

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 79 17335

⑤④ Procédé de refusion sous laitier électroconducteur.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. ³). C 22 B 9/18; C 21 C 7/00, 7/06.

②② Date de dépôt..... 4 juillet 1979.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 4 du 23-1-1981.

⑦① Déposant : Société dite : STAHLWERKE ROCHLING-BURBACH GMBH, résidant en RFA.

⑦② Invention de : Alok Choudhury, Rudolf Jauch et Rüdiger Lemour.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Flechner,
63, av. des Champs-Élysées, 75008 Paris.

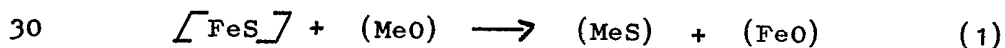
La présente invention concerne un procédé de refusion des aciers et des alliages sous laitier électroconducteur, dans lequel on désoxyde le laitier, contenant du spath fluor, pendant la refusion par addition d'aluminium.

5 La refusion par le procédé sous laitier électroconducteur s'effectue, contrairement à la refusion à l'arc sous vide, non par la création d'un arc sous vide, mais par le dégagement de chaleur dû au passage du courant dans un laitier liquide. En raison de la résistance électrique du laitier liquide, 10 l'énergie apportée est transformée en chaleur par effet Joule. La température du bain de laitier s'élève ainsi au-dessus du point de fusion de l'acier à refondre, de sorte que les électrodes en acier de refusion qui plongent dans le laitier fondent. Le laitier joue ainsi dans ce procédé un rôle déterminant. Il 15 doit avoir un point de fusion plus bas que l'acier à refondre et une conductivité électrique convenable à la température de travail. L'expérience a montré que les laitiers, constitués par les systèmes $\text{CaF}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaF}_2 - \text{CaO}$ et $\text{CaF}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ ayant une teneur relativement élevée en spath fluor, conviennent au 20 mieux pour ce processus.

Outre l'élimination poussée des inclusions oxydées, une caractéristique particulière de ce procédé est qu'il permet d'obtenir une bonne désulfuration de l'acier suivant la composition du laitier.

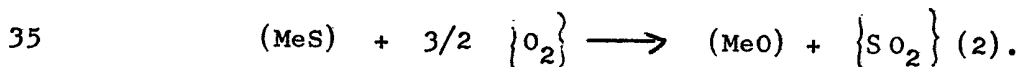
25 Tandis que l'élimination des inclusions oxydées est un processus physique, la désulfuration dans le procédé de refusion sous laitier électroconducteur est déterminée par deux réactions chimiques :

Réaction du métal et du laitier :



Réaction du laitier et de la phase gazeuse :

Le soufre absorbé par le laitier est oxydé par l'oxygène de la phase gazeuse en anhydride sulfureux gazeux suivant la réaction :



Comme l'anhydride sulfureux s'échappe du système sous forme gazeuse, l'équilibre de partage entre l'acier et le laitier est

perturbé sans cesse et cela donne une désulfuration durant jusqu'à la fin du processus. Il est donc nécessaire, pour la réaction de désulfuration, d'avoir une atmosphère oxydante au-dessus du bain du laitier. Habituellement on effectue la refu-
5 sion par ce procédé sous une atmosphère d'air normal.

La refusion sous atmosphère d'air provoque nécessairement une forte oxydation de la surface des électrodes, de sorte que la concentration en FeO du laitier augmente constamment. Il en résulte que d'une part le transfert du soufre du métal
10 au laitier suivant l'équation (1) est plus mauvais et que d'autre part la consommation d'éléments ayant de l'affinité pour l'oxygène, comme l'aluminium, le silicium, et le manganèse, est élevée d'une manière inadmissible. Il s'ensuit que la teneur en oxygène de l'acier augmente, ce qui équivaut à un amoindrissement du degré de pureté. Il faut donc réduire le laitier en
15 permanence. Cela s'effectue, comme il est connu, par addition au laitier d'aluminium en quantité correspondante, la teneur en FeO du laitier étant ainsi maintenue à une valeur inférieure à 0,5% et la teneur en aluminium de l'acier refondu étant ajustée
20 entre 0,015% et 0,030%. Dans ce mode opératoire, on obtient à la fois une bonne désulfuration et un bon degré de pureté pour ce qui concerne les matières oxydées.

Cette teneur en aluminium de 0,020% en moyenne dans l'acier refondu est cependant source de difficultés pour cer-
25 taines qualités d'acier, notamment celles pour la fabrication des turbines, compte tenu des propriétés mécaniques qui sont requises. Des recherches ont en effet montré que les propriétés de résistance au fluage des aciers, résistant aux températures élevées, qui sont utilisés pour la fabrication des roues
30 motrices de turbines des centrales d'énergie sont moins bonnes lorsque les teneurs en aluminium sont trop élevées. L'allongement à la rupture et la durée avant rupture dans un essai de fluage d'éprouvettes entaillées à 525°C sont très diminués par une teneur en aluminium de 0,015% et davantage. On s'efforce donc
35 d'avoir une teneur maximale en aluminium de 0,010% pour éviter d'une manière sûre l'influence néfaste de l'aluminium. Mais, pour l'instant, on ne connaît aucun procédé permettant d'obtenir cela dans le processus de refusion sous laitier électroconduc-
teur.

Dans la fabrication classique de l'acier (sans refusion sous laitier électroconducteur) on atteint des teneurs faibles en aluminium en désoxydant sous vide par du carbone. Suivant l'état présent des connaissances au sujet du procédé de refusion sous laitier électroconducteur, on dispose des possibilités suivantes pour obtenir des teneurs en aluminium inférieures à 0,010%, possibilités qui s'accompagnent cependant de divers inconvénients :

- 1) refusion sous une atmosphère exempte d'oxygène.
- 2) Proportionner l'aluminium ajouté au laitier de manière que la teneur en aluminium ne dépasse pas 0,010%.
- 3) Remplacer l'aluminium comme agent de désoxydation du laitier par un autre élément ayant de l'affinité pour l'oxygène.

Comme une atmosphère contenant de l'oxygène est nécessaire suivant la réaction (2) pour la désulfuration, il faut renoncer, lors de la refusion sous atmosphère exempte d'oxygène, à obtenir une désulfuration de l'acier. En outre, une protection de l'installation de refusion sous laitier électroconducteur contre l'oxygène de l'air, notamment lorsque l'on refond des lingots de grandes dimensions, comme cela est nécessaire pour la fabrication de roues de turbines, ne peut être réalisée techniquement qu'au prix de coûts très élevés.

Ajouter moins d'aluminium ne permet d'obtenir qu'une réduction partielle de la teneur en FeO dissous dans le laitier. Ceci conduit à une consommation plus grande de silicium et donc à une diminution rapide du degré de basicité du laitier. Ceci non seulement amoindrit l'aptitude du laitier à la désulfuration, mais aussi diminue le taux de pureté de l'acier refondu, puisque l'enlèvement des inclusions non métalliques de l'acier dépend du degré de basicité du laitier. Ce degré de pureté moins bon provoque à son tour un amoindrissement de la ténacité de l'acier.

La troisième variante, qui consiste à ajouter d'autres éléments comme le silicium, le titane ou le zirconium, ayant de l'affinité pour l'oxygène en vue de désoxyder le laitier, entraîne également des problèmes métallurgiques. D'une part, les produits d'oxydation de ces éléments modifient la composition du laitier, de sorte que celui-ci ne remplit plus sa

tâche. D'autre part, ces éléments sont absorbés aussi partiellement par l'acier et modifient ainsi la composition de ce dernier d'une manière qui n'est pas souhaitable.

5 Il s'ensuit qu'aucun des trois procédés décrits ne satisfait à toutes les exigences imposées à une installation de refusion sous laitier électroconducteur travaillant d'une manière économique et aux produits ainsi obtenus.

10 L'invention propose une désoxydation du laitier, pendant le procédé de refusion sous laitier électroconducteur, par laquelle on peut régler, d'une manière sûre, la teneur en aluminium à une valeur inférieure à 0,010% dans l'acier refondu, sans avoir à tenir compte d'autres inconvénients métallurgiques.

15 Suivant l'invention, on remplace l'aluminium en tout ou partie par un métal alcalino-terreux ou par plusieurs métaux alcalino-terreux.

Suivant une variante, on utilise notamment du calcium comme métal alcalino-terreux.

20 Dans la fabrication classique de l'acier, on ajoute certes à l'acier liquide de petites quantités de calcium sous forme d'alliage de calcium, comme CaSi et CaAl entre autres. Mais le but n'est pas essentiellement de désoxyder l'acier, mais d'influencer la forme et la répartition des produits de désoxydation créés par la désoxydation de l'acier, qui a déjà eu lieu
25 à l'aide de l'aluminium et du silicium; puisque, d'une part, le calcium qui a un point d'ébullition de 1240°C est déjà sous forme de vapeur aux températures de fabrication de l'acier qui dépasse 1600°C et puisque, d'autre part, il n'est pas soluble dans le fer. La plus grande partie du calcium ajouté se dégage sous forme de vapeur de l'acier fondu sans réagir avec lui.
30 Dans le traitement connu de l'acier par du calcium, la masse fondue est toujours entièrement calmée par l'aluminium et/ou par le silicium. Ce qui vient d'être dit vaut pour tous les autres métaux alcalino-terreux. On ne connaît pas non plus
35 une réduction de laitier par le calcium pendant la période d'affinage au four électrique.

Pour les motifs exposés, rien dans la technique connue ne pouvait faire penser au spécialiste de désoxyder un

laitier d'un procédé de refusion sous laitier électroconducteur, par exemple par du calcium. Bien plus, il devait supposer que le calcium, en raison de son point d'ébullition bas, s'évaporerait, lorsqu'il serait mis en contact avec le laitier liquide du processus de refusion sous laitier électroconducteur, avant qu'une réaction chimique notable ait lieu avec ce laitier. Mais il s'est révélé, d'une manière surprenante, que, lors de l'addition de métaux alcalino-terreux dans du laitier contenant du spath fluor, il ne s'effectue pratiquement pas d'évaporation, par exemple de calcium, même à des températures supérieures à 1600°C. Le métal alcalino-terreux ajouté est absorbé sous forme dissoute par le laitier contenant du spathfluor. Il se produit ainsi une désoxydation très efficace du laitier.

Les métaux alcalino-terreux ont une masse volumique relativement faible par rapport au laitier du procédé de refusion sous laitier électroconducteur. Pour obtenir un meilleur apport des métaux alcalino-terreux, il est donc opportun de les placer dans le laitier alors qu'ils sont entourés par exemple d'une mince tôle d'acier. Il est particulièrement efficace d'ajouter du fil de calcium gainé d'une tôle d'acier à l'aide d'un dispositif transporteur. On peut ainsi bien régler la quantité ajoutée par unité de temps en jouant sur la vitesse du transporteur.

Aux fins de l'invention, on peut utiliser aussi des métaux alcalino-terreux comme le magnésium ou le baryum. A cet effet, il est recommandé de remplacer une partie du spathfluor (CaF_2) contenu dans le laitier par un fluorure correspondant comme MgF_2 ou BaF_2 . Si le laitier ne contient pas de fluorure de magnésium ou de fluorure de baryum, il convient d'ajouter du magnésium ou du baryum en même temps que le calcium. Comme tous les métaux alcalino-terreux sont solubles dans le calcium fondu, les pertes par évaporation de ces éléments sont ainsi rendues très faibles.

Suivant l'invention, il est par exemple possible d'utiliser exclusivement du calcium pour désoxyder le laitier. Mais une désoxydation combinée du laitier, à l'aide d'une association de calcium et d'aluminium, peut être effectuée sans que la teneur en aluminium dans l'acier refondu ne dépasse la con-

centration souhaitée, qui est inférieure à 0,010%. A cet effet, on proportionne la quantité d'aluminium, de manière que l'aluminium du laitier soit pratiquement entièrement oxydé et ne soit pas absorbé par l'acier. Comme cette quantité d'aluminium ne suffit pas, comme l'a révélé l'expérience, à maintenir la teneur en FeO du laitier à une valeur inférieure à 0,5%, ce rôle est joué par le calcium. On peut ainsi maintenir à une valeur faible la consommation de calcium. Compte tenu du prix du calcium, cette désoxydation combinée est avantageuse du point de vue économique.

Les trois exemples qui suivent illustrent l'invention :

Exemple 1 (désoxydation habituelle par de l'aluminium)

On refond un lingot de 50 tonnes, de qualité 26 NiCrMoV 8 5, ayant un diamètre de 1300 mm. On effectue la refusion avec un laitier contenant 60% en poids de CaF_2 , 20% en poids de Al_2O_3 et 20% en poids de CaO. Les électrodes de refusion ont une teneur en aluminium de 0,025% et une teneur en soufre de 0,017%. Pendant la refusion, on ajoute au laitier 2 kg d'aluminium par tonne d'acier. Pendant toute la durée de la refusion, on règle les teneurs en aluminium et en soufre dans le bain métallique fondu et la teneur en FeO dans le laitier aux valeurs suivantes :

	Début	Milieu	Fin
Aluminium en %	0,021	0,022	0,025
Soufre en %	0,004	0,004	0,004
Teneur en FeO dans le laitier en %	0,30	0,35	0,35

Exemple 2 (désoxydation du laitier par du calcium) :

On refond un lingot de 50 tonnes, de qualité 30 CrMoNiV 4 11, qui a un diamètre de 1300 mm. On effectue la refusion à l'aide d'un laitier contenant 60% en poids de CaF_2 , 20% en poids d' Al_2O_3 et 20% en poids de CaO. Les électrodes de refusion ont une teneur en aluminium de 0,025% et une teneur en soufre de 0,014%. Pendant la refusion, on ajoute au laitier 400 g de calcium par tonne d'acier. Pendant toute la durée de la refusion, on règle les teneurs en aluminium et en soufre dans le bain métallique fondu et en FeO dans le laitier aux valeurs suivantes :

	Début	Milieu	Fin
Aluminium en %	0,006	0,007	0,007
Soufre en %	0,0035	0,030	0,0030

Teneur en FeO du laitier en % 0,35 0,25 0,25

Exemple 3 (désoxydation du laitier par du calcium et par de l'aluminium)

On refond un lingot de 80 tonnes, de qualité 26 NiMoV
 5 14 5, qui a un diamètre de 2300 mm. On effectue la refusion
 à l'aide d'un laitier contenant 60% en poids de CaF_2 , 20% en
 poids d' Al_2O_3 et 20% en poids de CaO. Les électrodes de refusion
 ont une teneur en aluminium de 0,040% et une teneur en soufre
 de 0,020%. Pendant la refusion, on ajoute au laitier 150 g
 10 d'aluminium et 450 g de calcium par tonne d'acier. Pendant toute
 la durée de la refusion, on règle les teneurs en aluminium et
 en soufre dans le bain métallique fondu et en FeO dans le laitier
 aux valeurs suivantes :

	Début	Milieu	Fin
15 Aluminium en %	0,006	0,007	0,007
Soufre en %	0,004	0,004	0,004
Teneur en FeO du laitier en %	0,40	0,35	0,40

Ces exemples montrent que, par le procédé suivant l'in-
 vention, on peut obtenir des teneurs très faibles en aluminium,
 20 sans rendre moins bonne notamment la désulfuration.

Le procédé suivant l'invention peut bien entendu être
 utilisé pour toutes les variantes du procédé de refusion sous
 laitier électroconducteur. C'est ainsi par exemple qu'il peut
 être utilisé dans un procédé de fabrication classique d'un lin-
 25 got et immédiatement après le traitement spécial de la tête du
 lingot s'effectuant après la coulée, traitement dans lequel une
 électrode est fondue sous un laitier.

Il en va de même pour le procédé de refusion connu
 de la zone de coeur; à cet effet on perce un lingot fondu de
 30 manière classique après qu'il se soit solidifié, et on se sert
 ensuite de l'espace vide créé comme chambre de fusion pour la
 refusion sous laitier électroconducteur.

REVENDICATIONS

- 1) Procédé de refusion d'acier et d'alliages sous laitier électroconducteur dans lequel, pendant la refusion, on désoxyde le laitier contenant du spathfluor par addition d'aluminium, caractérisé en ce qu'il consiste à remplacer en tout ou partie l'aluminium par un métal alcalino-terreux ou par plusieurs métaux alcalino-terreux.
- 2) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer la désoxydation du laitier par du calcium.
- 3) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer la désoxydation du laitier par du magnésium et/ou par du baryum.
- 4) Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce que le laitier contient de petites quantités de fluorures correspondants.
- 5) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer la désoxydation du laitier par plusieurs métaux alcalino-terreux, l'un des métaux de désoxydation étant le calcium.
- 6) Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à mettre les métaux alcalino-terreux dans le laitier en les gainant d'une tôle.
- 7) Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il consiste à envoyer les métaux alcalino-terreux dans le laitier sous la forme d'un fil gainé d'une tôle d'acier à l'aide d'une machine servant à transporter le fil.