PCT ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 6 : C21C 5/52, 5/56	A1	(11) Numéro de publication internationale: **WO 99/20802**
		(43) Date de publication internationale: 29 avril 1999 (29.04.99)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/EP98/06091

(22) Date de dépôt international: 24 septembre 1998 (24.09.98)

(30) Données relatives à la priorité:
90154 17 octobre 1997 (17.10.97) LU

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

(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants *(US seulement)*: BURGMANN, Wilhelm [DE/FR]; 4, rue de la Fontaine, F–57957 Yutz (FR). MONAI, Jean [LU/LU]; 144, route de Longwy, L–4751 Pétange (LU). ROTH, Jean–Luc [FR/FR]; 18, allée du Daim, F–57330 Hettange–Grande (FR). RADOUX, Henri [LU/LU]; 10, rue de Schmitshausen, L–7252 Bereldange (LU).

(74) Mandataires: KIHN, Pierre etc.; Office de Brevets Ernest T. Freylinger S.A., 234, route d'Arlon, Boîte postale 48, L–8001 Strassen (LU).

(81) Etats désignés: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée
Avec rapport de recherche internationale.
Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.

(54) Title: METHOD FOR CONTINUOUS SMELTING OF SOLID METAL PRODUCTS

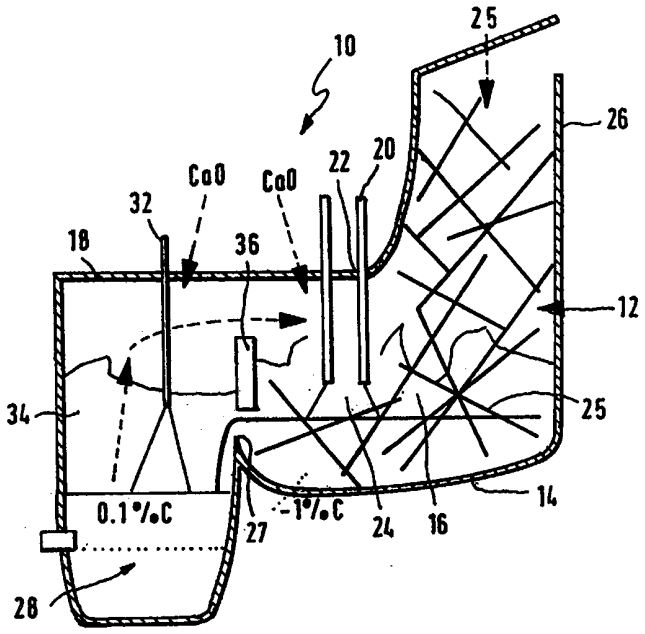
(54) Titre: PROCEDE POUR LA FUSION EN CONTINU DE PRODUITS METALLIQUES SOLIDES

(57) Abstract

The invention concerns a method for continuous smelting of solid metal products in a reactor comprising a smelting zone and a metallurgical processing zone, which consists in continuously heating the solid metal products in the smelting zone, gradually transferring said smelted products into the metallurgical process zone, refining the smelted products in the metallurgical process zone in an oxidising slag medium, separating the metallurgical process zone slag from the smelting zone slag, transforming the oxidising slag in the metallurgical process zone into a reducing slag, desulphurizing the smelted products in the metallurgical processing zone in a reducing slag medium and casting the smelted metal.

(57) Abrégé

Procédé de fusion en continu de produits métalliques solides dans un réacteur comportant une zone de fusion et une zone de traitement métallurgique, comprenant le chauffage en continu des produits métalliques solides dans la zone de fusion jusqu'à la fusion des produits solides, le transfert au fur et à mesure des produits fondus dans la zone de traitement métallurgique, l'affinage des produits fondus dans la zone de traitement métallurgique dans un milieu de laitier oxydant, la séparation du laitier de la zone de traitement métallurgique du laitier de la zone de fusion, la transformation du laitier oxydant dans la zone de traitement métallurgique en un laitier réducteur, la désulfuration des produits fondus dans la zone de traitement métallurgique dans un milieu de laitier réducteur et la coulée du métal fondu.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	**ES**	Espagne	**LS**	Lesotho	**SI**	Slovénie
AM	Arménie	**FI**	Finlande	**LT**	Lituanie	**SK**	Slovaquie
AT	Autriche	**FR**	France	**LU**	Luxembourg	**SN**	Sénégal
AU	Australie	**GA**	Gabon	**LV**	Lettonie	**SZ**	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	**GB**	Royaume-Uni	**MC**	Monaco	**TD**	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	**GE**	Géorgie	**MD**	République de Moldova	**TG**	Togo
BB	Barbade	**GH**	Ghana	**MG**	Madagascar	**TJ**	Tadjikistan
BE	Belgique	**GN**	Guinée	**MK**	Ex-République yougoslave de Macédoine	**TM**	Turkménistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Grèce			**TR**	Turquie
BG	Bulgarie	**HU**	Hongrie	**ML**	Mali	**TT**	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	**IE**	Irlande	**MN**	Mongolie	**UA**	Ukraine
BR	Brésil	**IL**	Israël	**MR**	Mauritanie	**UG**	Ouganda
BY	Bélarus	**IS**	Islande	**MW**	Malawi	**US**	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	**IT**	Italie	**MX**	Mexique	**UZ**	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	**JP**	Japon	**NE**	Niger	**VN**	Viet Nam
CG	Congo	**KE**	Kenya	**NL**	Pays-Bas	**YU**	Yougoslavie
CH	Suisse	**KG**	Kirghizistan	**NO**	Norvège	**ZW**	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	République populaire démocratique de Corée	**NZ**	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			**PL**	Pologne		
CN	Chine	**KR**	République de Corée	**PT**	Portugal		
CU	Cuba	**KZ**	Kazakstan	**RO**	Roumanie		
CZ	République tchèque	**LC**	Sainte-Lucie	**RU**	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Soudan		
DK	Danemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Suède		
EE	Estonie	**LR**	Libéria	**SG**	Singapour		

Procédé pour la fusion en continu de produits métalliques solides

La présente invention concerne un procédé de fusion en continu de produits métalliques solides.

Le procédé concerne plus particulièrement la fusion de solides métalliques, tels que du fer solide, de la fonte solide, de la ferraille de fer ou de fonte, des préréduits, etc., qui sont utilisés avec éventuellement adjonction de fonte liquide p.ex. pour la production d'acier. Le procédé peut se dérouler à l'intérieur d'un réacteur comprenant p.ex. un four électrique, dans lequel l'énergie nécessaire à la fusion est produite par un arc électrique et/ou un four à brûleurs à gaz, à fuel ou à charbon et/ou un four à torche à plasma.

La fusion en continu de produits solides se fait généralement dans un réacteur qui comprend deux zones adjacentes, à savoir une zone de fusion et une zone de traitement métallurgique. Les produits solides sont chargés dans la zone de fusion du réacteur et ensuite fondus sous l'effet d'un apport d'énergie considérable. Le métal ainsi fondu est transféré au fur et à mesure dans la deuxième zone et y subit un traitement métallurgique en vue de l'ajustement de sa composition chimique. Ce traitement métallurgique comprend généralement un affinage du métal liquide durant lequel on injecte des gaz d'affinage, tels que p.ex. l'oxygène, dans le bain métallique à l'aide de lances de soufflage afin de réduire la teneur en carbone et en silicium de l'acier produit. Un tel procédé est décrit par exemple dans la demande de brevet français FR-A-1,482,929.

Or, outre le carbone et le silicium, le métal fondu contient d'autres impuretés qui ont des effets négatifs sur les propriétés physiques et mécaniques de l'acier produit. Parmi ces impuretés, on cite notamment le soufre qui réduit entre autres la résilience de l'acier, sa résistance à la fatigue, sa résistance à la corrosion et sa soudabilité.

Malheureusement, le soufre ne peut être éliminé en même temps que le carbone puisque la désulfuration nécessite des conditions opératoires très différentes de celles de la décarburation.

En effet, lors de la décarburation, on se trouve en présence d'un laitier qui est oxydant en raison de l'insufflation de grandes quantités d'oxygène. Or, la désulfuration est d'autant plus efficace que le laitier est réducteur.

Dans la zone d'affinage des fours tels que décrits dans la demande de brevet français FR-A-1,482,929, les conditions sont telles que l'on arrive à peine à éliminer 30% du soufre contenu initialement dans la charge métallique enfournée. Ceci fait qu'il faut toujours procéder à un traitement métallurgique secondaire dans un récipient placé en aval du réacteur de fusion, p.ex. un four poche.

L'objet de la présente invention est donc de proposer un procédé pour la fusion en continu de produits métalliques solides qui permette outre une réduction de la teneur en carbone également un abaissement de la teneur en soufre du métal fondu.

Conformément à l'invention, cet objectif est atteint par un procédé de fusion en continu de produits métalliques solides dans un réacteur à deux zones distinctes, une zone de fusion et une zone de traitement métallurgique, qui comprend les étapes consistant à

a) chauffer en continu les produits métalliques solides dans la zone de fusion jusqu'à la fusion des produits solides,

b) transférer au fur et à mesure les produits fondus dans la zone de traitement métallurgique,

c) affiner les produits fondus dans la zone de traitement métallurgique dans un milieu de laitier oxydant,

d) séparer le laitier de la zone de traitement métallurgique du laitier de la zone de fusion,

e) transformer le laitier oxydant dans la zone de traitement métallurgique en un laitier réducteur,

f) désulfurer les produits fondus dans la zone de traitement métallurgique dans un milieu de laitier réducteur,

g) couler le métal fondu.

Le métal solide est fondu en continu dans la zone de fusion. Dans cette zone, on est en présence d'un laitier oxydant qui permet l'élimination d'une grande partie du phosphore contenu dans le métal liquide. En effet, le phosphore, qui entre autres, diminue la ductilité et la soudabilité de l'acier, est transféré dans le laitier oxydant par une réaction d'échange avec ce laitier. Au fur et à mesure de sa fusion, le métal liquide est transféré dans la deuxième zone dans laquelle le traitement métallurgique proprement dit a lieu.

Arrivé dans la deuxième zone, le traitement métallurgique du métal fondu se fait en deux phases. Dans la première phase, on réalise principalement une réduction des teneurs en carbone et en silicium du bain métallique dans des conditions oxydantes. Cet affinage se fait par injection d'oxygène dans le bain métallique et par ajout p.ex. de CaO pour former du laitier. Les teneurs en carbone et en silicium du bain métallique peuvent ainsi être réduites à des valeurs prédéterminées, qui se situent de préférence entre 0.05% et 0.1% pour le carbone.

Après cet affinage oxydant, les conditions dans la zone de traitement sont modifiées pour passer d'un milieu oxydant à un milieu réducteur. Cette transformation des conditions est réalisée par un ajout d'aluminium Al ou/et de silicium Si et/ou de carbone C dans le laitier. Le laitier est ainsi calmé et passe d'un laitier plus oxydant à un laitier plus réducteur. Il est à noter que le silicium et/ou le carbone sont ajoutés de manière à ne pas augmenter à nouveau leurs teneurs dans le bain métallique, ce qui réduirait l'effet de l'affinage antérieur, mais de sorte à seulement réduire le FeO dans le laitier et à abaisser la teneur en oxygène dans le métal.

Dans les conditions réductrices ainsi crées, on procède ensuite à la deuxième phase du traitement métallurgique, à savoir la désulfuration du bain métallique. Durant cette désulfuration, on procède de préférence à un brassage du bain métallique par un barbotage de gaz inerte, p.ex. argon, afin de faciliter

l'échange entre le bain métallique et le laitier. Le laitier étant réducteur, le soufre passe en grande partie dans le laitier.

Dans ces conditions, une désulfuration de plus de 80% devient possible et on arrive, selon la teneur en soufre des produits solides et en fonction de la quantité de laitier mis en oeuvre, à des teneurs finales de 0.010 % de soufre dans l'acier coulé de la deuxième zone du réacteur.

Le procédé proposé permet ainsi la production d'acier à basse teneur de carbone et de soufre dans un réacteur à deux zones et permet dès lors d'éviter le traitement au four poche dans la production d'aciers de masse tels que des ronds à béton, pour lesquels une teneur de 0.020 à 0.030 % de soufre est visée sur produit final.

Pour les nouvelles aciéries électriques produisant des aciers haut de gamme avec des substituts de la ferraille qui permettent de réaliser de basses teneurs en cuivre (fonte, préréduits, carbure de fer), les aciers bas soufre (moins de 0.010 % de soufre sur produit final) sont difficiles à réaliser en aciérie électrique: en effet, les conditions oxydantes du four électrique ne permettent pas de désulfurer de plus 30 %, c.-à-d. que l'on élimine au mieux 30 % du soufre enfourné. Or, à l'exception de la fonte désulfurée, les substituts de la ferraille contiennent beaucoup plus de soufre que la ferraille pure qu'ils remplacent: 0.020 % S à 0.100 % S pour les préréduits (DRI) selon l'origine et 0.050 % à 0.100 % S pour la fonte non désulfurée. En utilisant massivement un substitut contenant plus de 0.030 % S, on ne peut pas atteindre l'objectif de moins de 0.020 % S à la coulée du four électrique conventionnel. Le présent procédé qui permet de réaliser une désulfuration plus efficace est donc un atout important pour l'emploi massif de préréduits ou de fonte non désulfurée comme substitut à la ferraille. Ce procédé élargit donc la gamme des matières premières utilisables pour la fabrication au four électrique de produits de haute pureté, p.ex. contenant moins de 0.010% de soufre, qui aujourd'hui exigent de n'utiliser que de la ferraille ou du préréduit très purs, ou de la fonte désulfurée.

Dans les procédés actuels de haute productivité, l'affinage oxydant et l'affinage réducteur se font à des endroits différents. Le présent procédé permet de faire

les deux réactions s'excluant mutuellement au même endroit et successivement.

Il permet par la même occasion de produire des aciers ayant une teneur en azote bien plus faible que les aciers produits selon les procédés classiques. Effectivement, on évite en zone de traitement métallurgique les deux sources de pollution principales en azote que sont l'arc électrique et les ferrailles fondant tardivement et on diminue la teneur en azote résiduelle par le barbotage d'un gaz neutre notamment l'argon dans la zone de traitement métallurgique. En plus, la dénitruration est facilitée par la basse teneur en soufre du bain métallique.

Pour une charge à 100% de ferraille par exemple, on produira dans un four électrique classique un acier à 70 à 80 ppm N, tandis qu'avec le présent procédé on parvient à produire des aciers ayant une teneur en azote d'environ 40 ppm ou même moins.

Selon un premier mode de réalisation préféré, le laitier réducteur est évacué de la zone de traitement métallurgique avant, pendant ou après l'étape g), c.-à-d. la coulée du métal liquide. Il est en effet préférable d'éliminer le laitier réducteur riche en soufre avant de procéder à l'affinage de la nouvelle charge de métal liquide, ceci afin d'éviter que lors de l'affinage le soufre contenu dans le laitier repasse dans le bain de métal liquide.

Dans certaines conditions, p.ex. lorsqu'il y a trop de laitier dans la zone de fusion ou bien lorsqu'on a besoin d'une quantité plus importante de laitier dans la zone de traitement métallurgique, il peut être avantageux de transférer du laitier oxydant contenu dans la zone de fusion vers la zone de traitement métallurgique avant, pendant ou après l'affinage des produits fondus dans la zone de traitement métallurgique.

L'inverse, c.-à-d. le transfert de laitier oxydant de la zone de traitement métallurgique vers la zone de fusion pendant ou après l'affinage des produits fondus dans la zone de traitement métallurgique peut être intéressant. En effet, dans la zone de traitement métallurgique, le laitier est moussant et contient beaucoup d'oxydes de fer et de gouttes de fer métallique. Lors du transit du laitier à

travers la zone de fusion, le laitier est désoxydé au contact du métal liquide à teneur en carbone plus élevée et les gouttes de métal y sont décantées. On réalise ainsi un échange de masse à contre-courant, ce qui permet de minimiser la perte en fer.

En outre, dans un four à arc, le laitier moussant formé qui est transféré dans la zone de fusion a pour effet de stabiliser l'arc électrique et d'augmenter son rendement.

A certains moments du procédé, - p. ex. lors de la coulée du métal et/ou lors de la désulfuration du métal - il peut être avantageux d'interrompre complètement ou de réduire substantiellement le transfert des produits fondus vers la zone de traitement métallurgique.

En fonction de la composition des matières premières, il peut être avantageux de procéder à un pré-affinage des produits fondus dans la zone de fusion.

Dans une exécution préférée, les gaz libérés lors de l'affinage des produits fondus sont transférés dans la zone de fusion afin de réchauffer les produits solides se trouvant dans cette zone. En effet, l'affinage du bain d'acier s'accompagne de la formation de quantités abondantes de CO (près de la moitié du CO libéré par le procédé est produite lors de l'affinage). L'énergie contenue dans ce gaz CO peut servir à chauffer les produits solides dans la zone de fusion ainsi que les produits solides dans un préchauffeur de produits solides éventuel soit en contre-courant soit en co-courant partiel. On peut ainsi récupérer l'énergie contenue dans les gaz chauds pour augmenter l'efficacité énergétique du réacteur.

Dans un autre mode de réalisation préféré, la zone de fusion est chargée en continu de produits solides. Le chargement de la zone de fusion en produits solides se faisant en continu, la zone de fusion contient en permanence des produits solides et l'efficacité énergétique de la zone de fusion peut être maximisée.

Les produits solides sont avantageusement préchauffés avant leur chargement à l'aide de gaz chauds du réacteur. De cette manière, les gaz libérés lors de la

fusion et de l'affinage peuvent être récupérés pour augmenter la température des produits solides avant leur chargement dans le four. Les produits solides atteignent dès lors plus rapidement leur température de fusion et le temps de fusion est sensiblement raccourci. Ceci conduit à une augmentation du rendement thermique global du réacteur, et éventuellement de sa productivité. Le préchauffage se réalise par exemple dans un préchauffeur qui peut être exécuté en forme de trémie verticale ou inclinée prolongeant la zone de fusion ou en forme de tambour rotatif incliné.

Il est à noter que le chauffage et/ou la fusion des produits solides peut (peuvent) être réalisé(s) soit à l'aide d'un arc électrique soit à l'aide de brûleurs à gaz, à fuel ou à charbon soit à l'aide d'une combinaison de ces différents moyens.

Outre les avantages décrits ci-dessus, le procédé de la présente invention présente d'autres avantages par rapport aux procédés de fusion classiques. En effet, puisque la zone de fusion peut fonctionner en continu et que la coulée en discontinu est réalisée à partir de la zone de traitement métallurgique, les temps hors puissance occasionnés par les chargements et les coulées dans les fours classiques sont supprimés et la baisse de la puissance utilisable dans la période finale dite d'affinage et de surchauffe n'est plus nécessaire.

D'autres particularités et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description détaillée de quelques modes de réalisation avantageux présentés ci-dessous, à titre d'illustration, en référence aux dessins annexés. Celles ci montrent:

Fig.1: une coupe longitudinale d'un four électrique de fusion en continu de produits solides pendant la phase de fusion / affinage - surchauffe,

Fig.2: une coupe longitudinale d'un four électrique de fusion en continu de produits solides pendant la phase de fusion / réduction du laitier et désulfuration de l'acier,

Fig.3: une coupe longitudinale d'un four électrique de fusion en continu de produits solides pendant la phase de coulée et de décrassage du laitier riche en soufre,

La Fig. 1 montre une coupe d'un réacteur de fusion 10 en continu de produits solides, tels que du fer solide, de la fonte solide, de la ferraille de fer ou de fonte, des préréduits (DRI), etc., qui sont utilisés p.ex. pour la production d'acier. Le réacteur 10 est réalisé en tant que four électrique, dans lequel l'énergie nécessaire à la fusion est produite par un arc électrique et par des brûleurs 12 montés dans la partie latérale inférieure du four 10.

Le four électrique 10 comprend une sole 14 en un matériau réfractaire, surmontée d'une cuve 16 et d'un voûte 18. Au moins une électrode 20 montée sur un mât (non représenté) par l'intermédiaire d'un bras (non représenté) est introduite dans le four 10 à travers une ouverture 22 pratiquée dans le voûte 18. Le bras peut coulisser sur le mât de façon à pouvoir monter et descendre l'électrode 20.

Le four électrique 10 est subdivisé en deux zone distinctes. La première zone, appelée zone de fusion 24, est chargée, de préférence en continu, par de la ferraille 25 à l'aide d'une trémie 26 verticale aménagée au-dessus de la zone de fusion 24. Dans cette zone de fusion 24, la ferraille 25 est fondue à l'aide des électrodes 20 traversant le voute 18 du four 10. Pour augmenter la vitesse de fusion de la ferraille 25, un apport supplémentaire d'énergie est réalisé à l'aide des brûleurs 12 dans la paroi latérale du four 10.

Dans la zone de fusion on apporte avantageusement, même lorsque la source d'énergie principale est un arc électrique, un complément de 10 à 20 kg de carbone par tonne d'acier produite. Ce carbone est apporté soit sous forme de coke ou d'anthracite, soit sous forme de métal carburé, p.ex. de fonte. La moitié environ de ce carbone est éliminé par injection d'oxygène au moyen de lances ou de tuyères immergées de telle sorte que le métal fondu transféré dans la zone de traitement métallurgique a une teneur en carbone intermédiaire de l'ordre de 0.5 à 1%. Du fait de l'injection d'oxygène, on est en présence d'un laitier oxydant, qui permet l'élimination d'une grande partie du phosphore dans la zone de fusion.

Au fur et à mesure que la ferraille 25 fond, du métal liquide s'accumule dans la sole 14 de la zone de fusion 24 et lorsque celui-ci a atteint un certain niveau, il

se déverse au-dessus d'un déversoir 27 dans la deuxième zone du four appelée zone de traitement métallurgique 28.

Dans la première phase du procédé, le métal liquide dans la zone de traitement est soumis à des opérations classiques d'affinage par injection de gaz tels que de l'oxygène au moyen d'une lance 32 afin d'ajuster la composition chimique du métal liquide. Lors de tels opérations d'affinage, la teneur en carbone de l'acier peut être réduite d'environ 1% en poids jusqu'à environ 0,1 %.

Les gaz chauds libérés lors de l'affinage des produits fondus sont transférés dans la zone de fusion 24 et sont ensuite aspirés par la trémie 26 alimentant le four 10 en ferraille 25. Une grande partie de l'énergie contenue dans ces gaz peut servir à chauffer la ferraille 25 dans la zone de fusion 24 ainsi que les produits solides contenus dans la trémie 26 préchauffeuse. On se rapproche ici d'un échangeur thermique à contre-courant qui a une efficacité thermique optimale.

On ajoute de la chaux (CaO) dans la zone de fusion et dans la zone de traitement métallurgique afin d'y former un laitier. Différents additifs comme p.ex. des fondants peuvent également y être ajoutés.

Dans la zone de traitement métallurgique 28, le laitier est moussant 34 et contient beaucoup d'oxydes de fer et de gouttes de fer métallique pendant la phase d'affinage.

Le laitier contenu dans les deux zones est séparé par un barrage 36 à laitier, éventuellement amovible, installé entre les deux zones au niveau du déversoir 27. Ce barrage empêche le passage de laitier de la zone de fusion 24 dans la zone de traitement métallurgique 28.

Le fait de séparer les laitiers des deux zones est surtout important dans la deuxième phase du procédé, la phase de désulfuration. Pendant la phase d'affinage et de surchauffe, le laitier contenu dans la zone de fusion 24 et celui contenu dans la zone de traitement métallurgique 28 ont des propriétés chimiques voisines à savoir que les laitiers des deux zones sont des laitiers oxydants. Pour cette raison, il n'est pas nécessaire de les séparer pendant

cette première phase. Le barrage 36 peut donc être enlevé entièrement ou partiellement pour permettre un échange de laitier de ces deux zones. Par contre, pendant la phase de désulfuration, les propriétés chimiques des laitiers contenues dans les zones de fusion et de traitement métallurgique sont différentes et incompatibles.

Alors que la composition chimique du laitier de la zone de fusion 24 reste inaffectée, on ajoute de l'aluminium et/ou du silicium et éventuellement du carbone dans la zone de traitement métallurgique 28 afin de transformer le laitier oxydant en laitier réducteur. Bien entendu, la lance d'oxygène 32 est arrêtée pendant cette phase de désulfuration.

Pour garantir une bonne homogénéisation du bain de métal liquide, on injecte dans le bain d'acier liquide un gaz neutre (de l'argon) à travers un ou plusieurs bloc(s) poreux 38 par le fond de la zone de traitement métallurgique 28. Les remous créés par cette injection de gaz améliorent le contact entre l'acier liquide à traiter et le laitier réducteur de sorte que la désulfuration s'opère dans les meilleures conditions.

Pendant cette phase de désulfuration, on peut réduire ou même fermer complètement l'arrivée de métal liquide en provenance de la zone de fusion 24 dans le but de limiter la quantité de métal non affinée dans la zone de traitement métallurgique 28 pendant la désulfuration.

La Fig. 3 montre la dernière phase du procédé, la coulée du métal liquide. Après l'affinage et la désulfuration, le laitier réducteur riche en soufre est évacué par la porte de décrassage 40 et le métal liquide est coulé depuis la zone de traitement métallurgique 28 par un trou de coulée 30 tout en conservant un fond de métal liquide dans cette zone. Ce pied de bain sert à réduire l'usure du revêtement réfractaire. Il est à noter que le trou de coulée 30 peut aussi bien être aménagé dans la paroi latérale de la zone de traitement métallurgique 28 que dans le fond de cette zone.

Il est avantageux d'enlever la plupart du laitier réducteur à la fin de la phase de désulfuration et en tout cas avant le prochain affinage pour éviter que le soufre

contenu dans le laitier réducteur ne repasse dans l'acier liquide au moment de l'affinage de la prochaine charge.

Bien que dans le réacteur décrit ci-dessus la zone de traitement métallurgique 28 fonctionne en mode discontinu, il est à noter que la zone de fusion 24 fonctionne de manière continue. Les temps hors puissance occasionnés par les procédures de chargement et de coulée dans les fours classiques sont donc supprimés et la baisse de la puissance utilisable dans la période finale dite d'affinage et de surchauffe n'est plus nécessaire.

Les flux de matières et les flux d'énergie du four peuvent se résumer de la manière suivante: de la ferraille 25 est introduite dans le four par la trémie 26, elle traverse la zone de fusion 24 pour être ensuite soutirée par la zone de traitement métallurgique 28.

Le flux de gaz traverse le four en sens inverse. En effet, les gaz sont injectés ou formés dans la zone de traitement métallurgique 28 et la zone de fusion 24 pour être aspirés par la trémie 26.

Le laitier contenu ou formé dans la zone de traitement métallurgique 28 est évacué par la porte de décrassage 40 située dans cette zone tandis que le laitier contenu dans la zone de fusion 24 peut être évacué par une porte de décrassage 42 se trouvant dans la zone de fusion 24.

L'efficacité du procédé est par la suite illustrée à l'aide de deux exemples.

Dans le premier exemple, on compare l'efficacité de l'élimination du soufre et du phosphore pour une charge de ferraille ordinaire dans un four électrique classique et dans un four à deux zones mettant en oeuvre le procédé selon la présente invention. Dans les deux cas, on considère une quantité de 100 kg de laitier par tonne d'acier.

Dans le four classique, le laitier est très oxydant et contient < 0,1% en poids de carbone et environ 25% en poids de FeO. Le coefficient de partage pour le soufre c.-à-d. le rapport teneur en soufre dans le laitier / teneur en soufre du métal est inférieur à 5 et celui pour le phosphore est d'environ 50. On parvient donc à éliminer 70% à 80% du phosphore contenu initialement dans le métal et

environ 25% à 30% du soufre. Le four classique permet donc d'obtenir à partir de ferraille des aciers avec une concentration très réduite en phosphore mais avec une concentration non négligeable en soufre.

Dans le procédé selon la présente invention, dans la zone de fusion, on forme un laitier moyennement oxydant qui contient moins de 10% en poids de FeO et qui a une basicité d'environ 2,5. Le coefficient de partage dans de telles conditions est de 5 à 10 pour le soufre et d'environ 25 pour le phosphore. En admettant qu'on mette 32 kg de CaO en oeuvre pour former 80 kg de laitier / t d'acier dans la zone de fusion, on parvient à éliminer à l'intérieur de la zone de fusion entre 30 % et 40 % du soufre et entre 60 % et 70 % du phosphore.

Le métal avec ces teneurs réduites en soufre et phosphore est ensuite transféré dans la zone de traitement métallurgique. Dans cette zone, on forme 20 kg de laitier par t d'acier en ajoutant 12 kg de CaO par tonne d'acier et éventuellement des fondants.

Après l'affinage oxydant, le laitier est rendu réducteur en ajoutant soit de l'aluminium soit du silicium et/ou du carbone. La teneur en FeO du laitier est réduite à 0 et la basicité du laitier résultant est d'environ 3. La zone de traitement métallurgique est soumise à un fort brassage par de l'argon. Lorsqu'on utilise de l'aluminium, le coefficient de partage pour le soufre est de l'ordre de 500 tandis qu'il est d'environ 100 seulement lorsque le laitier est désoxydé par le silicium. Dans les conditions précitées et en utilisant de l'aluminium pour calmer le laitier, on parvient à éliminer entre 80 et 90 % du soufre contenu dans l'acier alimentant la zone de traitement métallurgique. Lorsqu'on utilise le silicium pour désoxyder le laitier, on élimine entre 60% et 70% du soufre contenu dans l'acier alimentant la zone de traitement métallurgique.

La réduction globale de la teneur en soufre pour 100 kg de laitier / t d'acier est donc de 86 % en poids lorsqu'on met en oeuvre de l'aluminium et de 72% dans le cas du silicium. La réduction globale de la teneur en phosphore est de 60 % en poids.

Le présent procédé permet donc d'obtenir des teneurs de soufre beaucoup plus basses que dans le procédés classiques tout en ayant des performances comparables pour ce qui est du phosphore.

On peut faire la même analyse pour un enfournement métallique comportant une proportion importante de préréduits ou de fonte non désulfurée; un tel enfournement est utilisé pour réaliser des produits finals de qualité nécessitant de basses teneurs en cuivre et en soufre.

Le tableau ci-dessous récapitule les performances métallurgiques d'un procédé de fusion classique à celles d'un procédé de fusion selon la présente invention.

Dans la cas de la production de ronds à béton à partir de ferraille, on voit que le procédé selon la présente invention permet d'éviter une étape supplémentaire de désulfuration en poche.

Lorsque l'on produit du fil pour tréfilage, le présent procédé permet d'utiliser des matières premières moins chères ou bien lorsque l'on utilise les mêmes matières premières, il permet de se passer d'une deuxième étape de désulfuration.

Tableau 1. Comparaison des performances d'un procédé de fusion classique à celles du procédé selon la présente invention.

Produit final	Enfournement	Rendement métal	Quantité de laitier (kg/t)	Procédé	Analyse coulée four			Remarques
					% Cu	% S	ppm N	
Rond à béton < 0,5% Cu < 0,03% S (laitier calmé par Al)	100% ferraille à 0,4% Cu 0,06% S	0,90	100	Classique	0,44	0,047	80*	désulfuration supplémentaire nécessaire
				selon la présente invention	0,44	< 0,01	≤40*	analyse acceptable pour coulée continue
Fil pour tréfilage fin < 0,2% Cu < 0,01% S < 70 ppm N (laitier calmé par Si)	50% ferraille à 0,3% Cu 0,06% S + 50% DRI à 0% Cu 0,06% S **ou** 50% fonte à 0% Cu 0,06% S	0,87	150	Classique	0,17	0,046	50*	deux étapes de désulfuration complémentaires **ou** prendre ferraille plus pure
				selon la présente invention	0,17	0,014	40*	désulfuration complémentaire qui permet d'atteindre l'objectif facilement

* on compte environ 20 ppm de reprise N entre la fin de l'affinage au four et la coulée continue

Revendications

1. Procédé de fusion en continu de produits métalliques solides dans un réacteur à deux zones distinctes, le réacteur comportant une zone de fusion et une zone de traitement métallurgique, ledit procédé comprenant les étapes consistant à

   a) chauffer en continu les produits métalliques solides dans la zone de fusion jusqu'à la fusion des produits solides,

   b) transférer au fur et à mesure les produits fondus dans la zone de traitement métallurgique,

   c) affiner les produits fondus dans la zone de traitement métallurgique dans un milieu de laitier oxydant,

   d) séparer le laitier de la zone de traitement métallurgique du laitier de la zone de fusion,

   e) transformer le laitier oxydant dans la zone de traitement métallurgique en un laitier réducteur,

   f) désulfurer les produits fondus dans la zone de traitement métallurgique dans un milieu de laitier réducteur,

   g) couler le métal fondu.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par l'évacuation du laitier réducteur de la zone de traitement métallurgique avant, pendant ou après l'étape g).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le transfert de laitier oxydant de la zone de fusion vers la zone de traitement métallurgique avant, pendant ou après l'étape c).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le transfert de laitier oxydant de la zone de traitement métallurgique vers la zone de fusion avant, pendant ou après l'étape c).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par l'interruption du transfert des produits fondus vers la zone de traitement métallurgique pendant l'étape f).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par un pré-affinage des produits fondus dans la zone de fusion.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les gaz libérés dans la zone de traitement métallurgique lors de l'affinage des produits fondus sont transférés dans la zone de fusion afin de ré-chauffer les produits solides se trouvant dans cette zone.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la zone de fusion est chargée en continu de produits solides.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par un enfournement de fonte liquide dans le réacteur.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'avant leur chargement, les produits solides sont préchauffés à l'aide de gaz chauds du réacteur.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le chauffage des produits solides est réalisé à l'aide d'un arc électrique et/ou de brûleurs et/ou de torches à plasma.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par un apport d'énergie dans la zone de traitement métallurgique durant la phase initiale du procédé.

FIG. 1

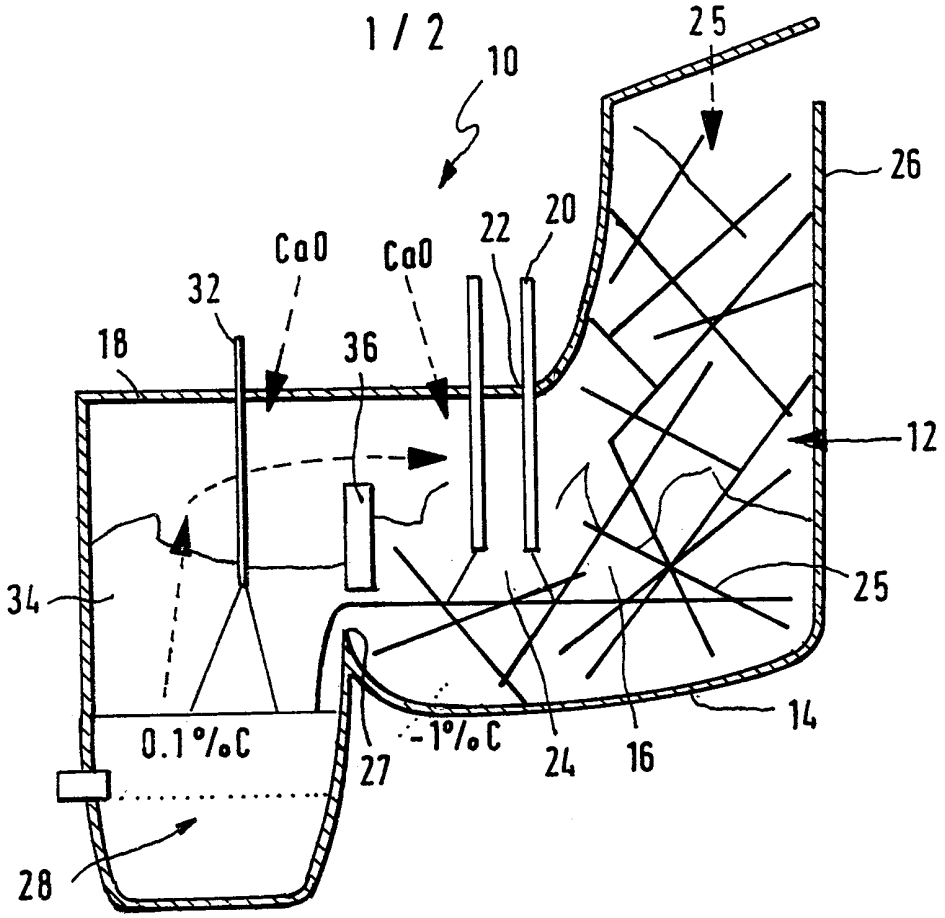
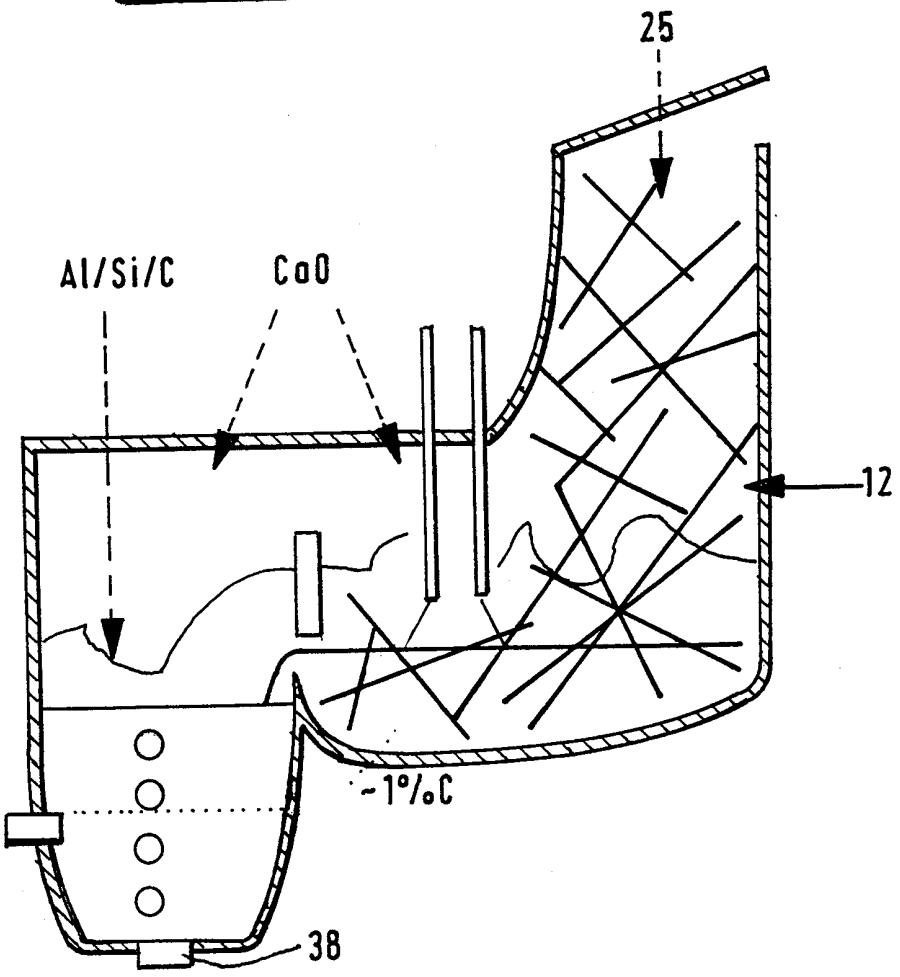

10
25
26
CaO
CaO
22
20
32
18
36
12
34
25
0.1%C
27
-1%C
24
16
14
28

FIG. 2


25
Al/Si/C
CaO
12
-1%C
38

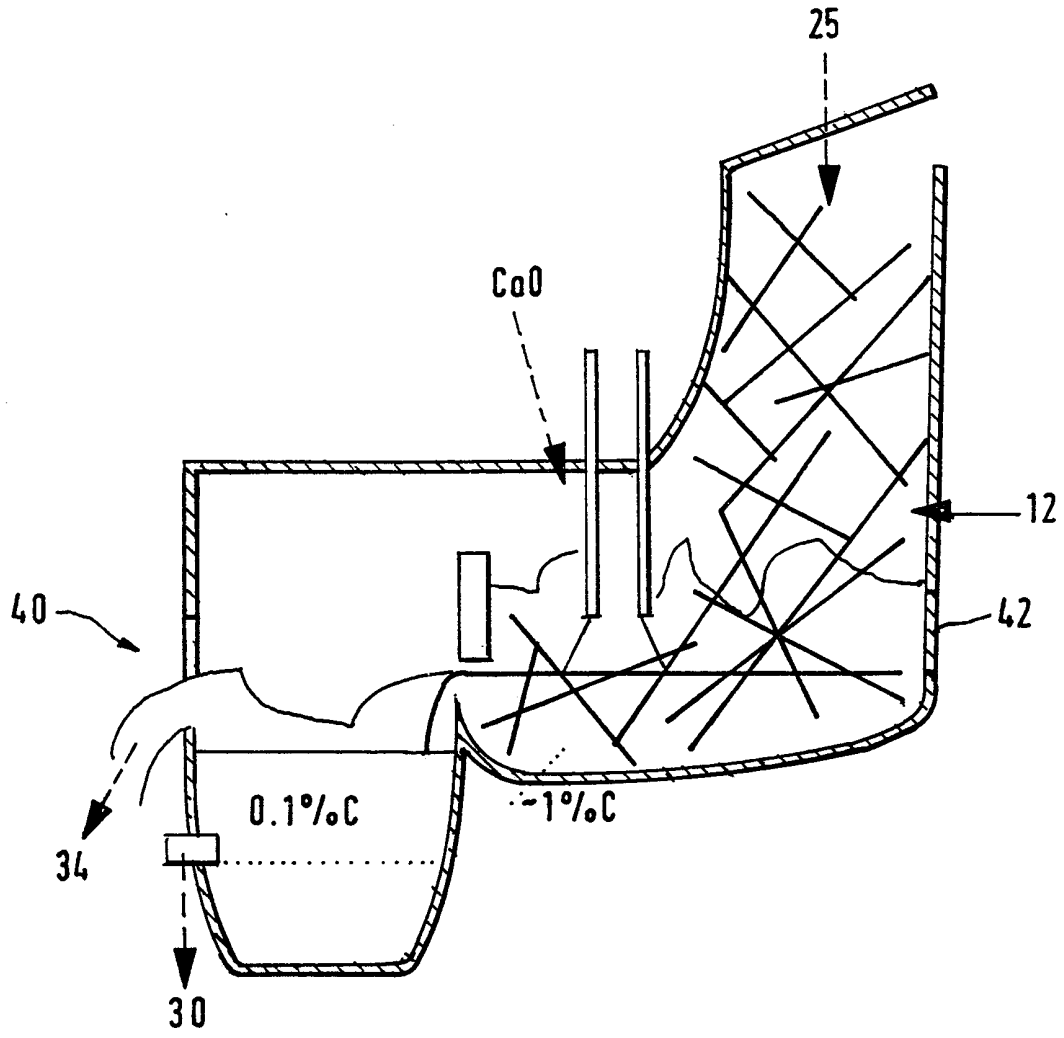


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte onal Application No
PCT/EP 98/06091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 C21C5/52 C21C5/56

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)
IPC 6 C21C

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 37 32 939 A (KLOECKNER STAHL GMBH) 13 April 1989 see abstract; claims; figure	1-12
Y	DE 12 24 340 B (GEBR. BÖHLER & CO) 8 September 1966 see line 11 - line 57; claims	1-12
Y	EP 0 653 496 A (MANNESMANN AG) 17 May 1995 see abstract; claims; figures	1-12
A	US 4 025 059 A (STEINMETZ EBERHARD ET AL) 24 May 1977	
A	FR 1 482 929 A (INSTITUT DE RECHERCHE DE LA SIDÉRURGIE FRANCAISE (IRSID)) 30 August 1967 cited in the application	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ 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
10 February 1999	18/02/1999

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	Oberwalleney, R

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inte: onal Application No
PCT/EP 98/06091

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3732939 A	13-04-1989	NONE	
DE 1224340 B		NONE	
EP 0653496 A	17-05-1995	DE 4339226 A	18-05-1995
		BR 9404454 A	20-06-1995
		CA 2135830 A	16-05-1995
		CN 1111287 A,B	08-11-1995
		NO 944267 A	16-05-1995
		US 5500870 A	19-03-1996
		ZA 9409068 A	20-07-1995
US 4025059 A	24-05-1977	DE 2418109 A	24-07-1975
		AT 344215 B	10-07-1978
		AT 209775 A	15-11-1977
		AU 7991675 A	14-10-1976
		BE 827724 A	31-07-1975
		BR 7502233 A	17-02-1976
		CA 1060661 A	21-08-1979
		DD 120053 A	20-05-1976
		DK 157175 A	14-10-1975
		FR 2267375 A	07-11-1975
		GB 1467948 A	23-03-1977
		IE 40902 B	12-09-1979
		JP 50143714 A	19-11-1975
		LU 72265 A	20-08-1975
		NL 7503844 A	15-10-1975
		SE 7504190 A	14-10-1975
		ZA 7502074 A	31-03-1976
FR 1482929 A	30-08-1967	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/EP 98/06091

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 C21C5/52 C21C5/56

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)
CIB 6 C21C

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DE 37 32 939 A (KLOECKNER STAHL GMBH) 13 avril 1989 voir abrégé; revendications; figure	1-12
Y	DE 12 24 340 B (GEBR. BÖHLER & CO) 8 septembre 1966 voir ligne 11 - ligne 57; revendications	1-12
Y	EP 0 653 496 A (MANNESMANN AG) 17 mai 1995 voir abrégé; revendications; figures	1-12
A	US 4 025 059 A (STEINMETZ EBERHARD ET AL) 24 mai 1977	
A	FR 1 482 929 A (INSTITUT DE RECHERCHE DE LA SIDÉRURGIE FRANCAISE (IRSID)) 30 août 1967 cité dans la demande	

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ 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'appartenant 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
10 février 1999	18/02/1999

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	Oberwalleney, R

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/EP 98/06091

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 3732939 A	13-04-1989	AUCUN	
DE 1224340 B		AUCUN	
EP 0653496 A	17-05-1995	DE 4339226 A	18-05-1995
		BR 9404454 A	20-06-1995
		CA 2135830 A	16-05-1995
		CN 1111287 A,B	08-11-1995
		NO 944267 A	16-05-1995
		US 5500870 A	19-03-1996
		ZA 9409068 A	20-07-1995
US 4025059 A	24-05-1977	DE 2418109 A	24-07-1975
		AT 344215 B	10-07-1978
		AT 209775 A	15-11-1977
		AU 7991675 A	14-10-1976
		BE 827724 A	31-07-1975
		BR 7502233 A	17-02-1976
		CA 1060661 A	21-08-1979
		DD 120053 A	20-05-1976
		DK 157175 A	14-10-1975
		FR 2267375 A	07-11-1975
		GB 1467948 A	23-03-1977
		IE 40902 B	12-09-1979
		JP 50143714 A	19-11-1975
		LU 72265 A	20-08-1975
		NL 7503844 A	15-10-1975
		SE 7504190 A	14-10-1975
		ZA 7502074 A	31-03-1976
FR 1482929 A	30-08-1967	AUCUN	