

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑲ **N° 80 25368**

⑤④ Procédé pour la production d'acier à haute teneur en chrome.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). C 22 C 38/18; C 21 C 5/34; C 22 C 38/40.

②② Date de dépôt..... 28 novembre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : Japon, 1^{er} décembre 1979, n° 154 990/79.

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 34 du 21-8-1981.

⑦① Déposant : Société dite : NIPPON STEEL CORPORATION, résidant au Japon.

⑦② Invention de : Hiroyuki Katayama, Chikara Saito, Hidetake Ishikawa et Hirofumi Hakimoto

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger,
115, bd Haussmann, 75008 Paris.

L'invention concerne un procédé économique pour la production de fonte à haute teneur en chrome, à teneur moyenne en carbone, que l'on obtient comme intermédiaire dans la production d'aciers à haute teneur en chrome tels que les aciers
5 inoxydables et les aciers réfractaires.

A la suite du développement récent et du résultat commercial d'opérations secondaires d'affinage tels que le procédé de décarburation par l'oxygène sous vide (VOD) et de décarburation à l'oxygène sous argon (AOD), qui reposent sur
10 une décarburation préférentielle, les aciéries prennent plus d'intérêt à la production de fonte brute à haute teneur en chrome pour abaisser les coûts de la production de l'acier inoxydable.

Le brevet japonais publié sous le N° 4486/77,
15 intitulé "Procédé pour la production d'acier inoxydable", dont l'inventeur est Toyosuke Tanove et al. déposé par Sumitomo Métal Industry C° Ltd, décrit un procédé pour la production d'acier inoxydable, utilisant comme source de chrome un ferro-chrome à haute teneur en carbone. Cette invention antérieure
20 utilise une source de chrome composée de chrome à haute teneur en carbone à l'état fondu chaud et diffère essentiellement du procédé suivant l'invention qui est basé sur l'utilisation de ferro-chrome solide à haute teneur en carbone, à la température ordinaire, comme source de chrome. Les raisons de ce choix sont
25 les suivantes :

- (1) - Il n'est économiquement pas pratique d'obtenir des matières chaudes dans une aciérie à acier inoxydable, de sorte qu'il est généralement difficile, pour le procédé de cette invention antérieure d'obtenir le ferro-chrome à haute teneur en
30 carbone à l'état fondu ;
- (2) - En conséquence pour exécuter le procédé, il est généralement nécessaire d'utiliser le ferro-chrome solide à haute teneur en carbone d'abord à la température ordinaire et de le chauffer ensuite dans un four électrique à une température plus haute
35 que le point de fusion pour former le ferro-chrome à l'état fondu à haute teneur en carbone.

Dans l'invention, on introduit les teneurs prévues de chrome et de carbone (en poids %) dans le fer en fusion, de façon à dissoudre le ferro-chrome solide à haute teneur en car-
40 bone dans la masse en fusion à une température inférieure à son

point de fusion (c'est-à-dire sans le chauffer jusqu'à ce point). De ce fait, la conception de l'invention diffère essentiellement de celle de l'invention antérieure. La voie suivie par le procédé Sumitomo est la Voie I qui est illustrée dans la figure 10 des
5 dessins annexés. La voie II de cette figure représente la fusion de ferro-chrome solide à haute teneur en carbone pour réaliser le ferro-chrome à haute teneur en carbone fondu. La voie suivie par le procédé de l'invention n'est pas II --- I, mais III qui indique que le ferro-chrome solide à haute teneur en carbone
10 entre en solution dans la masse en fusion à une température inférieure au point de fusion de ce ferro-chrome.

Ensuite vient la demande de brevet japonaise (OPI) N° 108116/75 (Le terme OPI tel qu'il est utilisé ici désigne une demande de brevet japonais non examinée, publiée). Cette
15 demande est intitulée "Procédé pour la production d'acier à faible teneur en chrome et d'alliage ferro-chrome". L'invention a pour objet de produire un acier à haute teneur en chrome et à faible teneur en carbone (moins de 0,05 %) en affinant un métal fondu à haute teneur en carbone contenant du chrome avec
20 de l'oxygène sans que l'on aie les difficultés rencontrées dans les procédés connus, c'est-à-dire formation d'une scorie qui contienne une proportion indésirable de chrome et attaque de la garniture réfractaire du creuset d'affinage. Pour réduire la teneur en chrome de la scorie, l'invention place une ou plusieurs
25 tuyères, autour de chaque tuyère d'injection, d'oxygène, par où on envoie du carbone solide servant de vecteur, sous forme de poudre, sous la surface du bain de métal fondu, de sorte que le jet d'oxygène est entouré d'un jet de fines particules de carbone constituant un vecteur. Dans ce procédé de la technique
30 antérieure, le carbone est fourni pour éviter l'oxydation du chrome. Dans ce procédé si le jet d'oxygène est fourni directement dans le métal fondu de façon à produire un acier à haute teneur en chrome dont la teneur en carbone soit inférieure à 0,05 %, il se produit une oxydation du chrome, et pour éviter
35 ce défaut, le procédé fournit un jet enveloppant de carbone en fines particules qui entoure le jet d'oxygène.

Dans le procédé de la présente invention, le carbone n'est pas utilisé pour éviter l'oxydation du chrome, mais il est fourni comme source de chaleur pour dissoudre une source
40 solide de chrome, telle que du ferro-chrome à haute teneur en

carbone, à basse température, dans la masse à teneur moyenne en carbone qui se trouve déjà dans un four de fusion. La masse fondue produite par le procédé de l'invention contient une proportion moyenne de carbone. Quand il est fourni une source
5 de carbone dans le four par le bas dans le procédé de l'invention, elle est fournie par une tuyère placée à la base du four du type à tube triple concentrique, composée d'un tube intérieur de fourniture de carbone, d'un tube intermédiaire par où arrive de l'oxygène et d'un tube extérieur, qui amène un fluide refroidissant. De ce fait, le procédé de l'invention a en vue un
10 produit intermédiaire à un taux de carbone différent de celui du produit envisagé par les procédés de la technique antérieure, et du fait que l'on introduit du carbone par soufflage dans des buts différents, dans les deux procédés, la construction de la
15 tuyère de base utilisée diffère aussi dans les deux procédés. En conséquence, le procédé de la demande de brevet japonais (OPI) N° 108116/75 diffère du procédé de l'invention dans son objet, sa construction, et son action.

Une troisième référence de technique antérieure est
20 la demande de brevet japonais (OPI) N° 10319/78 intitulée "procédé et installation pour l'affinage de métal", déposée par British Steel Corporation. Elle décrit une invention qui concerne la fabrication d'acier et en particulier concerne un procédé et une installation qui permettent de convertir des matières solides
25 contenant du fer en acier fondu dans une opération continue, semi-continue, ou par lots. Suivant un aspect de l'invention, il est prévu, dans un procédé de fabrication d'acier dans un creuset métallurgique contenant un métal ferreux fondu, un procédé pour augmenter le niveau d'énergie dans la masse en
30 fusion comprenant l'injection de matières carbonées solides sous la surface de cette masse et l'introduction d'oxygène ou d'un gaz contenant de l'oxygène dans le creuset pour réagir avec la matière carbonée en libérant de la chaleur. L'invention utilise du carbone pour engendrer de la chaleur mais elle n'envisage
35 pas du tout la production d'acier contenant du chrome. Au contraire le procédé suivant la présente invention envisage, comme produit intermédiaire le fer fondu brut à haute teneur en chrome, et pour le fabriquer à moindres frais, la présente invention utilise la chaleur engendrée en utilisant du carbone en
40 accord avec la teneur en carbone et en chrome (en poids %) de

l'acier fondu. En conséquence, les deux inventions peuvent être analogues entre elles par l'utilisation de carbone comme source de chaleur, mais elles diffèrent l'une de l'autre par leur objet, la construction de l'installation et l'action envisagée.

5 L'objet principal de la présente invention est de réaliser un procédé économique pour produire une masse fondue brute à haute teneur en chrome, que l'on obtient comme produit intermédiaire dans la production d'aciers à haute teneur en chrome tels que l'acier inoxydable. L'invention propose à cet
10 effet les procédés suivants :

I. Procédé pour la production d'acier à haute teneur en chrome, caractérisé en ce qu'on introduit du fer en fusion dans un four de fusion, et introduit aussi une source solide de chrome, une
15 poudre carbonée, et un gaz contenant de l'oxygène dans des proportions ajustées de façon à maintenir la masse en fusion à une température d'ordre inférieur à 1650°C et supérieur à la température minimum de fusion pour les proportions spécifiques de carbone et de chrome dans la masse en fusion, ce procédé étant capable de réaliser une décarburation préférentielle tout en
20 inhibant l'oxydation du chrome, le terme source solide de chrome étant utilisé ici pour désigner une source qui soit composée d'une ou de plusieurs substances, choisies dans le groupe constitué par le ferro-chrome à haute teneur en carbone, le ferro-chrome à teneur moyenne en carbone, le ferro-chrome à
25 basse teneur en carbone, le chrome métal, le minéral de chrome, des billes de chrome partiellement réduit, et la mitraille contenant du chrome et qui contient du chrome non-fondu.

2. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que la température supérieure à la température minimum de fusion est
30 définie par les formules (2), (3), (4), et (5) suivantes :

$$\text{Température de la masse en fusion} \quad (^\circ\text{C}) \geq 17,5 \frac{\{\text{Cr}\}}{\{\text{C}\}} + 1200 \quad (2)$$

$$\text{Température de la masse en fusion} \quad (^\circ\text{C}) \geq -140 \{\text{C}(\%)\} + 1650 \quad (3)$$

35 $\text{Température de la masse en fusion} \quad (^\circ\text{C}) \geq 110 \{\text{C}\% \} + 1050 \quad (4)$

$$\text{Température de la masse} \quad (^\circ\text{C}) = -273 + \frac{15673}{8,84 + \log \frac{8,3 - \{\text{C}(\%)\}}{4,0}} \quad (5)$$

40 3. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que

la formule (3) est remplacée par la formule (13) :

$$\text{Température de la masse } (^{\circ}\text{C}) \geq -140 \{C(\%)\} + 1710 \quad (13)$$

4. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que la masse est maintenue à une température inférieure à 1580°C.
- 5 5. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que l'affinage de la masse dans le four de fusion est assurée par dissolution dans cette masse d'une poudre carbonée et par introduction d'un gaz contenant de l'oxygène par des tuyères placées dans la partie inférieure du four.
- 10 6. Procédé suivant le paragraphe 5, caractérisé en ce que les tuyères sont du type à tube triple, concentrique, composé d'un passage central par où on souffle un gaz vecteur avec une matière carbonée en poudre, d'un passage annulaire par où on souffle un gaz contenant de l'oxygène, et d'un passage annulaire
15 extérieur par où on souffle un fluide destiné à refroidir la tuyère.
7. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que l'affinage de la masse dans le four de fusion est obtenu en dissolvant dans cette masse des morceaux de matière carbonée
20 fournis par le haut du four.
8. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que l'affinage de la masse dans le four de fusion est obtenu en dissolvant dans cette masse une matière carbonée en poudre et un gaz contenant de l'oxygène fourni par la lance soufflant en
25 haut du four, placée dans la partie supérieure du four.
9. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que la source solide de chrome est introduite dans la masse qui se trouve dans le four de fusion par portions séparées.
10. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que le
30 gaz contenant de l'oxygène est fourni par une lance placée en haut du four, et par des tuyères placées dans la partie inférieure de ce four.
11. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que la matière carbonée en poudre est remplacée partiellement par une
35 poudre carbonée constituée par des particules carbonées auxquelles adhère du nickel métal.
12. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que la masse est de plus alimentée avec de l'oxyde de nickel que l'on a réduit préalablement à l'extérieur du four de fusion.
- 40 13. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce que la

forme du convertisseur constituant le four de fusion est telle qu'il répond aux conditions de la formule (11) suivante :

$$\left. \begin{aligned} S_1 &\geq S_2 \geq 1,2 \frac{W_i}{W_f} S_1 \\ 1,2 \frac{W_i}{W_f} S_1 &\geq S_3 \geq 0,8 \frac{W_i}{W_f} S_1 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

où S_1 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie la plus haute ($\frac{H}{3}$) de la masse fondue finale dont la hauteur est H (m), le niveau de la masse fondue étant immobile,

10 S_2 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie moyenne ($\frac{H}{3}$), S_3 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie inférieure ($\frac{H}{3}$), W_i (t) est la quantité initiale de masse fondue, et W_f (t) est la quantité déterminée à l'avance de masse en fusion finale.

15 14. Procédé suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce qu'on l'utilise pour produire un acier à faible teneur en carbone, à haute teneur en chrome en faisant subir une décarburation supplémentaire à la masse fondue à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome obtenue suivant l'invention.

20 15. Procédé de traitement de la masse fondue obtenue suivant le paragraphe 1, caractérisé en ce qu'on transforme cette masse dont on a contrôlé la teneur moyenne en carbone et la haute teneur en chrome, en acier à faible teneur en carbone et à haute teneur en chrome en lui ajoutant de l'acier fondu ne contenant pas de chrome, cette addition étant suivie d'une décarburation de la masse fondue ainsi contrôlée.

L'invention sera mieux comprise en regard de la description ci-après et des dessins annexés, représentant des exemples de réalisation de l'invention, dessins dans lesquels :

30 - la figure 1 est une représentation schématique en vue générale d'une installation pour l'exécution du procédé de l'invention,

- la figure 2 est une représentation schématique d'un mode de réalisation de la tuyère installée sur le creuset de réaction,

- la figure 3 est un diagramme illustrant l'effet de la température de fusion sur l'usure de la garniture réfractaire,

40 - la figure 4 donne des diagrammes qui illustrent les conditions optimum (partie hachurée) d'opération de l'in-

vention en termes de taux de carbone (%) par rapport à la température de la masse fondue pour des taux de chrome de 5 %, 18 %, 30 % et 60 %, qui sont définies par les formules (2), (3), (4) et (5),

- 5 - la figure 5 est une représentation schématique d'une section transversale latérale du creuset en forme de convertisseur utilisé pour la mise en pratique de l'invention,
- les figures 6 à 9 sont des diagrammes qui indiquent le comportement des taux de carbone et de chrome et de la température, le changement de l'arrivée d'oxygène soufflé par le haut, le changement de tonnage d'acier fondu suivant la charge de ferro-chrome à haute teneur de carbone, et le changement de la fourniture de coke dans la dissolution du ferro-chrome à haute teneur en carbone suivant les exemples 1, 2, 3, 4 respectivement,
- la figure 10 montre schématiquement les caractéristiques du procédé de l'invention par un diagramme indiquant la relation entre le taux de carbone (en poids %) et la température (°C) dans la masse en fusion dans un four de fusion, la courbe A indiquant schématiquement la température de liquidus du ferrochrome.

L'invention concerne un procédé économique pour produire de la fonte à teneur en carbone moyenne et à haute teneur en chrome, que l'on obtient comme intermédiaire dans la production d'aciers à haute teneur en chrome tels que les aciers inoxydables. Le terme "fonte à teneur moyenne en carbone et à haute teneur en chrome", tel qu'il est utilisé ici signifie que le fer contient au moins 12 % de chrome quand il est obtenu comme intermédiaire pour la fabrication d'acier inoxydable, et au moins 4 % de chrome quand il est obtenu comme intermédiaire pour la fabrication d'autres types d'aciers à haute teneur en chrome. La limite supérieure du taux de chrome est déterminée par la quantité de ferro-chrome à haute teneur en carbone utilisée pour l'apport de chrome et est généralement inférieure à 65 %. Le taux de carbone dépend du taux de chrome et le terme "teneur moyenne en carbone" a ici la signification courante et est défini par le pourcentage de saturation en carbone x (0,05 à 0,6). Plus particulièrement, la fonte à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome tel qu'il est envisagé dans l'invention présente un taux de chrome de 4 à 65 % en poids, et

son rapport Cr (%) / C (%) est de l'ordre de 8 à 30. Le procédé de l'invention est décrit ci-après comme si on l'utilisait pour produire de la fonte à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome que l'on obtient comme intermédiaire pour la fabrication d'acier inoxydable, mais on comprendra facilement que la description ci-après s'applique, sans changement notable, au cas où le procédé de l'invention est utilisé pour produire de la fonte à teneur moyenne en carbone et à haute teneur en chrome destiné à constituer un intermédiaire pour la fabrication d'autres types d'acier à haute teneur en chrome.

L'acier inoxydable est composé principalement de Fe-Cr et de Fe-Cr-Ni. Normalement, les sources de chrome sont le ferro-chrome et des scraps ou de la mitraille d'acier inoxydable, les sources de fer sont du fer solide (par exemple de la mitraille de fer et du fer réduit) et du fer à l'état fondu (par exemple de la fonte ou de l'acier fondu) et les sources de nickel sont des scraps d'acier inoxydable, du ferro-nickel, du nickel métal ou du NiO. Pour fabriquer de l'acier inoxydable à partir de ces sources, on les fond, les mélange, et les soumet à un affinage primaire dans le four de fabrication de l'acier pour former une masse brute fondue à haute teneur en chrome, (contenant plus d'impuretés telles que le carbone que l'acier inoxydable qui constituera le produit final) que l'on soumet ensuite à un affinage secondaire.

L'invention est le résultat d'études expérimentales faites pour réaliser un procédé économique de production de la masse fondue brute à haute teneur en chrome qui satisfasse aux exigences mentionnées ci-dessous, de façon à permettre d'arriver à une fabrication économique d'acier inoxydable et d'autres aciers à haute teneur en chrome.

On trouvera ci-après quelques-unes des exigences que pose la production à faible coût d'une masse fondue brute à haute teneur en chrome :

(1) Disposer de matières premières peu coûteuses. Les sources typiques de chrome sont le ferrochrome solide à haute teneur en carbone, le ferrochrome fondu à haute teneur en carbone, le ferrochrome à teneur moyenne en carbone, le ferrochrome à faible teneur en carbone et la mitraille ou les scraps d'acier inoxydable. Les ferrochromes à teneurs moyenne et faible en carbone, que l'on utilise comme composants d'alliage, et qui sont produits

en traitant du ferrochrome à haute teneur en carbone dans l'état actuel de la technique, se montrent très peu économiques quand on les utilise comme sources primaires de chrome. S'il se trouve une usine de ferrochrome dans le voisinage du four de fabrication de l'acier, on peut envoyer directement à ce dernier four le ferrochrome fondu à haute teneur en carbone, sous forme de ferrochrome provenant du four électrique de l'atelier de ferrochrome. Mais cette opération est difficile habituellement à moins de refondre le ferrochrome avant de l'amener au four de fabrication de l'acier. En conséquence, la source primaire de chrome pratique et peu onéreuse est le ferrochrome solide à haute teneur en carbone, et le procédé de sa fusion et de sa décarburation est un facteur important dans la fabrication de l'acier inoxydable.

Dans une aciérie qui ne produit pas seulement de l'acier inoxydable mais aussi de l'acier au carbone courant, il est économique d'utiliser de la fonte brute ou de l'acier fondu plutôt que du fer solide comme source de fer, car il faut alors moins d'énergie pour préparer la source de fer.

La plupart des aciéries ne peuvent utiliser des sources de nickel seulement à l'état solide et le choix de la source de nickel qui est la plus économique dépend des exigences économiques de chaque usine.

En conséquence, le four de fabrication de l'acier doit utiliser des sources de fer ordinaire à l'état fondu et une grande quantité de matières solides pour les alliages ne se basant sur les économies de matières premières. Mais en même temps, ces matières doivent assurer une fourniture efficace d'énergie pour la fusion ainsi que pour un affinage primaire efficace, pour satisfaire aux conditions exigées pour la composition de la masse en fusion brute pour le four d'affinage secondaire.

(2) On doit obtenir un rendement élevé de la chaleur si l'on utilise une énergie peu coûteuse. Il existe plusieurs procédés pour fournir l'énergie de fusion. Par exemple un four électrique est capable de fondre une charge contenant une certaine proportion de solides. Mais d'une part, l'électricité est une forme dispendieuse d'énergie, et d'autre part, la fusion dans un four électrique (en particulier un four à arc) se fait dans des conditions relativement non-oxydantes qui peuvent provoquer un abaissement du taux de carbone suivant les proportions des

sources séparées, et une tentative pour décarburer la charge fondue en soufflant de l'oxygène soulève souvent un problème tel que des jaillissements d'éclaboussures. En conséquence, on n'a pas avantage à utiliser le four électrique quand on utilise la VOD, où l'on demande une masse fondue brute à haute teneur en chrome et une teneur en carbone relativement faible, comme procédé de décarburation secondaire.

Dans un convertisseur qui réaliser un affinage oxydant, la chaleur d'oxydation qui est engendrée par la réaction d'oxygène soufflé avec addition de ferrosilicium ou d'Al peut être utilisée pour augmenter la quantité de solide, mais l'énergie utilisée, le ferrosilicium et autres se trouvent sous une forme aussi onéreuse que celle que l'on obtient avec l'électricité, et il se forme une grande quantité de scorie qui peut poser un problème dans l'opération d'affinage et peut réduire le rendement en chrome.

La chaleur engendrée par la combustion de combustibles peut être utilisée comme énergie pour la fusion parce qu'elle donne une énergie peu coûteuse pour une quantité donnée de chaleur engendrée. Mais alors, la grande possibilité de réoxydation des composants métalliques rend difficile l'obtention du chauffage avec un important rendement calorifique.

(3) Le rendement en chrome doit être élevé et en même temps la charge réfractaire doit être faible. La quantité de chrome oxydé au cours de la décarburation de la masse fondue à haute teneur en chrome dépend du taux de chrome, du taux de carbone et de la température de cette masse, et plus cette température est élevée, plus il est facile de contrôler l'oxydation du chrome. La charge du réfractaire du creuset est affectée par la température de la masse en fusion et par la composition de la scorie, et on demande une basse température pour réduire au minimum la charge du réfractaire. Pour réaliser un compromis entre ces exigences apparemment incompatibles de la décarburation et de la charge réfractaire, il est très important de choisir des conditions appropriées d'opération, en ce qui concerne le comportement de la température et la composition de la masse en fusion au cours de l'opération d'affinage.

Il est réalisé, suivant l'invention, un procédé pour la production d'acier à haute teneur en chrome qui comprend l'introduction dans le four de fusion de la fonte avec une

source solide de chrome, une poudre carbonée, et un gaz contenant de l'oxygène dans des proportions contrôlées de façon à maintenir la masse en fusion à une température de l'ordre de 1650°C au maximum mais supérieure à la température minimum de fusion qui correspond aux taux de carbone et de chrome dans la masse en fusion, procédé qui est capable de réaliser une décarburation préférentielle tout en inhibant l'oxydation du chrome.

L'invention sera maintenant décrite en détail dans ce qui suit avec référence aux dessins annexés. Un mode de réalisation de l'installation utilisée pour la mise en pratique de l'invention est illustré en coupe latérale dans la figure 1. L'installation comprend un creuset 1 de réaction, en forme de convertisseur, garni de réfractaire et des tuyères à la base 2 par où on fournit le gaz contenant de l'oxygène et une matière carbonée telle que du coke en poudre. La gueule du creuset 1 est pourvue d'une lance 3 soufflant de l'oxygène, capable de coulisser verticalement et est reliée à un four rotatif 4 qui est relié d'autre part à une trémie 5 remplie de la charge 6. La première raison que l'on a d'introduire dans la masse en fusion une matière carbonée telle que du coke en poudre est que l'on doit recarburer la masse en fusion de façon qu'elle réponde aux exigences de composition définies ci-dessous, et la seconde raison est que l'on doit fournir un supplément de chaleur de fusion qui est exigé en fonction des quantités de matières solides ajoutées à la masse en fusion. En ce qui concerne la chaleur supplémentaire pour la fusion, la chaleur de réaction représentée par le schéma $(C) + (O)$ (ou $\frac{1}{2} O_2$) $\rightarrow CO \dots$ (7) est utilisée.

La fourniture à la masse en fusion d'une matière carbonée liquide ou gazeuse, telle qu'une huile ou un gaz hydrocarbure, ne répond pas à ce qui est nécessaire suivant l'invention, car elle absorberait une importante quantité de chaleur pour sa décomposition. En conséquence, dans l'invention, on utilise des matières carbonées solides telles que du coke en poudre, du charbon pulvérisé et du graphite en poudre par exemple du graphite de fonderie. Suivant l'invention, on envoie aussi dans la masse en fusion un gaz contenant de l'oxygène. La première raison est que l'on doit réaliser la fusion avec la chaleur de réaction du schéma (7) et la seconde raison est que l'on doit decarburer la masse pour satisfaire aux exigences de composition spécifiées ci-après. En raison de l'absorption de

chaleur qui se produit quand la matière carbonée entre en solution dans la masse fondue, la surface qui entoure chaque tuyère est facilement refroidie de façon à provoquer un blocage de cette tuyère, de sorte qu'une autre raison de souffler de l'oxygène ou un gaz contenant de l'oxygène dans la masse en fusion réside dans la nécessité de suspendre ce problème en amorçant une réaction exothermique dans la partie inférieure de la masse en fusion. Pour arriver à ce résultat, le taux d'alimentation en oxygène v_{O_2} (kg/min), et le taux d'alimentation en carbone v_C (kg/min) (l'alimentation en matière carbonée étant exprimé en termes de carbone pur fourni), doit répondre à la relation suivante :

$$v_{O_2} \geq 0,3 v_C \quad (8)$$

Une autre raison encore de souffler de l'oxygène par le fond est d'engendrer du gaz monoxyde de carbone afin de réaliser un moyen pour agiter la masse en fusion, ce qui est nécessaire pour la décarburation préférentielle de la masse à haute teneur en chrome. Pour l'obtenir, $\frac{28}{16} v_O$ (kg/min) c'est-à-dire une approximation du taux de CO formé dans la masse en fusion et la quantité représentée par cette masse G_M (t) devront de préférence répondre à la relation suivante :

$$\frac{28}{16} v_{O_2} \geq 120 G_M \quad (9)$$

Mais s'il se forme une quantité excessive de CO, elle sera perdue et n'augmentera pas efficacement la force d'agitation. Un excès de gaz CO pourra aussi rendre instable la composition de la masse en fusion et peut être la cause d'un faible rendement en produit recherché. Il est en conséquence souhaitable que la relation représentée par

$$\frac{28}{16} v_{O_2} \leq 900 G_M \quad \dots (10) \text{ soit aussi satisfaite.}$$

Pour arriver à ce résultat, la matière carbonée et le gaz contenant de l'oxygène sont introduits dans la masse en fusion par une tuyère à triple tube concentrique du type illustré par la figure 2, et qui comprend un tube intérieur 15, un tube intermédiaire 14 et un tube extérieur 13. L'espace entre le tube extérieur 13 et la garniture 11 est rempli d'une couche

- de matière réfractaire 12. Un gaz inerte (par exemple N_2 , Ar, CO ou CO_2 , ou un mélange de ces gaz) peut véhiculer la matière solide carbonée et est fourni par le tube intérieur 15. Pour obtenir une alimentation continue stable de la masse en fusion,
- 5 la dimension des particules de matière carbonée sera de préférence telle qu'au moins 80 % du poids total est amené à une dimension inférieure au tiers du diamètre intérieur de ce tube. Si ce diamètre intérieur du tube intérieur est de 10 mm, on pourra utiliser comme matière carbonée le poussier de coke
- 10 0/10 tel qu'il est produit pour le commerce dans une cokerie. Si la matière carbonée est fournie par le tube annulaire extérieur 14' plutôt que par le tube intérieur 15, on ne pourra obtenir une alimentation stable qu'avec une poudre ayant une dimension de particules très petite (c'est-à-dire moins de
- 15 0,1 mm \varnothing) qui est difficile à préparer et à manipuler. La matière carbonée peut être fournie sous la forme d'un mélange avec un flux composé d'une poudre calcaïque (en particulier de chaux vive). On obtient ainsi les avantages suivants :
- (1) Le poussier de coke et les autres matières carbonées,
- 20 fournies seules, peuvent provoquer l'usure du tube intérieur en raison de la friction. Cette usure peut être fortement réduite en utilisant un mélange de matière carbonée et de poudre calcaïque (en particulier de chaux vive) car les fines particules forment alors un revêtement sur la paroi du tube intérieur. Un
- 25 autre procédé pour diminuer l'usure consiste à remplacer au moins 2 % de la teneur en carbone du poussier de coke par du carbone en fines particules ou de graphite. En fournissant ces matières en commun avec la matière carbonée, on peut réduire l'usure du tube dans la proportion de 20 à 95 %.
- 30 (2) Le coke contient une gangue qui est composée principalement de SiO_2 , et il est important que la fusion et la formation de scorie progresse rapidement pour que progresse la réaction scorie-métal telle que la désulfuration. On obtient des conditions avantageuses pour la progression de la formation de la
- 35 scorie en fournissant le coke et la chaux par le même tube.
- (3) La désulfuration s'opère rapidement.

On envoie dans la masse en fusion, pour terminer les réactions oxydantes (décarburation et désiliciation) qui se passent dans cette masse, afin d'arriver à une génération de

40 chaleur efficace, par le tube annulaire 14' intermédiaire, de l'oxygène ou un gaz oxydant composé d'oxygène et d'un autre gaz

pour réaliser le potentiel oxygène voulu. Quand ces réactions oxydantes sont terminées, on envoie par le tube annulaire 14' intermédiaire, un gaz non-oxydant, tel que N_2 ou Ar. La fourniture de gaz oxydant par le tube annulaire 14' a les avantages suivants sur l'alimentation par le tube intérieur 15 :

(a) le gaz oxydant entre en contact avec le fer fondu sur une large surface afin d'éviter une oxydation excessive de la masse.

(b) La durée de la tuyère d'alimentation en oxygène est augmentée car elle est refroidie à la fois par le gaz refroidissant protecteur fourni par le tube extérieur comme il est décrit plus loin et par la poudre carbonée et le gaz vecteur fournis par le tube intérieur.

(c) Quand le gaz oxydant est projeté à grande vitesse dans l'espace annulaire situé entre les tubes intérieur et intermédiaire, la pression dans le tube intérieur est réduite pour rendre plus facile la fourniture de poudre carbonée par le tube intérieur et la quantité de gaz vecteur nécessaire est ainsi réduite. Comme autre avantage il ne se produit aucun blocage dans le tube intérieur, même si l'alimentation en gaz vecteur est interrompue temporairement après l'arrêt de la fourniture de poudre.

(c) Comme la poudre carbonée fournie par le tube intérieur est entouré d'un jet enveloppant de gaz oxydant, sa température augmente rapidement et elle est facilement prise en solution par la masse fondue quand elle entre en contact avec elle. En conséquence, il est rare que le soufflage de poudre carbonée produise des effets défavorables même si le bain n'a pas la profondeur désirée.

On envoie, par le vide annulaire 13' qui sépare le tube extérieur 13 du tube intermédiaire 14, un gaz protecteur (par exemple un gaz hydrocarbure tel que du propane, un brouillard d'huile ou un gaz inerte tel que Ar ou N_2) afin de réduire au minimum l'usure et l'oxydation de la matière dont est faite la tuyère.

Suivant une caractéristique de l'invention, une fourniture supplémentaire de chaleur nécessaire pour la fusion de la matière solide telle que du ferrochrome à haute teneur en carbone est prévue afin de brûler la matière carbonée ajoutée à la masse en fusion. L'importance de la décarburation requise ou la quantité d'oxygène fourni est inévitablement augmentée. Mais

si la réaction peut durer seulement pendant un temps limité, il se produit quelque fois que l'on ne peut pas souffler par le fond toute la quantité d'oxygène voulue, en raison de la limitation imposée par la formule (10). Si cela se produit la quantité restante d'oxygène peut être injectée sur la surface de la masse en fusion par la lance 3 soufflant sur le dessus, illustrée dans la figure 1.

La matière carbonée solide peut être fournie par la surface supérieure du four au lieu de l'être par le fond, et dans ce soufflage par le haut, les considérations suivantes sont nécessaires pour augmenter l'efficacité du chauffage de la masse fondue au moyen de carbone :

- 1) Pour assurer l'agitation de la masse, on soufflera au moins un gaz (par exemple N_2 , Ar ou un gaz contenant de l' O_2) par le dessous du four ;
- 2) On peut simplement fournir, par le dessus du four, une matière carbonée solide composée de particules ayant une dimension supérieure à 10 mm, mais on souffle dans la masse en fusion ou dans la scorie, au moyen d'une lance submergée, une matière carbonée composée de particules de dimensions inférieures à 10 mm. La matière carbonée envoyée dans la masse en fusion donne des résultats qui sont sensiblement égaux à ceux que l'on obtient par l'introduction par le dessous. La lance submergée peut être composée d'un tube dont le bout est revêtu de matière réfractaire. On aura avantage à utiliser, comme gaz vecteur un gaz inerte tel que N_2 ou Ar. La matière carbonée fournie dans la scorie peut réduire les oxydes de fer ou de chrome qui se trouvent dans la scorie, et l'utilisation du carbone obtenu peut se monter jusqu'à 30 à 70 % de ce qui est obtenu quand la matière carbonée est introduite par le dessous du four.

Comme c'est une des caractéristiques de l'invention d'introduire dans le fer en fusion une importante quantité de matière solide qui entre en solution dans la masse fondue, l'enceinte de réaction doit être telle que l'on obtienne un affinage stable avec l'oxygène quelles que soient les variations de la quantité de fer en fusion. En d'autres termes, l'affinage doit être réalisé, que le creuset contienne une faible quantité de masse en fusion dans la phase initiale, ou qu'une quantité déterminée à l'avance de masse en fusion soit contenue dans la

phase finale.

A la suite de différentes études sur la forme de four qui réponde aux exigences, on a constaté que le four voulu doit être construit dans les conditions suivantes :

$$\left. \begin{aligned}
 S_1 &\geq S_2 \geq 1,2 \frac{W_i}{W_f} S_1 \\
 1,2 \frac{W_i}{W_f} S_1 &\geq S_3 \geq 0,8 \frac{W_i}{W_f} S_1
 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

où S_1 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie la plus haute ($\frac{H}{3}$) de la masse fondue finale dont la hauteur est H (m), le niveau de la masse fondue étant immobile, S_2 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie moyenne ($\frac{H}{3}$), S_3 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie inférieure ($\frac{H}{3}$), W_i (t) est la quantité initiale de masse fondue, et W_f (t) est la quantité déterminée à l'avance de masse en fusion finale. Si S_2 et S_3 sont plus petits qu'il n'est indiqué dans la formule (11), l'usure du réfractaire augmente et en particulier, il se produit facilement une réduction du rendement en masse en fusion dans la phase finale de l'opération d'affinage. Si S_2 et S_3 sont plus grands qu'il n'est indiqué dans la formule (11), il est obtenu un faible rendement thermique parce que l'affinage avec de l'oxygène est instable dans la phase initiale et que la matière carbonée soufflée n'est pas mise d'une façon satisfaisante en solution dans la masse en fusion. Un exemple de forme de four qui réponde aux exigences spécifiées dans la formule (11) est illustré par la figure 1 (sous la référence 1) ou dans la figure 5.

Pour fondre une plus grande quantité de matières solides, il y a avantage à préchauffer la charge. Dans l'opération d'affinage suivant l'invention dans laquelle il est fourni de la matière carbonée, on obtient une augmentation correspondante de la quantité de gaz CO si l'on compare avec l'affinage oxydant courant, de sorte que l'on a avantage à utiliser la chaleur sensible et la chaleur latente du gaz perdu obtenues pour préchauffer la charge. On utilise à la fois la trémie 5 et le four rotatif 4 de la figure 1 pour préchauffer la charge 6. On peut envoyer dans la masse en fusion, dans l'enceinte de réaction, au moment voulu, au moyen de ces unités de préchauffage, un ferro-alliage et de la mitraille de dimensions conve-

nables. De la mitraille ayant une forme spéciale incapable de passer dans les éléments préchauffeurs peut être envoyée dans le vaisseau de réaction, par portions, avec ou sans préchauffage dans un dispositif extérieur.

5 Le mode de fonctionnement de l'installation illustrée par la figure 1 est décrite ci-après. On place dans l'enceinte de réaction une masse d'amorçage de la fusion ou une source de fer à l'état fondu telle que du fer ou de l'acier fondu que l'on transfère d'un autre four. En variante, on peut
10 retenir dans le convertisseur une partie de la masse en fusion d'une opération d'affinage précédente. Comme l'invention envisage le cas qui exige de la chaleur engendrée par l'oxydation d'une matière carbonée, la quantité de masse d'amorçage initialement chargée est inférieure à 83 % de la quantité de masse en
15 fusion finale. Dans la masse d'amorçage ainsi préparée, on envoie par des tuyères de la base du four une matière carbonée solide, un gaz contenant de l'oxygène et un gaz de refroidissement, afin d'augmenter la température de la masse en fusion, pendant qu'en même temps on charge par le haut du convertisseur,
20 une matière solide préchauffée (par exemple un ferro-alliage et de la mitraille), de façon qu'elle soit mise en solution dans la masse fondue chauffée. C'est le principal objet de l'invention qu' "augmenter le rendement en chrome et réduire l'usure de la garniture réfractaire" en choisissant les condi-
25 tions d'opération appropriées quand la fusion et la décarburation sont réalisées en même temps.

La figure 3 montre l'effet de la température de la masse en fusion sur l'indice d'érosion du réfractaire. L'érosion de ce réfractaire augmente brusquement quand la tempé-
30 rature de la masse en fusion dépasse 1650°C. Aussi, pour ce qui fait l'objet de l'invention, il est nécessaire que la température de la masse en fusion soit maintenue à une température qui ne dépasse pas 1650°C au cours de l'opération d'affinage.

$$\text{Température de la masse en fusion (°C)} \leq 1650 \quad (1)$$

35 Une température inférieure à 1580°C est particulièrement recommandée suivant la figure 3. L'exigence spécifiée par la formule (1) est plus basse que ce qui est défini pour les techniques courantes de réalisation d'une décarburation préférentielle d'une masse en fusion à haute teneur en chrome
40 par soufflage d'oxygène. Pour arriver économiquement à réaliser

la décarburation préférentielle tout en inhibant l'oxydation du chrome dans la limite de ces exigences de température, l'invention choisit et observe de strictes conditions d'opération (au point de vue de la combinaison de la température et des

5 taux de C et de Cr en particulier.

L'exigence de réaliser la décarburation tout en inhibant l'oxydation du chrome, avec une vitesse d'alimentation en oxygène convenablement faible est représentée par la formule (2) :

10 Température de la masse en fusion ($^{\circ}\text{C}$) $\geq 17,5 \frac{[\text{Cr}]}{[\text{C}]} + 1200$ (2)

Dans l'invention, on envoie, par les tuyères de la base, un gaz porteur de la matière carbonée et un gaz hydrocarbure pour le refroidissement de la tuyère, et il en résulte que

15 la pression partielle de CO dans les bulles formées dans la masse en fusion est réduite. Pour obtenir la formule (2), on a conduit une expérience sur l'équilibre entre $[\text{Cr}]$, $[\text{C}]$, et la température de la masse en fusion pour Cr = 0 à 65 %, $P_{\text{CO}} = 1 \text{ kg/cm}^2$ et l'activité de Cr_2O_3 dans la scorie = 1, en

20 tenant compte de la réduction de la pression partielle du monoxyde de carbone (P_{CO}), qui accompagne inévitablement la fourniture de gaz vecteur et de gaz hydrocarbure. Il n'est pas besoin de dire que la poursuite de la décarburation pourrait

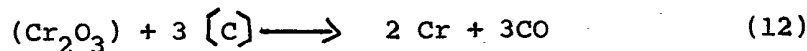
25 être obtenue en fournissant plus de gaz diluant mais une telle réduction intentionnelle de P_{CO} n'est pas une pratique économique.

Les deux conditions pour des dynamiques de décarburation qui prédominent sur l'oxydation du chrome sont représentées par les formules (3) et (4) suivantes :

30 Température de la masse en fusion ($^{\circ}\text{C}$) $\geq -140 [\text{C} (\%)] + 1650$ (3)

Température de la masse en fusion ($^{\circ}\text{C}$) $\geq 110 [\text{C} (\%)] + 1050$ (4)

Dans l'affinage d'une masse à haute teneur en chrome par soufflage d'oxygène, il se forme d'abord un oxyde de chrome (Cr_2O_3), qui est ensuite réduit par le $[\text{C}]$ de la masse par une réaction répondant à la formule suivante :



La vitesse de formation de Cr_2O_3 est déterminée

40 par la vitesse d'alimentation en oxygène presque directement, et

la limite supérieure de vitesse de réaction de la formule (12) est déterminée par des facteurs tels que la composition, la température, et les conditions d'agitation de la masse en fusion, Si la vitesse de réduction de Cr_2O_3 est plus faible que sa
 5 vitesse d'oxydation, le Cr_2O_3 passé dans la scorie provoque une augmentation de la perte de chrome et rend impossible la stabilité de l'affinage en raison des propriétés indésirables que prend la scorie (viscosité élevée par exemple). Si l'affinage est réalisé avec une faible vitesse de réduction de Cr_2O_3 , il
 10 faut souffler de l'oxygène à une faible vitesse pour une décarburation qui prédomine sur l'oxydation du chrome, ce qui n'est pas désirable car la productivité de l'installation d'affinage se trouve diminuée.

On a en conséquence entrepris des études sur les
 15 conditions de taux de Cr et de C et sur la température qui augmentent la vitesse de réduction de Cr_2O_3 suivant la formule (12), et on a constaté que le taux de carbone affecte beaucoup la vitesse de réduction de Cr_2O_3 . Si la formule (3) n'est pas respectée, l'activité de $\{C\}$ est trop faible, et la viscosité
 20 de la masse en fusion est élevée de sorte que la vitesse de réaction de la formule (12) diminue brusquement. La condition qui doit être remplie pour éviter ce défaut est représentée par la formule (3), ou mieux par la formule (13) :

$$25 \quad \text{Température de la masse (°C)} \geq -140 \{C(\%)\} + 1710 \quad (13)$$

Si la formule (4) n'est pas respectée, la fluidité de la masse en fusion devient aussi faible, et la vitesse de réaction de la formule (12) diminue à nouveau brusquement. On a confirmé expérimentalement que le taux de carbone qui provoque
 30 cette réduction brusque dépend peu du taux de chrome. La vitesse de réaction de la formule (12) est proportionnelle à la vitesse à laquelle le gaz CO se développe, et cette vitesse de développement de CO est proportionnelle à la vitesse de soufflage de l'oxygène dans des conditions favorables à la facilité
 35 de la progression de la décarburation.

Comme on le décrit ci-dessus, l'invention assure avec succès la décarburation à basse température tout en inhibant l'oxydation du chrome, en réalisant une opération d'affinage régulière (en termes de température et de taux de C et de
 40 Cr) dans un ordre de grandeur moyen de la teneur en carbone

auquel on a attaché peu d'attention dans les techniques antérieures.

Un exemple de procédé destiné à répondre aux conditions définies par les formules (1), (2), (3), et (4) est décrit ci-dessous. Tout d'abord, on procède à intervalles appropriés, à une mesure de la température de la masse en fusion ainsi qu'à un échantillonnage et à des analyses. Si la température commence à dépasser la limite supérieure, on réduit l'alimentation en oxygène, ou l'on augmente la vitesse d'alimentation de matière solide (par exemple de ferrochrome à haute teneur en carbone). Si la température commence à descendre en-dessous de la limite inférieure, on augmente l'alimentation en oxygène, ou diminue la vitesse d'alimentation en matière solide. Le taux de chrome (%) est déterminé presque directement par la quantité de chrome fournie au vaisseau de réaction. Quand le taux de chrome (%) commence à dépasser la limite supérieure, on augmente l'alimentation en oxygène, ou on diminue l'alimentation en matière carbonée, et quand le taux de carbone commence à descendre en-dessous de la limite inférieure, on diminue l'arrivée d'oxygène, ou augmente l'alimentation en matière carbonée. Il y a lieu de faire remarquer que, pour maintenir les conditions appropriées des taux de Cr et C et de température, la substance fournie au vase réactionnel doit réagir (par dissolution dans la masse, ou par réaction chimique) avec la masse à une vitesse suffisamment grande pour que l'on obtienne une réponse rapide de la température et des taux de Cr et de C après ajustement de l'arrivée de la matière en question. La réaction entre la matière carbonée et la masse, aussi bien que la réaction entre l'oxygène et cette masse se font très rapidement et assurent une réponse suffisamment rapide, si les conditions spécifiées plus haut sont respectées. Mais si l'on envoie du ferrochrome dans le vase de réaction dans des conditions inappropriées, il faut beaucoup de temps pour le dissoudre dans la masse, et la réponse par ajustement de la température et des taux de Cr et C est si lente qu'il est difficile de remplir des conditions spécifiées par les formules (1), (2), (3), et (4). On a en conséquence procédé à des études expérimentales pour connaître l'effet de différents facteurs sur la vitesse de dissolution de ferrochrome à haute teneur en carbone. On a constaté d'après ces études que la vitesse de dissolution v (mm/sec) est représentée par la formule (14) suivante :

$$\log v = - \frac{15673}{T} + 8,36 + \log 8,3 - \frac{(C(\%))}{4,0} \quad (14)$$

où T (K) est la température de la masse en fusion, Le ferrochrome à haute teneur en carbone courant est composé de morceaux
 5 ayant tous un côté inférieur à 200 mm, de sorte que, pour les dissoudre dans la masse en une durée de 5 minutes qui est considérée comme un délai court de réponse dans les opérations
 actuelles de contrôle, la vitesse de dissolution v doit être supérieure à 0,33 mm/sec, ou l'on doit respecter la relation
 10 (5) suivante :

$$\text{Température de la masse (}^\circ\text{C)} \geq -273 + \frac{15673}{8,84 + \log \frac{8,3 - (C(\%))}{4,0}} \quad (5)$$

15 Comme la mitraille d'acier inoxydable est généralement constituée de petits morceaux, ces derniers se mettent en solution dans la masse suffisamment vite pour qu'ils n'aient aucun effet défavorable sur l'ajustabilité de la température et des taux de Cr et de C.

20 Si l'affinage est réalisé en alimentant le vase de réaction avec de l'oxygène et des matières solides à des vitesses propres à maintenir les conditions de température et de taux de Cr et de C qui respectent les formules (1) à (5), la charge que constitue la garniture réfractaire est diminuée,
 25 l'oxydation de chrome est inhibée, et en même temps, la fusion du ferrochrome à haute teneur en carbone et de la mitraille peut être assurée d'une façon stable, aussi bien pour l'équilibre que pour la dynamique.

30 La figure 4 reproduit des diagrammes qui montrent la relation entre le taux de carbone (%) et la température de la masse, qui respectent les formules (1) à (5), pour des taux de chrome de 5 %, 18 %, 30 % et 60 %.

35 Par le procédé décrit ci-dessus, la matière solide peut être mise en solution par la masse en fusion de façon à réaliser très économiquement une masse brute à haute teneur en chrome. Si cette masse contient plus de chrome qu'il n'est
 prévu pour le produit final, on peut la mélanger avec, par exemple, de l'acier fondu à faible teneur en carbone, avant de l'envoyer à l'étape d'affinage secondaire. Si la masse contient
 40 plus de carbone que le taux de carbone demandé pour le four

d'affinage secondaire, on peut arrêter l'alimentation en matière carbonée après la matière solide est passée en solution dans la masse en fusion, et l'on souffle de l'oxygène dans la masse en même temps que du gaz diluant dans une proportion dé-

5 terminée par le taux de carbone voulu.

Dans l'invention, si l'on utilise, comme matière carbonée du coke ou du charbon pulvérisés contenant une assez forte proportion de soufre et de phosphore comme impuretés, il est produit une masse dont le taux de soufre et de phosphore est

10 élevé. Si l'on a besoin d'éliminer seulement le soufre, on forme une scorie où le rapport CaO/SiO_2 est de 1,2 à 2 dans le vase de réaction après avoir achevé l'alimentation en oxygène, et l'on ajoute du ferro-silicium à la masse que l'on agite ensuite en y soufflant du gaz. Si l'on doit éliminer aussi le phosphore,

15 il est nécessaire de mettre en oeuvre une technique spéciale de déphosphoration, car une masse en fusion contenant du chrome ne peut pas être déphosphorisée au moyen d'une scorie oxydante basique que l'on l'utilise couramment pour la déphosphoration du fer ou de l'acier fondu. La technique spéciale comprend la

20 réaction de la masse décarburée avec un flux $\text{CaC}_2\text{-CaF}_2$. La masse décarburée n'est plus saturée de carbone de sorte qu'après addition de $\text{CaC}_2\text{-CaF}_2$, Ca est libéré pour assurer la déphosphoration ainsi que désulfuration. L'utilisation de flux $\text{CaC}_2\text{-CaF}_2$ est aussi accompagnée d'une recarburation ($\text{C} = 0,1 \text{ à } 0,3 \%$),

25 mais il n'en résulte aucune difficulté parce que la masse en fusion ainsi traitée est ensuite soumise à une décarburation secondaire. Certaines impuretés peuvent être éliminées par le procédé décrit ci-dessus de sorte que le procédé d'affinage envisagé suivant l'invention permet de choisir les matières

30 carbonées les moins coûteuses sans teneur compte de leur teneur en impuretés.

Le procédé suivant l'invention peut être utilisé pour produire une masse en fusion à haute teneur en chrome et à teneur moyenne en carbone, comme intermédiaire pour la fabrica-

35 tion d'acier inoxydable austénitique contenant du nickel, et si l'on utilise NiO comme source de nickel, le procédé de fabrication le plus efficace consiste à mélanger NiO en poudre avec une poudre carbonée telle que du coke en poudre, dans la proportion de 15 à 180 % de la quantité formant l'équivalent pour

40 la réduction suivant $\text{NiO} + \text{C} \rightleftharpoons \text{Ni} + \text{CO}$, façonne le mélange

en briquettes, envoie ces dernières dans des unités de préchauffage (par exemple le four rotatif 4 et la trémie 5 de la figure 1) pour préchauffer et réduire l'oxyde de nickel (NiO). Si la proportion de poudre carbonée mélangée avec NiO en poudre est inférieure à l'équivalent nécessaire pour la réduction, on n'obtiendra qu'un faible rendement de réduction en raison de la réoxydation, et si la proportion de matière carbonée dépasse 180 %, on n'obtiendra que des briquettes fragiles et le Ni se dispersera facilement. La proportion optimum de matière carbonée que l'on pourra mélanger avec le NiO en poudre est de 30 à 70 % de l'équivalent nécessaire pour la réduction. Dans le procédé le plus recommandé, on coupe à des dimensions appropriées un tube de fer rempli d'un mélange de NiO et de coke en poudre, ou on façonne à la forme adéquate un mélange que l'on enferme dans une tôle de fer. Par ce procédé, on peut obtenir un rendement de réduction préliminaire de 98 % ou plus, et un rendement en nickel dans la masse en fusion de 99 % ou plus. Les avantages d'utiliser NiO comme source de nickel par ce moyen comprennent les suivants :

(i) On peut utiliser comme source de fer une plus grande quantité de masse fondue que si l'on utilise du ferro-nickel, de sorte que l'on obtient facilement la caractéristique du procédé envisagé suivant l'invention (utilisation de fonte comme source de fer).

(ii) Le NiO est moins coûteux que le nickel métal.

En conséquence, on peut produire économiquement, par le procédé de l'invention, une masse fondue, contenant du nickel, à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome (utilisable comme intermédiaire pour la fabrication d'acier inoxydable du type austénite).

Une autre matière que l'on peut utiliser dans la production d'une masse contenant du nickel, à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome est une poudre où du ferro-nickel est combiné avec une matière carbonée solide. Cette poudre est préparée de la façon suivante : on chauffe du minerai de nickel, du coke (ou de l'antracite), et un chlorure à une température supérieure à 900°C, pour libérer le nickel sous la forme de chlorure que l'on réduit ensuite avec de la poudre de coke pour former du ferro-nickel (contenant plus de nickel), que le ferro-nickel ordinaire qui est à 40 à 50 % déposé sur

la surface des particules de coke. Pour réaliser un ferro-nickel au taux utilisé dans l'étape courante de fabrication d'acier, le ferro-nickel ainsi préparé, combiné avec une matière carbonée solide doit être traité, par refroidissement, séparation magnétique et fusion. Mais dans le procédé de l'invention, un tel produit intermédiaire (C = 2 à 30 %), dans lequel le ferro-nickel est combiné avec une matière carbonée solide peut être utilisé efficacement en soufflant la poudre de ce produit dans la masse en fusion par le bas comme une partie de la matière carbonée solide, ou en fournissant des briquettes de ce produit par le haut du four. Cette dernière méthode est efficace pour obtenir un rendement thermique élevé en raison de l'efficacité du contact avec la masse, car la combinaison de ferro-nickel et de matière carbonée solide a une densité plus grande que la matière carbonée solide courante.

Les billes de chrome partiellement réduit que l'on produit comme intermédiaire dans la fabrication de ferro-chrome à haute teneur en carbone et qui contiennent Cr_2O_3 , peuvent être utilisées comme une partie de la source de chrome. On prépare cette dernière en chauffant des billes ou briquettes d'un mélange de chromite et de matière carbonée telle que du coke en poudre, à une température supérieure à 1400°C . La composition type de ces billes ou briquettes de chrome est la suivante :

T. Cr 34,1 %, rapport de réduction du chrome 50 % (par rapport de réduction du Cr, on doit comprendre le rapport entre le chrome métal et le chrome métal plus l'oxyde de chrome), T. Fe 14,8 %, rapport de réduction de Fe 95 %, SiO_2 8 %, MgO 14 %, et Al_2O_3 12 %. On peut utiliser de telles billes ou briquettes de chrome comme partie de la source de chrome (de préférence dans la proportion de 10 à 30 % de la source de chrome). Si la proportion de ces billes ou briquettes de chrome dépasse 30 %, la quantité de chrome que l'on devra réduire dans le vase de réaction augmente, et la productivité diminue, et en outre, la gangue des billes ou briquettes forme une quantité accrue de scorie. Si l'on utilise une proportion de 10 à 30 %, le MgO qui se trouve dans la gangue aide à réduire l'usure du réfractaire et l' Al_2O_3 de la gangue augmente la fluidité de la scorie ce qui permet de diminuer le taux de Cr dans cette scorie.

Le procédé de l'invention permet d'obtenir une

production économique d'acier inoxydable dans une aciérie qui fabrique non seulement de l'acier inoxydable mais aussi de l'acier au carbone simple. Le procédé utilise de la fonte peu coûteux comme source de fer, et dissout dans la masse en fusion
 5 une matière solide au moyen de chaleur engendrée non par l'électricité mais au moyen d'une énergie primaire peu onéreuse. En raison de la sélection de conditions non courantes qui assurent une fusion stable et une décarburation sous une température faible, dans un ordre de grandeur d'une teneur moyenne en car-
 10 bone, élevée en chrome, le procédé de l'invention permet une réduction drastique des coûts et une opération d'affinage stable, ce qui permet d'en attendre une importante contribution à l'industrie de fabrication de l'acier.

Le procédé de l'invention est décrit ci-après en plus grand détail avec référence aux exemples suivants, qui sont
 15 donnés seulement à titre d'illustration et qui ne peuvent en aucun cas être considérés comme limitatifs.

Exemple I :

On utilise un vase de réaction, ou convertisseur,
 20 ayant la forme qui est illustrée dans la figure 5. La quantité finale de masse en fusion est d'environ 50 tonnes. Le vase porte dans la partie inférieure cinq tuyères du type à triple tube concentrique.

	<u>∅ intérieur</u>	<u>∅ extérieur</u>
25 Tube intérieur (acier inoxydable)	6 mm	9 mm
Tube intermédiaire (acier inoxydable)	12 mm	14 mm
Tube extérieur (cuiyre, pour la fourniture de 50 Nm ³ /h de propane)	15 mm	17 mm

Le vase contient 15 tonnes de fonte que l'on a
 30 retenu d'une opération d'affinage précédente (Cr 40 %, C 3 %, température 1570°C). On souffle dans la masse, par le tube intérieur, du coke en poudre qui est entraîné par de l'azote que l'on fournit à une vitesse constante de 30 Nm³/h.

Composition du coke

35	<u>C (%)</u>	<u>SiO (%)</u>	<u>Al₂O₃ (%)</u>
	89	5,5	2,5

Dimension des particules de coke (en poids %)

	<u>+ 0,5 mm</u>	<u>0,5 à 0,25 mm</u>	<u>0,25 à 0,15 mm</u>	<u>0,15 à 0,06 mm</u>	<u>-0,06 mm</u>
40	3,6	9,2	30	20,4	le reste

On a fait varier l'alimentation en coke suivant l'état du four comme il est indiqué dans la figure 6. On a soufflé de l'oxygène par le tube intermédiaire à une vitesse constante de $800 \text{ Nm}^3/\text{h}$. On a aussi fourni de l'oxygène par une lance soufflant du haut à une vitesse qui a varié de 0 à $1000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ suivant l'état du four comme il est indiqué dans la figure 6. On a envoyé par le haut du four, en passant par un four rotatif des particules de ferrochrome à haute teneur en carbone préchauffées (dimensions de ces particules 10 à 50 mm). On a fait varier la quantité de ferrochrome à haute teneur en carbone envoyée dans le four en changeant la vitesse de rotation du four de 2 à 6 tpm (voir figure 6).

Composition du ferrochrome à haute teneur en carbone (en poids %)

	<u>Cr</u>	<u>Si</u>	<u>C</u>	<u>P</u>	<u>S</u>
15	55 %	2,5 %	8 %	0,033 %	0,03 %

(Température moyenne de préchauffage : 800°C)

(Vitesse moyenne d'alimentation : 17 t/h)

On a introduit de la chaux vive par le haut du four en huit portions de 300 kg, à 15 minutes d'intervalle.

On a mesuré la température de la masse avec une lance de détection toutes les 10 minutes. Le taux de chrome a été calculé d'après la balance des masses que l'on a introduites dans le four. Le taux de carbone peut aussi être déterminé par analyse d'échantillons prélevés à 10 minutes d'intervalle. La température de la masse a été maintenue entre 1550 et 1580°C . A cette fin, on a diminué la vitesse d'alimentation de ferrochrome à haute teneur en carbone, et d'oxygène soufflé par le haut, quand la température a commencé à augmenter et on a fait l'inverse quand la température a commencé à descendre. Le taux de carbone a été maintenu entre 3 et 3,3 %. A cette fin, on a soufflé plus de carbone dans la masse quand on a constaté par l'analyse que le taux de carbone baissait, et on a soufflé moins de carbone quand on a constaté qu'il augmentait. En suivant ces prescriptions pendant 130 minutes, on a fait entrer en solution dans la masse en fusion 36 tonnes de ferrochrome à haute teneur en carbone, et on a produit une fonte à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome (Cr 51 %, C 3,1 %, 1580°C).

Ensuite on a arrêté de souffler de l'oxygène par le haut, et on a envoyé par le fond de l'argon au lieu d'oxy-

gène. Après addition de 250 kg de ferro-silicium, on a agité la masse pendant 5 minutes et l'a mélangée dans la poche avec 110 tonnes d'acier fondu à faible teneur en carbone (C 0,03 %, Si 0,2 %, 1650°C), produit dans un convertisseur et l'on a obtenu une fonte contenant 16,5 % Cr et 0,97 % C. Cette fonte a été affinée en soufflant de l'oxygène de façon à réaliser un acier inoxydable contenant 16,2 % Cr et 0,05 % C en soufflant de l'oxygène sous vide.

La composition de la scorie (après réduction) était la suivante :

CaO	SiO	MgO	T.Cr	T.Fe	S
49,3 %	43,4 %	5,2 %	0,9 %	0,2 %	0,8 %

Exemple 2 :

On a produit un acier à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome en utilisant les mêmes enceintes de réaction, tuyères, fonte résiduelle, type de coke en poudre et type de ferrochrome à haute teneur en carbone que l'on a utilisés dans l'exemple 1. En plus du ferrochrome à haute teneur en carbone, on a utilisé des billes de chrome partiellement réduit (comme il a été défini plus haut) comme une partie de la source de chrome.

Oxygène : Soufflage par le fond : 1500 Nm³/h (constant)
Soufflage par le haut : 500 à 2000 Nm³/h
(voir figure 7)

Source de chrome : Ferrochrome à haute teneur en carbone (figure 7).
Billes de chrome partiellement réduites : ces dernières ont été préchauffées à environ 1000°C par un réchauffeur extérieur et ont été introduites par le haut du four à 10 minutes d'intervalle, à une vitesse constante de 4,1 t/h.

Matière carbonée solide : Coke en poudre, soufflé par le fond (figure 7).
Morceaux de coke : ceux qui avaient un diamètre de 10 à 30 mm et la même composition que le coke en poudre ont été introduits par portions de 200 kg, à 10 minutes d'intervalle, en même temps que les billes de chrome partiellement réduites.

Chaux

: Chaux en poudre : ce qui avait une dimension inférieure à 1 mm a été introduit en commun avec le coke en poudre soufflé par le fond dans la proportion de 10 % de la quantité de coke en poudre.

Chaux en morceaux : fournie à intervalles de 10 minutes, en même temps que les billes de chrome partiellement réduites.

La figure 7 montre l'évolution de la température et de la composition de la masse en fusion. La température a été maintenue dans un ordre de 1510 à 1570°C. Le procédé de contrôle de la température et du taux de carbone a été à peu près le même que l'on a utilisé dans l'exemple 1. Cent quatre-vingts heures plus tard, on a ajouté 350 kg de Ca-Si pour réaliser une masse fondue et une scorie ayant les compositions suivantes :

<u>Cr</u>	<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Température</u>
52,5 %	4,1 %	0,2 %	0,043 %	0,025 %	1590°C

<u>CaO</u>	<u>SiO₂</u>	<u>Al₂O₃</u>	<u>MgO</u>
35,2 %	17,6 %	22,6 %	23,8 %

On a ajouté à 50 tonnes de masse fondue que l'on avait coulée dans une poche, un flux composé d'un mélange pulvérisé de CaC₂ (500 kg) et CaF₂ (65 kg). Grâce à cette addition de fondant, le taux de phosphore est descendu de 0,043 % à 0,025 %, le taux de soufre de 0,025 % à 0,010 %, et le taux de carbone est monté de 4 % à 4,3 %. On a alors combiné la masse avec de l'acier fondu à faible teneur en carbone plus l'a transférée dans un four AOD où l'on a décarburé pour obtenir un acier inoxydable fondu contenant 17,2 % Cr et 0,05 % C.

Exemple 3 :

On a utilisé un convertisseur courant d'une capacité de 150 tonnes pourvu de quatre tuyères de fond du même type à triple tube concentrique qui avaient servi dans l'exemple 1. On a chargé le convertisseur avec 110 tonnes de fonte (C = 3,9 %, Si < 0,1 %, P = 0,010 %, température 1370°C) qui avait été déphosphoré dans la poche. On a ajouté à la masse en fusion de l'oxygène soufflé par le haut et par le bas), de la poudre de coke (soufflée par le bas), du charbon en fines particules (soufflé par le bas), du ferrochrome à haute teneur en carbone préchauffé à 1000°C (introduit par le haut, et de la chaux (les morceaux introduits par le haut, la poudre soufflée

par le bas en commun avec le coke en poudre).

- Oxygène : soufflé par le bas, $1500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (constant)
soufflé par le haut, voir figure 8
- 5 Source de chrome : Ferrochrome à haute teneur en carbone (pré-
chauffé à 1000°C , fourni par le haut, voir
figure 8).
- Matière carbonée
solide : coke en poudre soufflé par le fond (voir
figure 8).
- 10 Charbon pulvérisé : 80 % C, 7 % matières
volatiles, 12 % cendre, mélangé avec du
coke en poudre dans la proportion de 10 %.
- Chaux : Chaux en morceaux : introduite par le haut
Chaux en poudre : soufflée par le bas, en
15 mélange avec le coke en poudre dans la
proportion de 10 %.
- Gaz vecteur de la : N_2 : $70 \text{ Nm}^2/\text{h}$ (constant).
poudre

La figure 8 montre l'évolution de la température
20 et de la composition de la masse en fusion. Le procédé de con-
trôle de la température et du taux de carbone a été à peu près
le même que celui utilisé dans l'exemple 1. Quand l'addition de
ferrochrome solide a été achevée, on a arrêté la fourniture de
carbone solide et d'oxygène soufflé par le haut. On a ensuite
25 soufflé par le bas, pendant 14 minutes de l'oxygène et de
l'azote pour décarburer la masse (pour la composition et le
profil de température de la masse voir figure 8). Ensuite, on
a ajouté 700 kg de ferrosilicium à la masse que l'on agitait
avec de l'argon. La masse ainsi traitée a été coulée dans une
30 poche et soumise à une décarburation secondaire par le procédé
de soufflage d'oxygène sous vide.

Exemple 4 :

Dans cet exemple, on a utilisé du NiO (77 % Ni)
comme source de nickel. On a rempli des bidons (50 mm \varnothing x 50 mm)
35 faits de tôle de fer (2 mm d'épaisseur), avec un mélange de NiO
en poudre (dimension des particules : moins de 0,5 mm) et de
5 % en poids de coke en poudre (dimension inférieure à 0,2 mm \varnothing),
que l'on a pré-réduit par chauffage au moyen de gaz perdu, et
les a envoyés dans le four en continu ainsi que de ferrochrome
40 à haute teneur en carbone. Le taux moyen de réduction de Ni a

été de 78 %. Toutes les autres conditions ont été sensiblement les mêmes que dans l'exemple 3, si ce n'est que le ferrochrome à haute teneur en carbone avait la composition suivante :

	<u>Cr</u>	<u>Fe</u>	<u>Si</u>
5	55,2 %	38 %	3,3 %

La figure 9 montre l'évolution de la composition et de la température de la masse. On a produit, avec un rendement en nickel de 99,7 %, un acier fondu contenant du nickel, à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome, et qui
10 avait la composition suivante :

	<u>Cr</u>	<u>Fe</u>	<u>Ni</u>	<u>P</u>	<u>S</u>
	17,3 %	bal.	8,1 %	0,021 %	0,025 %

Cet acier brut a été affiné par traitement AOD.

Exemple 5 :

15 On utilise comme sources de nickel et de carbone du ferronickel combiné avec du coke (tel qu'il est défini plus haut, celui-ci a été obtenu en chauffant du minerai de nickel, du chlorure et de l'anhracite à environ 1000°C).

Composition du ferronickel combiné avec le coke :

	<u>Ni</u>	<u>Fe</u>	<u>C</u>	<u>P</u>	<u>S</u>
20	49,6 %	44,2 %	5,6 %	0,020 %	0,083 %

La combinaison a été pressée sous 15×10^5 pascals briquettes mesurant 25 mm \varnothing x 30 mm, et les briquettes ont été introduites dans la masse par le haut du four, par portions de
25 1100 kg à 2 minutes d'intervalle. Toutes les autres conditions et le comportement de la température et de la composition de la masse ont été sensiblement les mêmes que dans l'exemple 4. On a ainsi produit un acier fondu contenant du nickel, à haute teneur en chrome, donnant un rendement en nickel de 99,5 %, et
30 ayant la composition suivante :

	<u>Cr</u>	<u>Fe</u>	<u>Ni</u>	<u>P</u>	<u>S</u>
	17,6 %	bal.	7,8 %	0,019 %	0,020 %

Cet acier brut a été affiné par traitement AOD.

Exemple 6 :

35 On a utilisé un convertisseur du même type que celui qui est illustré dans la figure 5 si ce n'est qu'il est pourvu de quatre tuyères de base, du type à double tube concentrique spécifié ci-dessous :

	<u>Diamètre intér.(ID)</u>	<u>Diamètre extér. (OD)</u>
Tube intérieur	16 mm	18 mm
Tube extérieur	19 mm	21 mm

On a fourni de l'oxygène par le tube intérieur à une vitesse constante de 1500 Nm³/h et du propane, par le tube extérieur, à une vitesse constante de 50 Nm³/h. En haut du four, on a introduit dans le four du coke en poudre, et on a fourni de l'azote comme gaz vecteur à une lance submergée (tube de fer ayant un ID de 25 mm et un OD de 31 mm, dont le bout est protégé par Al₂O₃). Toutes les autres conditions ont été les mêmes que dans l'exemple 1. En fournissant du coke en poudre environ 1,7 fois plus vite que dans l'exemple I, on a obtenu un acier fondu à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome montrant à peu près le même comportement à la température et la même composition que celui de l'exemple 1.

Exemple 7 :

On utilise un convertisseur du même type que celui utilisé dans l'exemple 6, et l'on introduit, comme matière carbonée des morceaux de coke (10 à 50 mm \varnothing) au lieu de coke en poudre. Les morceaux de coke sont introduits par le haut du four par portions, à intervalles d'environ une minute. Toutes les autres conditions ont été les mêmes que dans l'exemple 1. En introduisant la matière carbonée solide environ 2,1 fois plus vite que dans l'exemple I, on a obtenu un acier fondu à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome, montrant à peu près le même comportement à la température et la même composition.

RE V E N D I C A T I O N S

1°) Procédé pour la production d'acier à haute teneur en chrome, caractérisé en ce qu'on introduit du fer en fusion dans un four de fusion, et introduit aussi une source solide de chrome, une poudre carbonée, et un gaz contenant de l'oxygène dans des proportions ajustées de façon à maintenir la masse en fusion à une température d'ordre inférieur à 1650°C et supérieur à la température minimum de fusion pour les proportions spécifiques de carbone et de chrome dans la masse en fusion, ce procédé étant capable de réaliser une décarburation préférentielle tout en inhibant l'oxydation du chrome, le terme source solide de chrome étant utilisé ici pour désigner une source qui soit composée d'une ou de plusieurs substances, choisies dans le groupe constitué par le ferro-chrome à haute teneur en carbone, le ferro-chrome à teneur moyenne en carbone, le ferro-chrome à basse teneur en carbone, le chrome métal, le minerai de chromé, des billes de chrome partiellement réduit, et la mitraille contenant du chrome et qui contient du chrome non-fondu.

2°) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la température supérieure à la température minimum de fusion est définie par les formules (2), (3), (4), et (5) suivantes :

$$\text{Température de la masse en fusion (°C)} \geq 17,5 \frac{(C_F)}{(C)} + 1200 \quad (2)$$

$$\text{Température de la masse en fusion (°C)} \geq -140 (C(\%)) + 1650 \quad (3)$$

$$\text{Température de la masse en fusion (°C)} \geq 110 (C(\%)) + 1050 \quad (4)$$

$$\text{Température de la masse (°C)} \geq -273 + \frac{15673}{8,84 + \log \frac{8,3 - (C(\%))}{4,0}} \quad (5)$$

3°) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la formule (3) est remplacée par la formule (13) :

$$\text{Température de la masse (°C)} \geq -140 (C(\%)) + 1710 \quad (13)$$

4°) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la masse est maintenue à une température inférieure à 1580°C.

5°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-

risé en ce que l'affinage de la masse dans le four de fusion est assurée par dissolution dans cette masse d'une poudre carbonée et par introduction d'un gaz contenant de l'oxygène par des tuyères placées dans la partie inférieure du four.

5 6°) Procédé suivant la revendication 5, caracté-
risé en ce que les tuyères sont du type à tube triple, concen-
trique, composé d'un passage central par où on souffle un gaz
vecteur avec une matière carbonée en poudre, d'un passage annu-
laire par où on souffle un gaz contenant de l'oxygène, et d'un
10 passage annulaire extérieur par où on souffle un fluide destiné
à refroidir la tuyère.

7°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-
risé en ce que l'affinage de la masse dans le four de fusion
est obtenu en dissolvant dans cette masse des morceaux de
15 matière carbonée fournis par le haut du four.

8°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-
risé en ce que l'affinage de la masse dans le four de fusion
est obtenu en dissolvant dans cette masse une matière carbonée
en poudre et un gaz contenant de l'oxygène fourni par une lance
20 soufflant en haut du four, placée dans la partie supérieure du
four.

9°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-
risé en ce que la source solide de chrome est introduite dans
la masse qui se trouve dans le four de fusion par portions
25 séparées.

10°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-
risé en ce que le gaz contenant de l'oxygène est fourni par
une lance placée en haut du four, et par des tuyères placées
dans la partie inférieure de ce four.

30 11°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-
risé en ce que la matière carbonée en poudre est remplacée
partiellement par une poudre carbonée constituée par des parti-
cules carbonées auxquelles adhère du nickel métal.

12°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-
35 risé en ce que la masse est de plus alimentée avec de l'oxyde
de nickel que l'on a réduit préalablement à l'extérieur du four
de fusion.

13°) Procédé suivant la revendication 1, caracté-
risé en ce que la forme du convertisseur constituant le four
40 de fusion est telle qu'il répond aux conditions de la formule

(11) suivante :

$$S_1 \geq S_2 \geq 1,2 \frac{W_i}{W_f} S_1$$

$$1,2 \frac{W_i}{W_f} S_1 \geq S_3 \geq 0,8 \frac{W_i}{W_f} S_1$$

(11)

5 où S_1 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie la plus haute ($\frac{H}{3}$) de la masse fondue finale dont la hauteur est H (m), le niveau de la masse fondue étant immobile, S_2 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la
10 partie moyenne ($\frac{H}{3}$), S_3 (m^2) est la surface moyenne en coupe transversale de la partie inférieure ($\frac{H}{3}$), W_i (t .) est la quantité initiale de masse fondue, et W_f (t) est la quantité déterminée à l'avance de masse en fusion finale.

15 14°) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on l'utilise pour produire un acier à faible teneur en carbone, à haute teneur en chrome en faisant subir une décarburation supplémentaire à la masse fondue à teneur moyenne en carbone, à haute teneur en chrome obtenue suivant l'invention.

20 15°) Procédé de traitement de la masse fondue obtenue suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on transforme cette masse dont on a contrôlé la teneur moyenne en carbone et la haute teneur en chrome, en acier à faible teneur en carbone et à haute teneur en chrome en lui ajoutant de
25 l'acier fondu ne contenant pas de chrome, cette addition étant suivie d'une décarburation de la masse fondue ainsi contrôlée.

FIG. 1

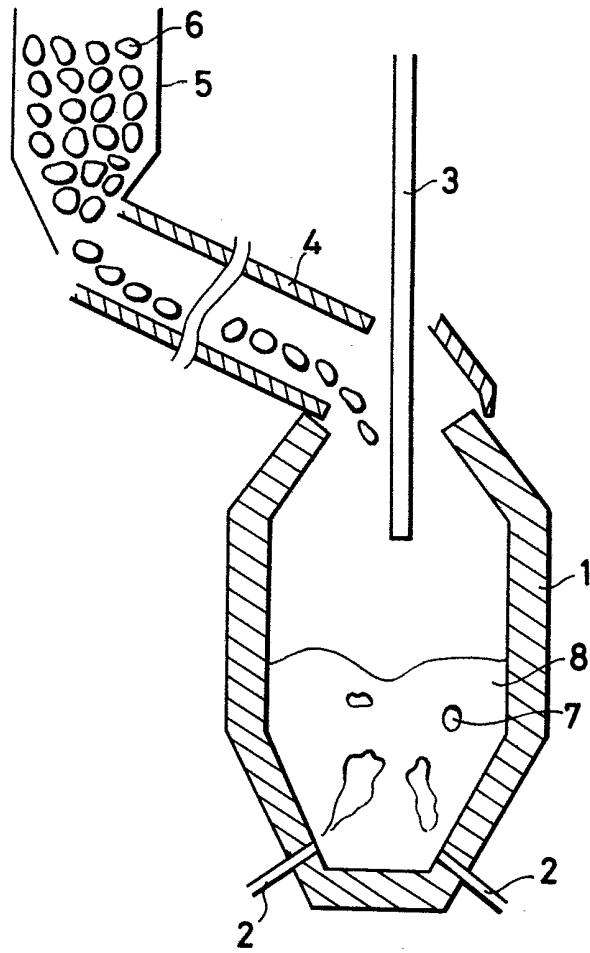


FIG. 2

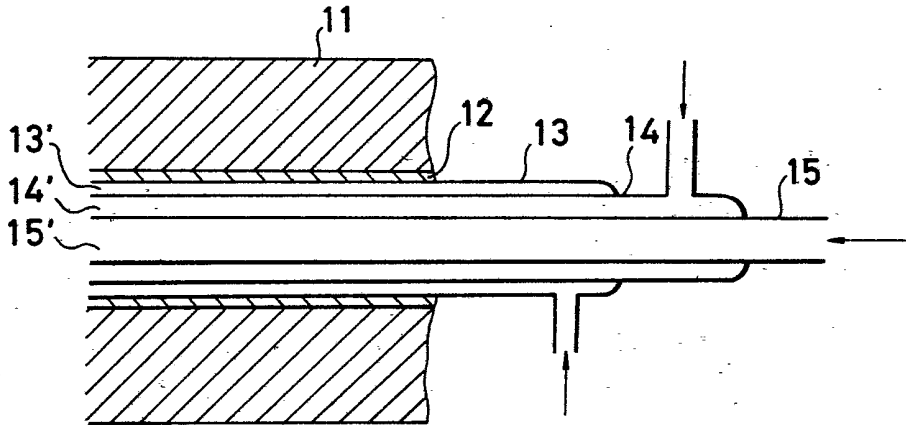


FIG. 3

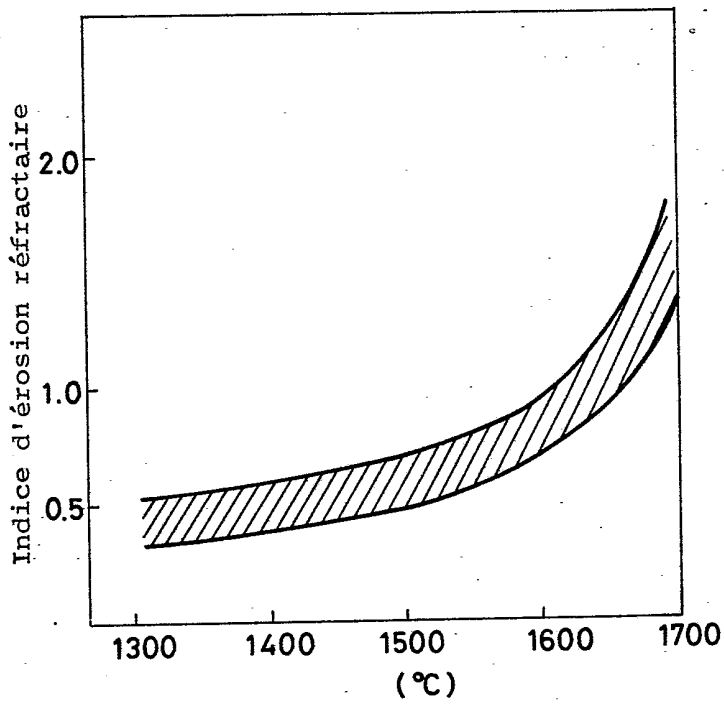


FIG. 4

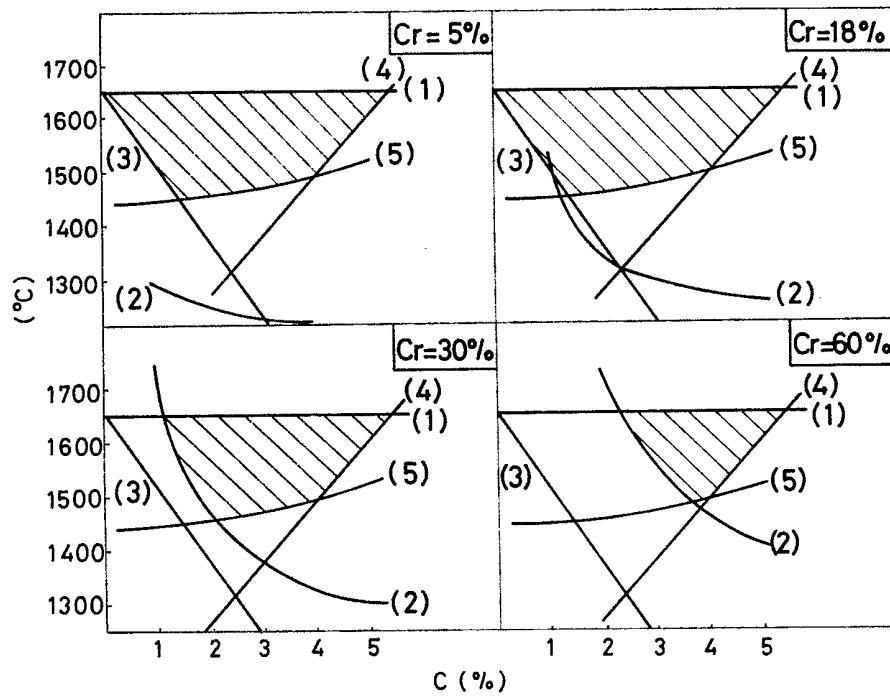


FIG. 5

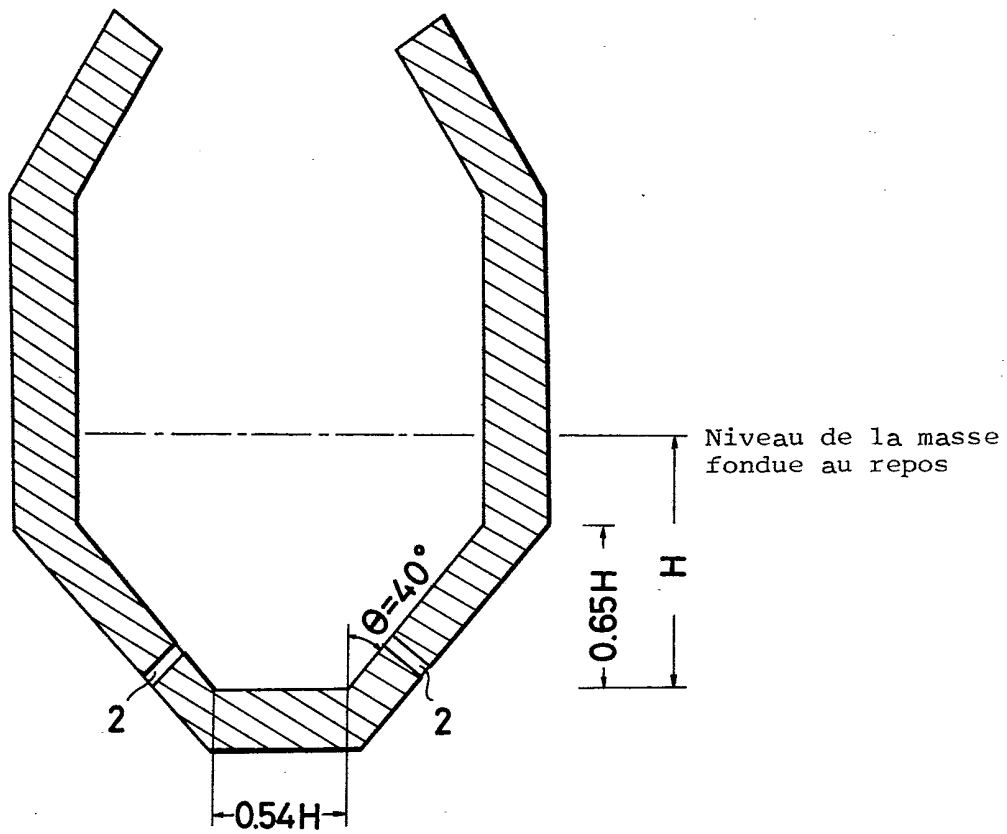


FIG. 6

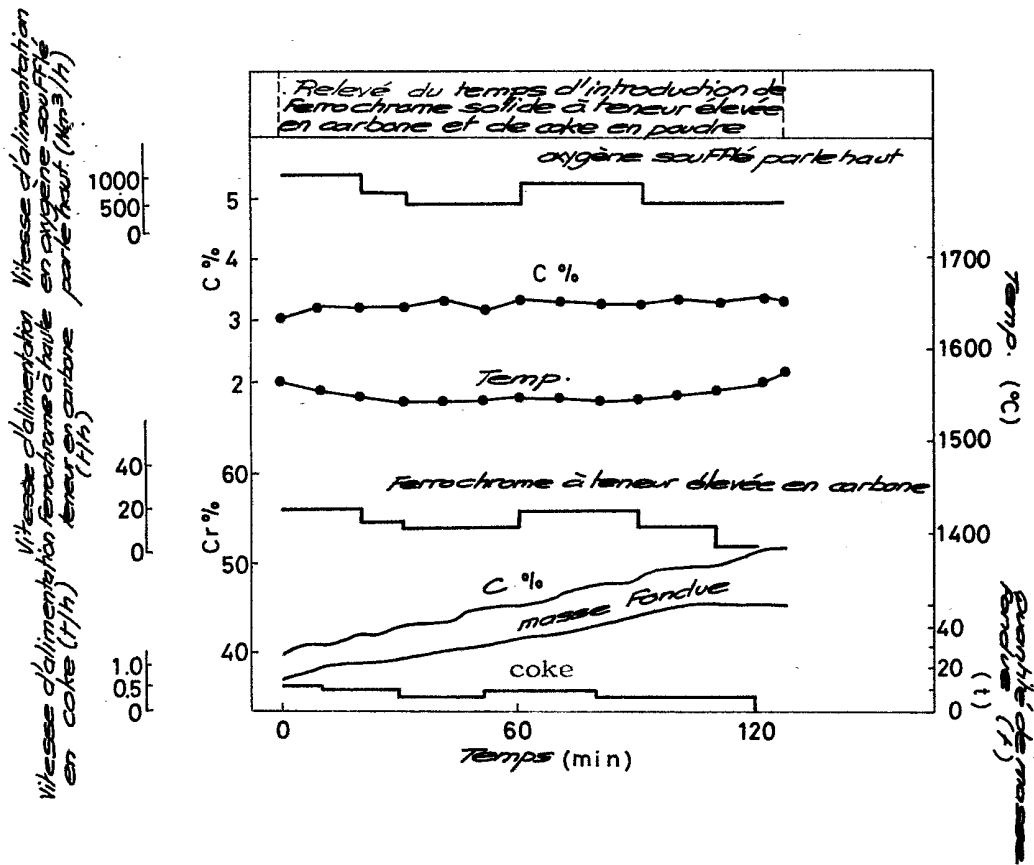


FIG. 7

Vitesses d'alimentation Vitesses d'alimentation Vitesses d'alimentation
 en coke (t/hr) en ferrocrome à haute teneur en carbone (t/hr) par le haut (Nm³/h)

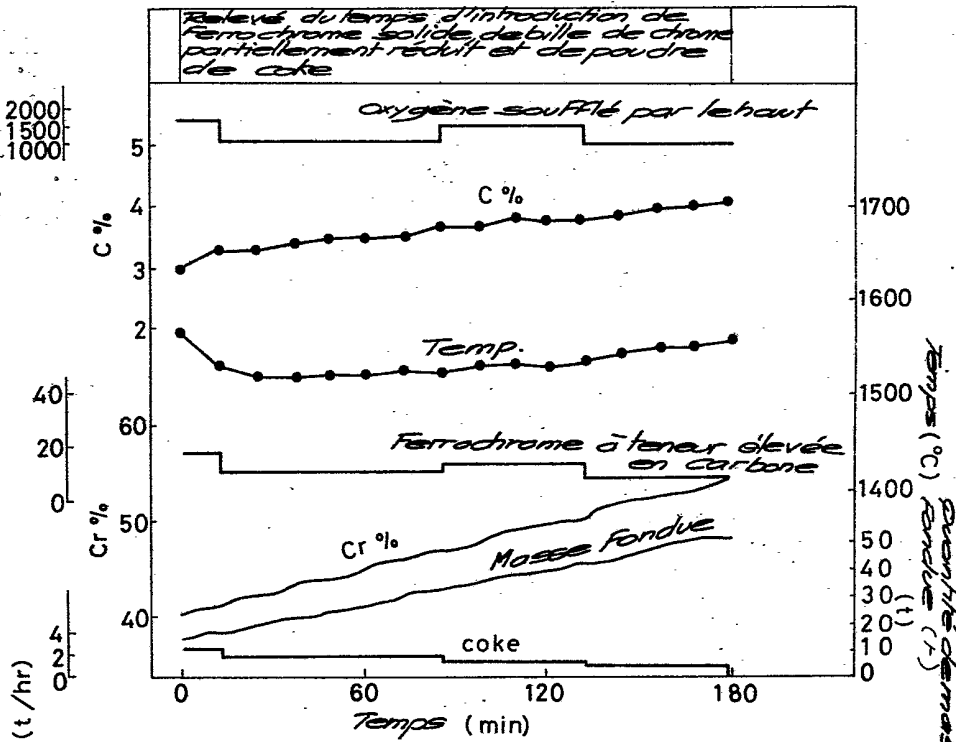


FIG. 8

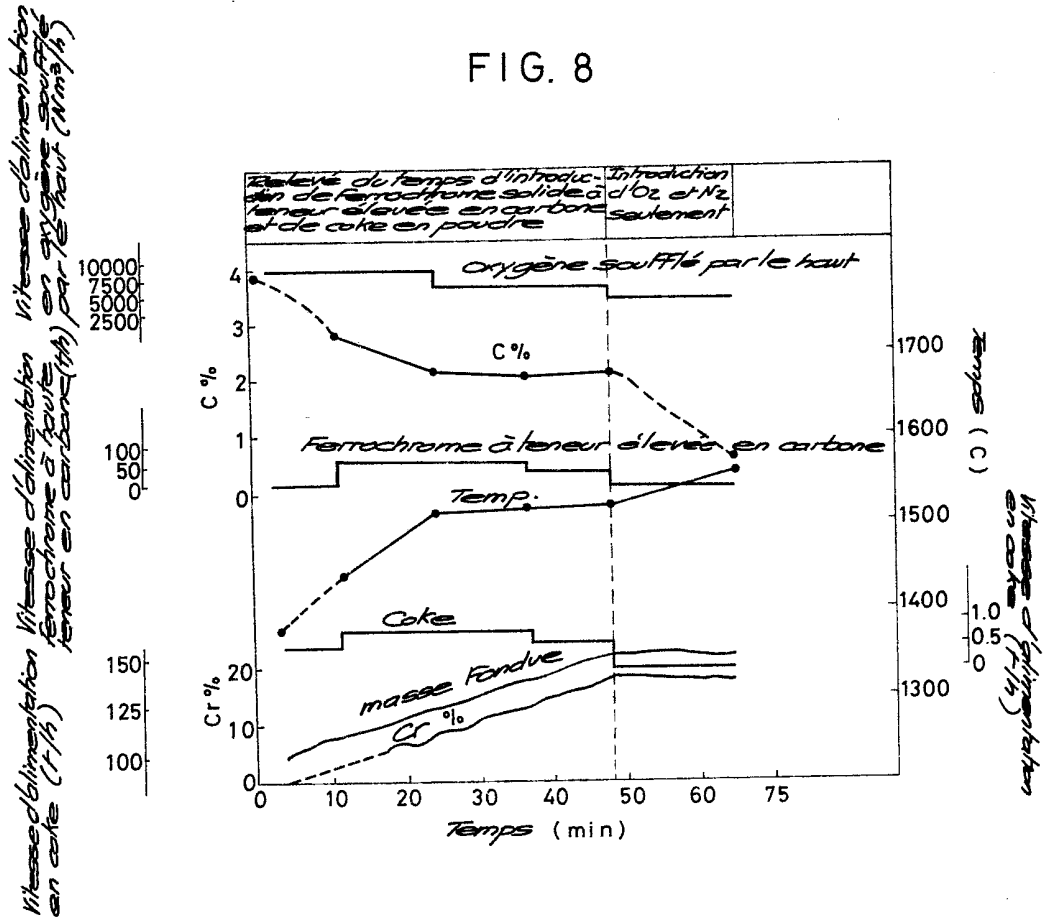


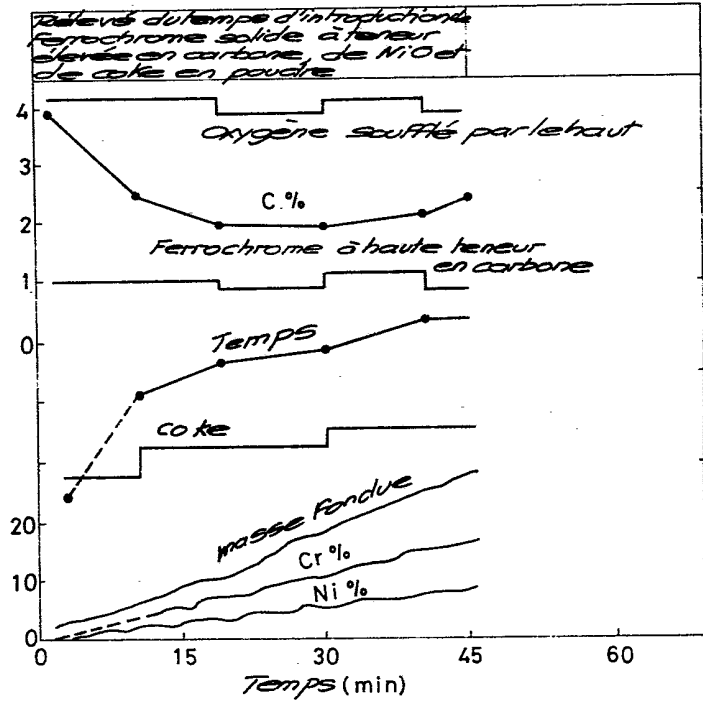
FIG. 9

Vitesses d'alimentation
 en coke (t/h) Vitesses d'alimentation
 en oxygène par le haut (Nm³/h)

(Nm³/hr)

11000
9000
7000
80
60
40
150
125
100
0

(t)



Temps (°C)

Vitesses d'alimentation
 en coke (t/h)

1700
1600
1500
1400
4
2
0

FIG.10

