, les particules de boues traitées restant ou tendant à s'agglomérer au bord du four.

Alternativement ou complémentairement au brassage du pied de bain par injection de gaz inerte à travers la sole du four électrique à arc, le brassage du pied de bain est réalisé par injection de gaz contenant de l'oxygène au moyen d'un ou plusieurs injecteurs. En injectant ce gaz contenant de l'oxygène dans le pied de bain au moyen d'un jet pénétrant, il se forme des bulles de CO gazeux par réaction avec le C de la fonte. Ce dégagement de CO dans le métal liquide crée des turbulences qui assurent un brassage vigoureux du pied de bain et du laitier.

Afin de protéger les boues traitées pendant leur chute dans le four, celles-ci peuvent être entourées par un rideau de gaz inerte, de préférence de l'azote ou de l'argon. Le rideau de gaz inerte de préférence de forme annulaire permet de minimiser l'envol latéral des particules par l'aspiration du four et la réoxydation des boues traitées avant que celles-ci n'atteignent la couche de laitier respectivement le pied de bain. On utilise de préférence un débit d'azote de l'ordre de 50 Nm^3/h à 200°Nm^3/h pour former le rideau de protection et pour ainsi protéger le transfert d'environ 10 à 60 t/h de boues traitées comprenant de l'ordre de 50% Fe métallisé à un taux compris entre 60 et 100%. Ces valeurs dépendent de nombreux facteurs, tels que la géométrie du four, la hauteur de chute des boues traitées, des turbulences à l'intérieur du four électrique à arc etc. et doivent être adaptées en conséquence.

Le transfert des boues traitées est généralement réalisé dans la région centrale du four électrique à arc, située entre les électrodes.

On peut mélanger du charbon ayant de préférence un diamètre compris entre 2 et 20 mm aux boues traitées avant leur enfournement dans le four électrique à

arc. La quantité de charbon mis en oeuvre dépend de la quantité de carbone contenue dans les boues traitées.

Le besoin de carbone en excès dans la matière sortant du four à étages dépend de la teneur en fer, du niveau de métallisation et du taux de carbonates résiduels. L'expérience montre qu'il faut entre 12 et 18% de C excédentaire si l'on produit une fonte avec 3,5 à 5%C. La teneur en soufre dépend de la teneur en soufre de la boue initiale. On visera une teneur en soufre de la fonte qui est typiquement entre 0,04 et 0,08% pour une teneur comprise entre 0,4 à 0,6%S dans la boue initiale.

Le zinc contenu dans les boues traitées peut être récupéré par extraction dans sa quasi totalité dans les gaz d'échappement.

En conclusion, outre les avantages présentés ci-dessus, ces étapes supplémentaires d'un mode de réalisation avantageux du procédé de traitement de boues sidérurgiques selon l'invention permettent :

- l'utilisation de ces boues dans un procédé pyrométallurgique, et
- l'extraction quasi complète du zinc.

Exemples

Le tableau ci-après donne des compositions élémentaires-types de ces boues (ou poussière dans le cas du dépoussiérage sec).

	1	2	3	4
Origine	**Dépoussiérage sec**	**Dépoussiérages humides**		**Epuration d'eau**
	Sec (Agglo. + haut-fourneau + aciérie)	Boues de haut-fourneau	Boues d'aciérie	Boues de laminoirs
Fe	30	12	55	62
C	26	40	3	5
CaO apparent	**5**	**18**	**10**	**2**
SiO_2	5	6	1	1
Al_2O_3	2	4	0	0
MgO	1	2	1	2
Zn	0~1	1~5	0,5~5	0~1
Pb	0~1	0~1	0~0,5	0~0,1

Le problème majeur de la mise en œuvre d'un procédé de traitement de boues sidérurgiques dans un four à étages provient en fait de la granulométrie très fine des poussières contenues dans ces boues, qui entraîne une fluidité trop importante une fois les boues séchées.

Nous avons découvert qu'en principe il est néanmoins possible de traiter ces boues dans un four à étages dans les conditions mises au point, si suffisamment de chaux CaO est présente pour permettre la formation de ferrites de chaux qui favorisent l'agglomération des poussières.

Or, les données obtenues selon les méthodes de dosage standard montrent une teneur en CaO apparemment suffisante pour une bonne partie des poussières et boues sidérurgiques récupérées dans les usines sidérurgiques intégrées. Néanmoins, lors des recherches qui ont mené à la présente invention, il s'est avéré que dans certains cas, la formation de ferrites de chaux, c'est-à-dire l'agglomération des poussières, ne se produisait pas, et ce même dans des cas présentant une teneur apparemment suffisante en chaux.

Comme indiqué précédemment, ce n'est qu'en effectuant des études plus fines qu'il a étédécouvert qu'en réalité, dû aux méthodes de dosage standard utilisées, le CaO tel qu'il dosé n'est présent sous cette forme en général qu'à 10 à 50% de la quantité de chaux apparente déterminée, le reste se trouvant sous forme d'autres composés du calcium, tels que les carbonates, sulfates, etc.

Même si ces composés peuvent être calcinés à haute température (900°C), une telle température ne peut pas être utilisée pour les raisons expliquées ci-dessus. La chaux ou CaO disponible est par conséquent la fraction de la chaux apparente qui peut, dans les conditions retenues, réagir avec les oxydes de fer présents dans les boues pour former les ferrites de chaux responsables de l'agglomération.

Les essais que nous avons alors effectués en ajustant la teneur en CaO ont permis d'obtenir de bons résultats pour les boues et mélanges de boues de différentes origine dans lesquelles la teneur en CaO disponible a été ajusté à une valeur supérieure à 3%. Des valeurs supérieures à 8% n'apportent en général aucun avantage notable, mais augmentent significativement les coûts du procédé.

Revendications

1. Procédé de traitement de boues sidérurgiques comprenant les étapes suivantes :
   - ajustement de la teneur en CaO disponible des boues afin d'obtenir une teneur en CaO disponible de 3% à 8% rapporté au poids des boues,
   - ajout d'un combustible carboné,
   - introduction des boues sur un des étages supérieurs d'un four à étages,
   - chauffage du four à étages,
   - transfert graduel des boues sur les étages inférieurs,
   - réglage de la température des gaz d'échappement du four à étages à au moins 500°C et de celle des boues traitées à la sortie du four à étages à une température comprise entre 700°C et 800°C.
2. Procédé de traitement selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ajustement de la teneur en CaO disponible est réalisé par ajout de chaux vive et/ou de chaux hydratée.
3. Procédé de traitement selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'ajout de combustible carboné est réalisé en ajoutant du charbon aux boues.
4. Procédé de traitement selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'ajout de charbon aux boues est - du moins en partie - réalisé sur l'étage supérieure du four à étages.
5. Procédé de traitement selon la revendication 3, caractérisé en ce que le charbon est - du moins en partie - mélangé aux boues avant leur introduction dans le four à étages.
6. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on ajoute au moins 100 kg de combustible carboné par tonne de boues.

7. Procédé de traitement selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ajout de combustible carboné est réalisé - du moins en partie - à l'aide de brûleurs installés dans le four à étages et alimentés en gaz ou en fioul.

8. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réglage de la température des gaz d'échappement du four à étages à au moins 500°C et/ou de celle des boues traitées à la sortie du four à étages à une température comprise entre 700°C et 800°C est réalisé par injection d'un gaz contenant de l'oxygène.

9. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réglage de la température des gaz d'échappement du four à étage à au moins 500°C et/ou de celle des boues traitées à la sortie du four à étages à une température comprise entre 700°C et 800°C est réalisé par des brûleurs alimentés en gaz ou en fioul.

10. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre les étapes suivantes

    - traitement pyrométallurgique comprenant la réduction et la fusion des boues traitées sortant du four à étages dans un four électrique,
    - extraction de zinc éventuellement contenu dans les boues traitées, des gaz d'échappement et
    - coulée de fonte et de laitier à la sortie du four électrique.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le four électrique est un four électrique à arc.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/054985

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22B7/02 C22B19/30 F27B9/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C22B F27B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/66796 A (PAUL WURTH S.A; ROTH, JEAN-LUC; LONARDI, EMILE; HUTMACHER, PATRICK) 9 November 2000 (2000-11-09) page 3, line 25 - page 5, line 27; claims 1,2,11,13-15,21-24; figures 1-4	1-11
A	WO 02/086406 A (PAUL WURTH S.A; HUTMACHER, PATRICK; FERRETTI, PASCAL; ARENDT, STEVE; L) 31 October 2002 (2002-10-31) page 12, line 22 - page 14, line 13	1-11
A	US 4 248 164 A (ISHEIM ET AL) 3 February 1981 (1981-02-03) column 4, line 10 - line 44; figure 1	1-9
A	EP 0 285 458 A (ELKEM A/S) 5 October 1988 (1988-10-05) figures 1-4; example 1	10,11

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 January 2006	26/01/2006

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Bombeke, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/054985

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 200359 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 2003-624250 XP002320990 & KR 2003 037 748 A (POSCO) 16 May 2003 (2003-05-16) abstract	2
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197932 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1979-59541B XP002320991 & SU 630 301 A (ROSTOVSKII V I) 15 September 1978 (1978-09-15) abstract	1,2
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197821 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1978-37440A XP002320992 & JP 53 040614 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 13 April 1978 (1978-04-13) abstract	1
A	US 4 940 487 A (LUGSCHEIDER ET AL) 10 July 1990 (1990-07-10) column 1, line 23 - line 26	10,11
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197805 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1978-09522A XP002363196 & JP 52 152811 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 19 December 1977 (1977-12-19) abstract	2,10,11
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197818 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1978-32677A XP002363197 & JP 53·030402 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 22 March 1978 (1978-03-22) abstract	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/054985

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0066796 A	09-11-2000	AU 5210800 A	17-11-2000
		EP 1192288 A1	03-04-2002
		LU 90395 A1	06-12-2000
		ZA 200108580 A	20-01-2003
WO 02086406 A	31-10-2002	BR 0209337 A	15-06-2004
		CA 2443041 A1	31-10-2002
		CN 1503892 A	09-06-2004
		EP 1381818 A1	21-01-2004
		JP 2004530095 T	30-09-2004
		LU 90766 A1	28-10-2002
		PL 363568 A1	29-11-2004
		TW 494211 B	11-07-2002
		US 2004123785 A1	01-07-2004
		ZA 200307754 A	20-07-2004
US 4248164 A	03-02-1981	NONE	
EP 0285458 A	05-10-1988	CA 1297300 C	17-03-1992
		JP 1834111 C	29-03-1994
		JP 3053368 B	14-08-1991
		JP 63262428 A	28-10-1988
		NO 871369 A	03-10-1988
		US 4957551 A	18-09-1990
		US 5004496 A	02-04-1991
KR 2003037748 A	16-05-2003	NONE	
SU 630301 A	30-10-1978	NONE	
JP 53040614 A	13-04-1978	NONE	
US 4940487 A	10-07-1990	AR 240339 A1	30-03-1990
		AT 392289 B	25-02-1991
		AT 92588 A	15-08-1990
		BR 8901664 A	21-11-1989
		CN 1036798 A	01-11-1989
		DD 283843 A5	24-10-1990
		EP 0336923 A2	11-10-1989
		HU 49913 A2	28-11-1989
		IN 171525 A1	07-11-1992
		JP 2015130 A	18-01-1990
		KR 9301334 B1	26-02-1993
		YU 69489 A1	30-04-1991
		ZA 8902187 A	29-11-1989
JP 52152811 A	19-12-1977	NONE	
JP 53030402 A	22-03-1978	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP2005/054985

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
C22B7/02 C22B19/30 F27B9/18

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
C22B F27B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 00/66796 A (PAUL WURTH S.A; ROTH, JEAN-LUC; LONARDI, EMILE; HUTMACHER, PATRICK) 9 novembre 2000 (2000-11-09) page 3, ligne 25 - page 5, ligne 27; revendications 1,2,11,13-15,21-24; figures 1-4	1-11
A	WO 02/086406 A (PAUL WURTH S.A; HUTMACHER, PATRICK; FERRETTI, PASCAL; ARENDT, STEVE; L) 31 octobre 2002 (2002-10-31) page 12, ligne 22 - page 14, ligne 13	1-11
A	US 4 248 164 A (ISHEIM ET AL) 3 février 1981 (1981-02-03) colonne 4, ligne 10 - ligne 44; figure 1	1-9

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
17 janvier 2006	26/01/2006

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Bombeke, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP2005/054985

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 285 458 A (ELKEM A/S) 5 octobre 1988 (1988-10-05) figures 1-4; exemple 1	10,11
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 200359 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 2003-624250 XP002320990 & KR 2003 037 748 A (POSCO) 16 mai 2003 (2003-05-16) abrégé	2
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197932 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1979-59541B XP002320991 & SU 630 301 A (ROSTOVSKII V I) 15 septembre 1978 (1978-09-15) abrégé	1,2
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197821 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1978-37440A XP002320992 & JP 53 040614 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 13 avril 1978 (1978-04-13) abrégé	1
A	US 4 940 487 A (LUGSCHEIDER ET AL) 10 juillet 1990 (1990-07-10) colonne 1, ligne 23 - ligne 26	10,11
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197805 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1978-09522A XP002363196 & JP 52 152811 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 19 décembre 1977 (1977-12-19) abrégé	2,10,11
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197818 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M24, AN 1978-32677A XP002363197 & JP 53 030402 A (NISSHIN STEEL CO LTD) 22 mars 1978 (1978-03-22) abrégé	2

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/EP2005/054985

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 0066796	A	09-11-2000	AU	5210800 A	17-11-2000
			EP	1192288 A1	03-04-2002
			LU	90395 A1	06-12-2000
			ZA	200108580 A	20-01-2003
WO 02086406	A	31-10-2002	BR	0209337 A	15-06-2004
			CA	2443041 A1	31-10-2002
			CN	1503892 A	09-06-2004
			EP	1381818 A1	21-01-2004
			JP	2004530095 T	30-09-2004
			LU	90766 A1	28-10-2002
			PL	363568 A1	29-11-2004
			TW	494211 B	11-07-2002
			US	2004123785 A1	01-07-2004
			ZA	200307754 A	20-07-2004
US 4248164	A	03-02-1981	AUCUN		
EP 0285458	A	05-10-1988	CA	1297300 C	17-03-1992
			JP	1834111 C	29-03-1994
			JP	3053368 B	14-08-1991
			JP	63262428 A	28-10-1988
			NO	871369 A	03-10-1988
			US	4957551 A	18-09-1990
			US	5004496 A	02-04-1991
KR 2003037748	A	16-05-2003	AUCUN		
SU 630301	A	30-10-1978	AUCUN		
JP 53040614	A	13-04-1978	AUCUN		
US 4940487	A	10-07-1990	AR	240339 A1	30-03-1990
			AT	392289 B	25-02-1991
			AT	92588 A	15-08-1990
			BR	8901664 A	21-11-1989
			CN	1036798 A	01-11-1989
			DD	283843 A5	24-10-1990
			EP	0336923 A2	11-10-1989
			HU	49913 A2	28-11-1989
			IN	171525 A1	07-11-1992
			JP	2015130 A	18-01-1990
			KR	9301334 B1	26-02-1993
			YU	69489 A1	30-04-1991
			ZA	8902187 A	29-11-1989
JP 52152811	A	19-12-1977	AUCUN		
JP 53030402	A	22-03-1978	AUCUN		