

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 472 616

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 31990

(54) Procédé de soufflage mixte pour l'affinage des métaux au convertisseur.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). C 22 B 9/05; C 21 C 5/30 // 5/32; 5/34.

(22) Date de dépôt..... 28 décembre 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° 27 du 3-7-1981.

(71) Déposant : CREUSOT-LOIRE, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Pierre Leroy.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Pierre Leroy, Creusot-Loire,
15, rue Pasquier, 75008 Paris.

La présente invention concerne un procédé d'introduction de gaz d'affinage et de gaz de brassage dans des concertiseurs d'affinage des métaux, et plus spécialement dans des convertisseurs d'aciérie.

Pour l'affinage de fonte en acier dans des convertisseurs, on 5 utilise généralement le soufflage d'oxygène pur, qui peut se pratiquer de deux manières distinctes :

- soit de haut en bas au moyen d'une lance refroidie à l'eau et introduite par le bec du convertisseur,
- soit de bas en haut, verticalement ou obliquement, au moyen 10 de tuyères disposées généralement dans le fond réfractaire du convertisseur, et protégées contre une usure trop rapide par un agent protecteur périphérique.

Le soufflage d'oxygène pur par lance, de haut en bas, dans des convertisseurs verticaux, présente, parmi d'autres, les deux inconveniens suivants :

- (a) Une production d'abondantes fumées rousses d'oxydes de fer pendant toute la durée de la conversion, ce qui constitue une perte en fer non négligeable ;
- (b) Un brassage du bain métallique dû exclusivement à la décarburation localisée dans la zone de réaction, et sur l'intensité duquel il est impossible d'agir autrement que par le biais de la vitesse de décarburation, qui est fonction du débit d'oxygène soufflé, lequel doit respecter d'autre part un certain nombre de contraintes. Ce brassage du bain par la seule décarburation limite les possibilités d'action sur le 25 déroulement de la conversion. En particulier un déséquilibre physico-chimique, parfois important, peut se produire, à certains moments de l'opération, entre la teneur en oxyde de fer du laitier et la teneur en carbone du bain métallique, avec un certain nombre de conséquences fâcheuses, bien connues des aciéristes. De même, le manque de brassage 30 en fin d'affinage, aux basses teneurs en carbone, empêche de maîtriser complètement la fin de l'opération, et donc de réaliser avec précision toutes les caractéristiques de l'acier recherchées au convertisseur. Il faut alors y remédier par des actions métallurgiques supplémentaires en aval du convertisseur.

35 Dans ce type de soufflage de l'oxygène par lance, de haut en bas, on

n'a pas cherché en pratique à réduire la grande quantité de fumées rousses émises (que l'on a seulement captées et épurées), mais certains aciéristes ont tenté de provoquer un brassage du bain et du laitier par un moyen supplémentaire, consistant à placer dans le fond plein du convertisseur 5 des bouchons réfractaires poreux, à travers lesquels on souffle de bas en haut un gaz neutre, tel que de l'azote ou de l'argon par exemple, pendant la majeure partie du soufflage d'oxygène par la lance. Ce moyen supplémentaire donne des résultats intéressants, tels qu'un bon brassage du bain, mais présente certains inconvénients qui lui sont propres :

10 . Tout d'abord, de tels bouchons poreux ne peuvent souffler que des gaz neutres, car des gaz oxydants, et a fortiori l'oxygène pur provoqueraient une usure beaucoup trop rapide du réfractaire poreux.

. Dans le choix du gaz neutre de brassage, on hésite souvent entre l'azote, gaz bon marché, mais qui nitre le bain et détériore le 15 pouvoir calorifique des gaz de convertisseur, et l'argon, qui n'a pas le premier de ces inconvénients, mais qui est cher.

. Même avec de l'azote bon marché, le coût de la consommation de gaz neutre n'est pas négligeable.

. Avec un gaz neutre, l'usure des bouchons réfractaires poreux 20 est assez lente pour que ce mode de soufflage soit utilisable en pratique, mais cette usure reste néanmoins encore trop rapide pour que la durée de vie de ces bouchons soit aussi longue que celle du fond plein et du revêtement réfractaire du convertisseur à soufflage par le haut.

En résumé, ce mode de soufflage mixte, qui présente des avantages, 25 n'est pas sans inconvénients importants.

Le deuxième type de soufflage d'oxygène pur dans un convertisseur d'aciérie consiste à utiliser des tuyères, verticales ou obliques, disposées dans le fond réfractaire du convertisseur, soufflant de bas en haut, et constituées d'au moins deux tubes concentriques, le (ou les) 30 tube intérieur soufflant un gaz oxydant, qui peut être de l'oxygène pur, et le tube extérieur étant parcouru par un agent protecteur de la tuyère contre son usure en service.

Ce deuxième type de soufflage d'oxygène pur dans un convertisseur d'aciérie, de bas en haut, présente plusieurs avantages sur le 35 soufflage par lance, de haut en bas, parmi lesquels il est important de citer les deux suivants :

. Une moindre quantité de fumées rousses d'oxydes de fer émis 38 ses pendant le soufflage.

. Un excellent brassage du bain et du laitier pendant la quasi-totalité de l'opération, à l'exception toutefois des dernières secondes, lorsque le bain atteint de basses teneurs en carbone. On y a d'ailleurs remédié par un très court brassage final par un gaz neutre remplaçant 5 l'oxygène dans les tuyères, azote le plus souvent, argon plus rarement. Ce brassage final, très court, ne présente aucun des inconvénients cités ci-dessus pour les bouchons poreux.

Le soufflage intégral par le fond présente toutefois un inconvénient par rapport au soufflage par lance : la durée de vie des fonds 10 munis des tuyères de soufflage, bien qu'en cours d'amélioration permanente, reste encore inférieure à la durée de vie des revêtements réfractaires latéraux du convertisseur.

Puis l'idée est venue d'associer sur un même convertisseur le soufflage par lance, et le soufflage par les tuyères du fond, afin de 15 bénéficier des avantages des deux types de soufflage, en espérant minimiser leurs inconvénients. Il a même été préconisé dans ce cas de souffler l'oxygène par les tuyères du fond sous une pression croissante au fur et à mesure que baissait la teneur en carbone du bain.

Mais si les inconvénients du soufflage par lance se trouvaient 20 ainsi réduits, sinon même - pour le manque de brassage par exemple - supprimés, l'inconvénient d'une tenue du fond à tuyères moins bonne que celle du revêtement réfractaire latéral subsistait. Cet inconvénient était même spécialement marqué dans le cas d'un soufflage d'oxygène à pression croissante dans les tuyères du fond, puisque la vitesse d'usure des tuyères 25 s'accroît aux basses teneurs en carbone du bain à débit donné d'oxygène, et encore plus avec un débit accru.

Le but de la présente invention est de réaliser un soufflage mixte, simultanément par le haut et par le bas, qui, conjuguant les avantages du soufflage par lance et du soufflage par tuyères, permette aussi 30 d'améliorer notamment la durée de vie des fonds à tuyères ainsi utilisés dans un tel soufflage mixte.

A cet effet, la présente invention a pour objet un procédé de soufflage de gaz oxydants, et notamment d'oxygène pur, pour l'affinage des métaux, et plus spécialement pour l'affinage de la fonte en acier, 35 dans un convertisseur, au moyen d'une part d'une lance soufflant de haut simultanément au moyen en bas, et/ d'autre part/ de tuyères protégées soufflant, verticalement ou obliquement, de bas en haut, caractérisé à la fois en ce que la quantité 38 d'oxygène soufflée de bas en haut par les tuyères est comprise entre 3 %

et 50 % de la quantité totale d'oxygène nécessaire à l'affinage du bain métallique, en ce que cet oxygène est soufflé de bas en haut à débit pratiquement constant ou à débit décroissant, c'est-à-dire à débit non croissant, en ce qu'on peut ajouter à cet oxygène soufflé de bas en haut un gaz de brassage, neutre ou oxydant, dont le débit est variable suivant les diverses phases du soufflage et peut même être nul à certains moments, et en ce que les jets d'oxygène soufflé de bas en haut, mélangé ou non avec un gaz de brassage, ont un diamètre au plus égal à 18 millimètres, et de préférence au plus égal à 12 millimètres, ce diamètre des jets étant considéré à la sortie des tuyères.

Le gaz de brassage peut être un gaz neutre, tel que de l'azote ou de l'argon, ou encore une mixture d'argon, c'est-à-dire, de l'argon contenant un peu d'oxygène et ne contenant tout autre gaz qu'à l'état de traces.

15 Ce gaz de brassage peut aussi être un gaz oxydant, tel que du gaz carbonique ou de la vapeur d'eau, dont les produits de dissociation autres que l'oxygène (oxyde de carbone pour le premier, hydrogène pour la deuxième) provoquent un effet de brassage du bain.

20 Suivant une caractéristique particulière de l'invention, le débit d'oxygène soufflé par les tuyères est maintenu constant pendant toute la durée du soufflage.

25 Suivant une autre caractéristique particulière de l'invention, le débit d'oxygène soufflé par les tuyères l'est à débit décroissant pendant toute la durée du soufflage ou seulement à partir d'un certain moment. Il peut aussi être décroissant d'abord, et constant ensuite.

30 Suivant une autre caractéristique particulière de l'invention, on adjoint à l'oxygène soufflé par les tuyères un gaz de brassage, et ceci pendant deux périodes : une première période de quelques minutes au moment critique des projections de décarburation qui peut se situer dans le deuxième quart de la conversion de fonte à haute teneur en phosphore, et dans le troisième quart en fonte hématite ; et une deuxième période, assez courte, d'une à trois minutes, vers la fin du soufflage, au basses teneurs en carbone, période pendant laquelle la vitesse instantanée d'usure des tuyères s'accroît rapidement si l'on souffle de l'oxygène pur.

35 Dans cette deuxième période, de fin de soufflage, on peut introduire le gaz de brassage de préférence à débit croissant.

38 Si, dans cette période finale, le débit d'oxygène soufflé par

les tuyères est réglé de façon décroissante, il peut être judicieux de compenser la décroissance du débit d'oxygène par une croissance égale du débit de gaz de brassage, de manière que le débit gazeux total soufflé par les tuyères de bas en haut reste constant.

5 Suivant une caractéristique particulière de la présente invention, les jets d'oxygène soufflé de bas en haut ont un diamètre au plus égal à 18mm, et de préférence au plus égal à 12mm, à la sortie des tuyères. Il est bien entendu que ces tuyères sont protégées contre l'usure de manière continue par un agent périphérique protecteur, tel qu'un gaz hydrocarburé, ou du
10 fuel-oil, ou de la vapeur d'eau, ou du dioxyde de carbone gazeux ou liquide, etc... Par comparaison, il faut rappeler ici que les tuyères habituellement utilisées dans les procédés de soufflage intégral par le fond ont un diamètre de passage pour l'oxygène généralement compris entre 28 mm et 36mm.

L'agent protecteur des tuyères contre l'usure participe éven-
15 tuellement au brassage du bain, mais seulement dans une faible mesure, car le débit de l'agent protecteur est toujours très faible par rapport au débit d'oxygène soufflé.

Suivant une autre caractéristique particulière de l'invention, les matières pulvérulentes, telles que la poudre de chaux ou la poudre de cas-
20 tine, à introduire dans le bain métallique, sont introduites en suspension dans l'oxygène de la lance, et comme ce dernier ne représente q'une fraction de l'oxygène total nécessaire à l'affinage complet du bain métalli-que, la concentration des matières pulvérulentes dans l'oxygène peut être notablement plus élevée que dans les procédés de soufflage intégral par
25 lance, ce qui contribue, en refroidissant la zone de réaction de l'oxygène de la lance dans le bain, à diminuer la quantité de fumées rousses dues à cet oxygène.

Comme on le comprend, le type de soufflage mixte selon la pré-
sente invention comporte de nombreux avantages, dont certains sont com-
30 muns avec certains autres types de soufflage mixte connus, et dont d'autres sont spécifiques de la présente invention :

1 - Suivant la composition de la fonte, on peut accroître ou diminuer, donc moduler, à chaque instant du soufflage, la proportion d'oxygène soufflé par la lance par rapport à l'oxygène soufflé par les
35 tuyères, ce qui introduit une très grande souplesse de réglage de l'opération.

2 - L'effet de surchauffe locale provoquée dans le bain par
38 l'oxygène de la lance, et qui a pour conséquence l'émission d'abondantes

fumées rousses, source de notables pertes en fer, est très sensiblement réduit pour deux motifs : d'abord la quantité d'oxygène soufflée par la lance est ici inférieure à celle qu'il faut souffler dans les procédés de soufflage intégral par lance ; et ensuite, chaque mètre cube d'oxygène ainsi soufflé par la lance peut contenir une concentration en poudre de chaux ou de castine notablement plus élevée que dans les procédés de soufflage intégral par lance, si bien que l'effet refroidissant de la poudre de chaux ou, au besoin, de la poudre de castine, diminue d'autant la surchauffe de la zone de réaction en face de la lance et réduit en proportion l'émission de fumées rousses, sans que le bilan thermique total de l'opération métallurgique en soit affecté pour autant. (sauf pour la castine).

3 - Un autre avantage important de l'invention est de rendre possible à tout moment un "brassage contrôlé" du bain métallique, soit par variation du rapport des débits d'oxygène insufflés par le haut et par le bas, car chaque mètre cube d'oxyde de carbone en provenance de l'oxygène soufflé par le bas brasse plus énergiquement le bain qu'un mètre cube d'oxyde de carbone en provenance de l'oxygène soufflé par le haut, soit par réglage de la quantité optimale de gaz de brassage, neutre ou oxydant, accompagnant l'oxygène soufflé par le bas. Disposant ainsi de deux moyens de brassage dont on est maître, on rend indépendants l'intensité du brassage et la vitesse de décarburation du bain à l'instant considéré.

Ainsi, tout retard de décarburation provoqué par des conditions de soufflage par le haut favorisant trop la déphosphoration (forte hauteur de la lance au-dessus du bain, bonne qualité de chaux réactive, scorie fluide) provoque un déséquilibre entre le carbone du bain et l'oxyde de fer de la scorie, qui se traduit, quelques instants après l'apparition de ce déséquilibre, par des réactions violentes et par de fortes projections de scories et de métal, constituant des pertes de matière métallique.

Le brassage selon l'invention évite l'apparition de tels déséquilibres, et son réglage optimal permet d'obtenir une maîtrise complète du mode opératoire.

D'un autre côté, même en l'absence de déséquilibre physico-chimique, un débit trop élevé d'oxygène soufflé par le bas pourrait dans certaines conditions provoquer d'importantes oscillations en masse du bain, également génératrices de projections lorsque la scorie peut être moussante. Une bonne répartition de l'oxygène entre la lance et les tuyères supprime cet inconvénient.

d'ailleurs des avantages mentionnés ci-dessus, est de permettre une "conversion rapide", par l'emploi de forts débits d'oxygène, convenablement répartis entre le haut et le bas, et évitant néanmoins les risques de projections.

5 5 - Le choix des gaz de brassage est assez vaste : si la teneur en azote de l'acier n'a aucune importance pour la qualité de l'acier à obtenir, ou bien même si on recherche une certaine teneur en azote de l'acier, pour des usages particuliers, on utilisera de l'azote, bon marché, pour le brassage.

10 Au contraire, si une basse teneur en azote est recherchée dans l'acier, on utilisera de la vapeur d'eau ou du gaz carbonique si le bilan thermique de la conversion est excédentaire, ou bien de l'argon, plus cher, si l'on entend préserver le plus possible le bilan thermique de l'opération. C'est ainsi qu'on peut utiliser, parcequ'elle est moins chère que l'argon, une "mixture d'argon", à 1 % ou 2 % d'oxygène, contenant à peine quelques traces d'autres gaz, et disponible dans les centrales productrices d'oxygène. De toutes manières, les consommations de gaz de brassage restent relativement faibles.

15 6 - Un autre avantage essentiel de l'invention est une amélioration de la durée de vie des fonds et des tuyères par rapport à la durée de vie des fonds et des tuyères de convertisseurs à-soufflage intégral de bas en haut, et cela pour trois motifs : d'abord, la quantité d'oxygène à souffler par les tuyères au cours d'une conversion est comprise entre le trentième et la moitié de celle qui est nécessaire en 20 soufflage intégral par les tuyères, c'est-à-dire qu'elle est notablement plus faible ; ensuite, l'emploi de tuyères de plus petit diamètre (au plus 18 mm, et de préférence au plus 12 mm, au lieu de 28 mm à 36 mm dans les procédés connus de soufflage intégral par le fond) assure à ces tuyères une durée de vie supérieure, et par conséquent aussi aux fonds qui 25 les contiennent ; enfin, l'addition de gaz de brassage, en fin de soufflage, sans aucune augmentation du débit d'oxygène, et de préférence, avec une diminution de celui-ci, freine l'usure des tuyères au moment où elle 30 est maximale en soufflage intégral par le fond.

35 Bien entendu, le nombre et le diamètre des tuyères sont calculés en fonction des débits envisagés pour l'oxygène soufflé de bas en haut, avec ou sans gaz de brassage, et pour une pression usuelle de soufflage par le fond. La section totale de passage de l'oxygène dans 38 toutes les tuyères est généralement comprise entre le trentième et la

moitié de la section de passage nécessaire dans les procédés de soufflage intégral de bas en haut à travers les tuyères.

Ainsi, dans le cas où l'oxygène soufflé par les tuyères doit représenter 20 % de l'oxygène total, soit 1/5, on peut utiliser par exemple des tuyères de 12 mm de diamètre de passage pour l'oxygène, qui, par rapport à des tuyères usuelles en soufflage intégral par le fond, de 28 mm de diamètre, ont une section 5,45 fois plus petite ; ce rapport étant voisin de 5, on peut alors conserver le même nombre de tuyères qu'en soufflage intégral par le fond, puisqu'on doit faire passer un volume d'oxygène 5 fois plus petit.

On peut aussi, toujours dans ce cas où l'oxygène soufflé par les tuyères représente 1/5 de l'oxygène total, utiliser par exemple des tuyères de 17 mm de diamètre de passage pour l'oxygène, en nombre deux fois plus petit.

15 Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire ci-après à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation du procédé selon l'invention pour l'affinage de fonte Thomas en acier, dans un convertisseur de 65 tonnes.

Cette fonte Thomas à 3,6 % C, 0,4 % Si, 0,6 Mn, 1,8 % P, nécessite environ 63 Nm³ d'oxygène par tonne pour son affinage en acier doux.

Dans le présent exemple, 80 % de cet oxygène, soit 50 Nm³ par tonne de fonte, est insufflé à travers une lance, accompagné de la totalité de la chaux nécessaire à l'affinage, sous forme de poudre, soit 135 Kg par tonne de fonte, répartie en 110 Kg de poudre de chaux et 40 Kg de poudre de castine (car 40 Kg de castine apportent autant de CaO que 25 Kg de chaux).

Les tuyères protégées soufflent 20 % de l'oxygène total nécessaire, soit 13 Nm³ par tonne de fonte.

Elles ont un diamètre de passage pour l'oxygène de 12 millimètres effectifs et sont au nombre de 7. Sous 11 bars /, leur débit gazeux est de 9,2 Nm³/min par tuyère, soit 64,4 Nm³/min pour les 7 tuyères. Elles sont alimentées soit en oxygène seul, soit en un mélange d'oxygène et de mixture d'argon, à 1 % ou 2 % d'oxygène.

35 L'opération métallurgique, pour élaborer 65 tonnes d'acier doux, par soufflage mixte d'une durée de 11 minutes et quelques secondes, se déroule ainsi :

On charge dans le convertisseur 52 tonnes de fonte Thomas et 38 22 tonnes de ferrailles.

La lance va introduire dans le convertisseur :

$50 \text{ Nm}^3/\text{t} \times 52 = 2.600 \text{ Nm}^3$ d'oxygène à raison de : $240 \text{ Nm}^3/\text{min}$ en régime.

Cet oxygène est accompagné de 5720 Kg de poudre de chaux et de 2080 Kg de poudre de castine, soit 7800 Kg, en tout, à raison d'un débit moyen de : 710 Kg/min, soit une concentration moyenne de poudre dans l'oxygène de : 3 Kg/Nm³, dont 0,8 Kg de castine très refroidissante par mètre cube normal d'oxygène. Il en résulte que les fumées rousses se trouvent diminuées - mais non supprimées - du fait de cette concentration relativement forte de poudre et aussi de l'emploi de poudre de castine.

10 Dans les 7 tuyères, pendant 8 minutes et quelques secondes, c'est-à-dire jusqu'un peu avant la fin de la décarburation, on souffle un débit d'oxygène de 65 Nm³/min sous un peu plus de 11 bars de pression. Puis, pendant les 3 dernières minutes, on réduit progressivement, de manière linéaire, le débit d'oxygène depuis 65 Nm³/min jusqu'à 40 Nm³/min, tandis que 15 l'on introduit un débit croissant de mixture d'argon, depuis 0 jusqu'à 25 Nm³/min. La consommation de ce gaz de brassage est ainsi de : 37 Nm³ environ, soit, moins de 0,6 Nm³ par tonne d'acier.

Le volume total d'oxygène soufflé par les tuyères est donc un peu supérieur à : $65 \times 8 + 53 \times 3 = 520 + 159 = 679 \text{ Nm}^3$, soit 13 Nm³/t de 20 fonte.

Il représente environ 20 % de l'oxygène total soufflé.

Après ce soufflage mixte de 11 minutes et quelques secondes, on procède au décrassage de la scorie phosphatée, on effectue éventuellement un bref sursofflage sous deuxième laitier, avec les additions correspondantes, et l'on coule en poche 65 tonnes d'acier doux.

On va maintenant décrire ci-après un deuxième exemple, non limitatif, d'application du procédé selon l'invention, dans lequel on réduit à un niveau proche du strict minimum indispensable le soufflage de bas en haut. En pratique, en effet, il existe bien des cas où une proportion 30 d'oxygène soufflé de bas en haut comprise entre 3 % et 10 % est déjà très intéressante. Dans l'exemple ci-dessous, il s'agit de l'affinage d'une fonte hématite dans un convertisseur de 65 tonnes, mais l'application à une fonte Thomas, à haute teneur en phosphore, pourrait s'effectuer de la même manière sans difficulté.

35 Cette fonte hématite a pour analyse :

4,5 % C - 0,92 % Mn - 0,170 % P - 0,96 % Si.

Elle nécessite un apport d'oxygène de 57 Nm³ à la tonne de fonte, et une addition de 80 Kg de chaux à la tonne de fonte, répartie en 65 Kg

de poudre de chaux et 27 Kg de poudre de castine (car 27 Kg de castine apportent autant de CaO que 15 Kg de chaux).

Les tuyères protégées soufflent 7 % de l'oxygène total, soit 4 Nm³ par tonne de fonte. Elles ont un diamètre de passage pour l'oxygène de 11 millimètres et sont au nombre de 3. Sous une pression de 10 bars effectifs, elles sont capables d'un débit gazeux de 6,7 Nm³/min par tuyère, soit 20 Nm³/min pour les 3 tuyères.

Elles sont alimentées soit en oxygène seul, soit en un mélange d'oxygène et d'argon.

10 L'opération métallurgique, pour élaborer 65 tonnes d'acier doux par soufflage mixte selon l'invention d'une durée de 11 minutes et quelques secondes se déroule ainsi :

On charge dans le convertisseur 53 tonnes de fonte hématite et 21 tonnes de ferrailles.

15 La lance va introduire dans le convertisseur :

53 Nm³/t x 53 = 2.809 Nm³ d'oxygène, à raison de 255 Nm³/min en régime.

Cet oxygène est accompagné de :

65 Kg/t x 53 = 3.445 Kg de poudre de chaux et de :

27 Kg/t x 53 = 1.431 Kg de poudre de castine, soit, en tout : 4.876 Kg, à 20 raison d'un débit moyen de : 443 Kg/min, soit une concentration moyenne de poudre dans l'oxygène de la lance de : 1,74 Kg/Nm³, dont 0,5 Kg de castine très refroidissante par mètre cube normal d'oxygène. Les fumées rousses s'en trouvent diminuées, mais dans une moindre mesure que dans l'exemple précédent, parce que, d'une part, la proportion d'oxygène soufflée par la 25 lance est plus forte que dans l'exemple précédent, et d'autre part il s'agit ici d'une fonte hématite, qui nécessite moins de chaux pour son affinage.

Dans les 3 tuyères, pendant 10 minutes, c'est-à-dire jusqu'à une teneur en carbone de l'ordre de 0,150/0,200 %, on souffle un débit d'oxygène de 20 Nm³/min sous 10 bars effectifs. Puis pendant la dernière minute, on 30 réduit ce débit à un niveau constant de 12 Nm³/min et l'on ajoute à ce débit d'oxygène un débit d'argon de 8 Nm³/min, qui correspond à une consommation d'argon de 0,12 Nm³ à la tonne d'acier, ce qui intervient très peu dans le prix de revient de l'acier, mais contribue notablement à la bonne tenue des tuyères et du fond en cette fin de soufflage.

35 En 11 minutes et quelques secondes, le débit d'oxygène soufflé par les tuyères est donc un peu supérieur à :

20 x 10 + 12 x 1 = 212 Nm³, soit 4 Nm³ à la tonne de fonte.

Il représente 7 % de l'oxygène total soufflé.

On procède alors au décrassage ; on effectue la coulée en poche de 65 tonnes d'acier.

En résumé, les effets conjoints du petit diamètre des tuyères, de la baisse du débit d'oxygène par tuyère par rapport à une tuyère normale de soufflage intégral par le fond, de la décroissance du débit d'oxygène en fin de soufflage, et de l'addition finale du gaz de brassage, pendant la période de plus forte usure des tuyères, font que la tenue des tuyères et des fonds se trouve très améliorée par rapport à celle des tuyères et des fonds des procédés à soufflage intégral par le fond. L'amélioration est également notable par rapport aux procédés mixtes connus.

Un dernier avantage du soufflage mixte selon l'invention peut se manifester dans bien des cas, au commencement du soufflage. On sait que, assez souvent, l'amorçage du jet d'oxygène de la lance, à la surface d'un bain métallique plus ou moins figé, plus ou moins chargé de ferrailles, de chaux, etc ..., est difficile. En revanche, l'amorçage des réactions d'affinage par l'oxygène des tuyères est toujours instantané. Aussi, une caractéristique particulière du soufflage mixte selon l'invention consiste à commencer le soufflage pendant quelques secondes uniquement avec l'oxygène des tuyères soufflant de bas en haut, réglé à un débit élevé, par exemple au maximum de la pression d'oxygène disponible, et à introduire ensuite l'oxygène de la lance, tout en ramenant alors l'oxygène des tuyères à son débit de régime normal.

Il est bien entendu que l'on peut, sans sortir du cadre de l'invention, imaginer des variantes et perfectionnements de détails, de même qu'envisager l'emploi de moyens équivalents. C'est ainsi qu'on peut remplacer tout ou partie de la vapeur d'eau par de l'eau pulvérisée comme éventuel fluide de brassage.

Revendications

1 - Procédé de soufflage de gaz oxydants, et notamment d'oxygène pur, pour l'affinage des métaux, et plus spécialement pour l'affinage de la fonte en acier, dans un convertisseur, au moyen d'une part d'une lance soufflant de haut en bas, et d'autre part de tuyères protégées soufflant, verticalement ou obliquement, de bas en haut, caractérisé à la fois en ce que la quantité d'oxygène soufflée de bas en haut par les tuyères est comprise entre 3 % et 50 % de la quantité totale d'oxygène nécessaire à l'affinage du bain métallique, en ce que cet oxygène est soufflé de bas en haut à débit non croissant, en ce qu'on peut ajouter à cet oxygène soufflé de bas en haut un gaz de brassage, neutre ou oxydant, à certains moments du soufflage, et en ce que les jets d'oxygène soufflé de bas en haut, mélangé ou non avec un gaz de brassage, ont un diamètre au plus égal à 18 millimètres, le diamètre des jets étant considéré à la sortie des tuyères.

2 - Procédé de soufflage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le débit d'oxygène soufflé de bas en haut à travers les tuyères est maintenu constant pendant toute la durée du soufflage.

3 - Procédé de soufflage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le débit d'oxygène soufflé de bas en haut à travers les tuyères est réglé de manière décroissante pendant toute la durée du soufflage.

4 - Procédé de soufflage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le débit d'oxygène soufflé de bas en haut à travers les tuyères est maintenu constant pendant une première partie du soufflage, et est réglé de manière décroissante pendant la deuxième partie du soufflage, ou inversement.

5 - Procédé de soufflage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le gaz de brassage est mélangé à l'oxygène soufflé de bas en haut à travers les tuyères pendant deux périodes distinctes :

la première période au moment critique des projections de décarburation,
la deuxième période vers la fin du soufflage.

6 - Procédé de soufflage selon la revendication 5, caractérisé en ce que le débit de gaz de brassage est croissant pendant la deuxième période, vers la fin de la conversion.

7 - Procédé de soufflage selon l'une quelconque des revendications, 3 et 4, caractérisé en ce que, vers la fin du soufflage la croissance du débit de gaz de brassage est réglée de façon à compenser exac-

tement la décroissance du débit d'oxygène soufflé de bas en haut, de façon que le débit total reste constant.

8.- Procédé de soufflage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les jets d'oxygène soufflé de bas en haut, mélangé ou non avec un gaz de brassage, ont un diamètre au plus égal à 12 millimètres, le diamètre des jets étant considéré à la sortie des tuyères.

9.- Procédé de soufflage selon la revendication 8, caractérisé en ce que la quantité d'oxygène soufflée de bas en haut par les tuyères est comprise entre 3 % et 10 % de la quantité totale d'oxygène nécessaire à l'affinage du bain métallique.

10.- Procédé de soufflage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le commencement du soufflage est effectué pendant quelques secondes uniquement avec de l'oxygène soufflé de bas en haut à fort débit à travers les tuyères, en ce que l'on admet ensuite l'oxygène de la lance, et en ce que l'on ramène alors aussitôt à sa valeur de régime le débit d'oxygène soufflé par les tuyères.