

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 81 10186

⑬

Procédé de conduite du haut fourneau.

Classification internationale (Int. Cl. 7) C 21 D 3/00.

⑭

Date de dépôt..... 18 mai 1981.

⑮

Priorité revendiquée : Belgique, 5 juin 1980, n° 883.887.

①

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 50 du 11-12-1981.

⑦

Déposant : CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES — CENTRUM VOOR RESEARCH
IN DE METALLURGIE, association sans but lucratif, Vereniging zonder winstoogmerk,
résidant en Belgique.

⑦

Invention de : Nikolas Ponghis, Arthur Poos et Roland Vidal.

⑦

Titulaire : *Idem* ⑦

⑦

Mandataire : Jean Lemoine,
145, rue du Molinel, 59800 Lille.

La présente invention est relative à un procédé de conduite du haut fourneau, dans lequel le minerai de fer est réduit pour fabriquer de la fonte, lorsque l'on injecte des gaz réducteurs surchauffés à une température pouvant
5 atteindre 2000°C et même plus, dans la partie inférieure de ce four, par exemple au niveau des tuyères principales de soufflage.

Les préoccupations énergétiques actuelles poussent les industriels, et en particulier les sidérurgistes, à
10 réduire au strict minimum la consommation d'énergie primaire et à remplacer certains types d'énergie par d'autres qui sont moins coûteux et plus facilement disponibles. Aussi longtemps que l'on pouvait acheter des hydrocarbures en
grandes quantités et à faible prix, l'injection par des
15 tuyères de pétrole, de gaz naturel etc... a permis de diminuer de plus de 20 % la consommation de coke métallurgique dans le haut fourneau. Dans les conditions actuelles, de telles matières injectées doivent être remplacées par d'autres combustibles tels que par exemple du charbon.

20 Or, il est bien connu d'injecter des gaz réducteurs chauds au niveau des tuyères principales du haut fourneau dans le but de diminuer la consommation de coke. Ces gaz réducteurs contiennent principalement du CO , H_2 et N_2 , ainsi que des quantités réduites de CO_2 et H_2O .
25 Ils sont généralement fabriqués à l'extérieur du four, voire indépendamment de celui-ci, mais de préférence dans le circuit d'injection du four et peuvent être injectés en remplacement total ou partiel du vent habituellement utilisé jusqu'à présent. Toutefois, il doit être bien enten-
30 du que, dans le cadre de la présente invention, les tuyères

au travers desquelles sont injectés les gaz réducteurs ne sont pas utilisées pour injecter du vent chaud ou tout agent oxydant similaire. Dans la modalité avantageuse où on injecte des gaz réducteurs chauds à travers toutes les tuyères, ces gaz réducteurs chauds remplacent totalement le vent normalement utilisé dans la conduite conventionnelle. Dans une autre modalité, on peut injecter des gaz réducteurs chauds à travers certaines tuyères et des gaz oxydants chauds (air, air enrichi en O_2 , etc...) à travers les autres tuyères.

Différents procédés et dispositifs ont été proposé par le demandeur et d'autres, pour produire le gaz adéquat à partir de différents combustibles (solides, liquides ou gazeux) et de matières oxydantes, y compris l'emploi d'un gaz de recyclage, tel que décrit dans la demande de brevet belge N°812.244.

Les hautes températures auxquelles ces gaz sont portés, de l'ordre de $2000^{\circ}C$ sont obtenues préférentiellement au moyen d'appareils électriques tels que fours à plasma, fours à arc et autres engins semblables qui présentent le double avantage de faciliter les réactions chimiques nécessaires pour produire de tels gaz et de fournir la chaleur requise pour le fonctionnement du four ; un tel procédé a été décrit par le demandeur, dans les brevets français n° 71 10091, 2.098.026, 2.143.803, 2.256.233 et 2.265.863. En conséquence, les promoteurs de la présente invention ont entrepris des recherches sur une grande échelle pour confirmer la possibilité d'appliquer un tel procédé

sur un enpin industriel, pour assurer la fabrication de métal en fusion dans des conditions de marche très effi- caces.

Cette recherche est basée sur l'observation
5 que le transfert de chaleur et de masse dans le processus de réduction du haut fourneau peut n'être modifié en aucune façon si, au lieu de provoquer les réactions métallurgiques Par le procédé classique utilisant le gaz produit à l'inté- rieur du four par la combustion du coke dans le vent chaud,
10 on injecte un gaz de composition et de température sensible- ment indentiques, ledit gaz ayant été produit soit dans le circuit d'injection, soit à l'extérieur du four et injecté au moyen des mêmes tuyères à vent.

Au cours de la recherche, le demandeur a constaté
15 que dans le cas d'une injection d'autres types de gaz réducteurs surchauffés, le haut fourneau doit être conduit d'une façon notablement différente de celle d'un haut fourneau à conduite classique.

Un article présenté par les demandeurs à Détroit
20 à la Session dite "The Iron-Making Conference of Iron and Steel Society of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers", en mars 1979 et publié dans les compte-rendus, contient des indications dans ce domaine.
Une des principales différences entre la conduite conventionnelle
25 du haut fourneau et le procédé d'injection de gaz réducteurs surchauffés tel que décrit dans cet article consiste en ce que, dans le second cas, la mise au mille de coke est très faible ; quand

cette valeur est fixée, la composition du gaz réducteur est ajustée de façon à obtenir une marche équilibrée du fourneau en compatibilité avec les valeurs fixées de mise au mille de coke et d'analyse de la fonte. La plus faible mise au mille de coke obtenue au cours des essais exposés dans cet article a été de 179 kg de coke sec par tonne de fonte liquide. Cette mise au mille de coke est nettement inférieure à la valeur de 717 kg de coke sec par tonne de fonte liquide obtenue avec le fourneau expérimental conduit de façon conventionnelle (voir Tableau I).

TABLEAU I.

	Conduite conventionnelle et suivant l'invention	fourneau expérimental	
		conduite conventionnelle du haut fourneau	conduite avec injection de gaz réducteurs surchauffés
15	Vent Quantité (Nm ³ /t.f.l.) Température (°C)	2070 748	0 0
20	Gaz H ₂ O + CO ₂ (%) réducteurs Quantité ² (Nm ³ /t.f.l.) Température (°C)	0 0 -	6,9 2800 2070
	Mise au Kg/t.f.l. mille de coke	717	179
25	Fonte Productivité (t.f.l./h) S (%) Température (°C)	1,29 0,64 1410	1,35 0,31 1360
30	Gaz de Température (°C) gueulard	145	x

* La température du gaz de gueulard n'est pas connue, car elle était si élevée que de l'eau de refroidissement a dû

être ajoutée au gueulard pour prévenir tout dommage au fourneau.

5 Au cours de la recherche, on a également constaté que la quantité de gaz réducteurs chauds utilisée pour atteindre ces résultats était de loin supérieure à celle théoriquement requise. Ce fait conduit à une consommation excessive d'énergie et porte préjudice à l'économie du procédé. En outre, il n'a pas non plus été possible d'ajuster la productivité du four à la valeur de consigne choisie.

10 Après avoir vérifié que l'application de cette nouvelle technique à un haut fourneau conventionnel était possible, de nouveaux essais ont été entrepris par le demandeur, dans le but d'établir les meilleures modalités opératoires d'une telle conduite.

15 Cependant, sur la base des résultats expérimentaux obtenus de ces nouveaux essais, il est devenu possible de développer une méthode de contrôle qui concerne tous les objectifs poursuivis (c'est-à-dire mise au mille de coke, qualité de la fonte, productivité du fourneau et consommation minimum d'énergie) et
20 qui présente également d'autres avantages supplémentaires par rapport à la conduite conventionnelle du haut fourneau.

La présente invention a précisément pour objet de révéler les modalités d'une conduite stable, économique et aisée d'un haut fourneau dans lequel on injecte des gaz réducteurs surchauf-
25 fés; les perfectionnements du procédé consistent en phases de réglage de la composition, de la température et du débit des gaz réducteurs dans le but de contrôler la mise au mille de coke, la productivité du fourneau, la température et la teneur en silicium de la fonte ainsi que la température des gaz
30 de gueulard. Le contrôle de ce dernier élément est très intéressant, car la chaleur sensible du gaz de gueulard est généralement perdue.

La procédé, objet de la présente invention, est essentiellement une méthode de contrôle du haut fourneau, dans lequel le minerai de fer est réduit pour former de la fonte et dans lequel on utilise au moins un réacteur pour chauffer ou produire et chauffer le gaz réducteur injecté dans la partie inférieure du fourneau; le gaz réducteur contient principalement du CO et du H_2 et en moindres quantités, du CO_2 et du H_2O et il peut contenir également du N_2 , la température du gaz réducteur étant comprise entre 1500°C et 2800°C au nez de la tuyère d'injection.

Suivant l'invention, la conduite du haut fourneau est contrôlée de la façon suivante :

- a) on contrôle la mise au mille de coke en modifiant les teneurs en CO_2 et/ou en H_2O et/ou N_2 et la température du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la mise au mille de coke, on augmente les teneurs en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 et la température du gaz réducteur et pour diminuer la mise au mille de coke, on diminue les teneurs en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 et la température du gaz réducteur;
- b) on contrôle la productivité du fourneau en modifiant la teneur en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 et la température du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la productivité du fourneau, on diminue les teneurs en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 et on augmente la température du gaz réducteur et pour diminuer la productivité du fourneau, on augmente les teneurs en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 et on diminue la température du gaz réducteur;
- c) on contrôle la température et/ou la teneur en Si de la fonte en modifiant la température et les teneurs en CO_2 et/ou H_2O du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la température et/ou la teneur en Si de la fonte, on augmente la température du gaz réducteur et on diminue ses teneurs en CO_2 et/ou H_2O et pour diminuer la température et/ou la teneur en Si de la fonte, on diminue la température du gaz réducteur et on augmente ses teneurs en

CO_2 et/ou H_2O ;

- 5 d) on contrôle la température du gaz de gueulard en modifiant la température et les teneurs en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la température du gaz de gueulard, on diminue la température du gaz réducteur et on augmente ses teneurs en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 , et pour diminuer la température du gaz de gueulard, on augmente la température du gaz réducteur et on diminue ses teneurs en CO_2 et/ou H_2O et/ou N_2 .
- 0 Le réacteur utilisé pour injecter les gaz réducteurs comprend un équipement tel que de préférence un chauffage à arc ou à plasma, mais n'importe quel type d'équipement peut être utilisé pour chauffer ou pour produire et chauffer les gaz réducteurs.
- 5 Suivant l'invention, on modifie la température du gaz réducteur par un ajustement de la puissance électrique nécessaire, par exemple à la formation du plasma utilisé pour l'opération de chauffage. Cette modalité présente l'avantage de ne pas influencer la composition des gaz réducteurs produits.
- 0 Quand on produit les gaz réducteurs en introduisant le combustible (hydrocarbure gazeux, liquide ou solide) et le gaz oxydant (air, gaz de recyclage, etc...) dans le réacteur, on règle la composition des gaz réducteurs, notamment la quantité de CO_2 et de H_2O dans ces gaz réducteurs,
- 5 au moyen de l'ajustement du rapport combustible/gaz oxydant, c'est-à-dire le rapport des quantités de combustible et de gaz oxydant alimentant le réacteur.

En ce qui concerne la modification de la composition des gaz réducteurs, on peut agir sur leur mode de fabrication et

0 notamment :

- faire réagir des combustibles gazeux, liquides ou solides, avec l'air ou tout gaz porteur d' O_2 libre (air suroxygéné,

etc...), de façon à obtenir la formation de CO et de H₂ au maximum, suivant la réaction : combustible + O₂ → x . CO + y . H₂.

- faire réagir des combustibles gazeux, liquides ou solides avec du CO₂ et/ou de la vapeur d'eau ou avec des gaz industriels qui contiennent du CO₂ et/ou de la vapeur d'eau et régler les proportions d'oxygène et de combustibles, de telle façon qu'après réaction, les gaz produits contiennent un maximum de CO, H₂, N₂ et un minimum de CO₂ et H₂O, suivant la réaction : combustible + CO₂ et/ou H₂O → w.CO + z.H₂.
- dans le cas particulier de combustibles liquides et solides en réaction avec un oxydant, ces combustibles peuvent être introduits dans le circuit de fabrication en amont ou en aval du réacteur de chauffage, avec préchauffage éventuel.
- 15 Dans le cas du combustible liquide, on surchauffe uniquement l'oxydant à l'aide du réacteur,
- on utilise des effluents de processus métallurgiques, tels que par exemple du gaz de gueulard et après un éventuel conditionnement préalable (filtration, élimination totale ou partielle d'eau et/ou de CO₂), on les fait réagir avec une matière hydrocarbonée solide (charbon, lignite) ou liquide (fuel-oil) ou avec des gaz contenant des matières hydrocarbonées tels que des gaz de four à coke, gaz naturels, etc..
- on fait réagir avec un oxydant des combustibles en mélange liquide - solide tels que slurry, en suspension gaz - solide, 25 gaz - liquide et en émulsion liquide - liquide.

Suivant une modalité de l'invention, la mise au mille de coke du point a) ci-dessus est comprise entre 50 kg/t et 350 kg/t et de préférence, entre 80 kg/t et 200 kg/t de fonte produite.

- 30 Suivant la modalité de contrôle a), on obtient la mise au mille de coke prédéterminée, en modifiant la composition et la température des gaz réducteurs.

Si l'on désire une mise au mille de coke élevée, on peut avantageusement, suivant l'invention, injecter les gaz réducteurs par un certain nombre de tuyères et du vent chaud par les autres tuyères, le dit vent étant chauffé aux températures normales de marche ou surchauffé éventuellement de préférence par voie électrique et par exemple avec un four à plasma, un four à arc, etc...

Suivant une modalité particulièrement intéressante de l'invention, on contrôle de façon indépendante, la température du gaz injecté et le potentiel réducteur de ce gaz dans le but d'obtenir une mise au mille de coke désirée, inférieure à celle qu'il est possible d'obtenir par les meilleures méthodes conventionnelles et simultanément de produire une quantité donnée de fonte liquide avec une teneur donnée en silicium, tout en assurant un mouvement régulier de descente de la charge, le dit procédé comprenant une première phase consistant à fixer la valeur de consigne pour la mise au mille de coke, la teneur en Si et la production du métal liquide, une seconde phase consistant à régler la composition des gaz réducteurs, par exemple par ajustement du rapport de l'alimentation du réacteur en combustible et en gaz oxydant, de façon à réaliser une marche équilibrée du four compatible avec les dites valeurs de consigne de la mise au mille de coke, de la production et de la composition désirée du métal liquide, et en réglant la température des gaz réducteurs injectés dans le four, par exemple par une modification appropriée de la puissance électrique fournie aux réacteurs de chauffage des gaz réducteurs injectés dans le haut fourneau.

Le procédé de l'invention présente ainsi vis-à-vis des procédés antérieurs de conduite du four à cuve, une nouveauté importante : le choix préalable de la mise au mille de coke, en fonction des disponibilités des matières, de l'économie de la marche du four, etc... Il y a lieu de rappeler que dans le procédé d'injection de gaz réducteurs surchauffés, la mise au

mille de coke est nettement inférieure à tout ce qui pouvait être réalisé jusqu'ici. On peut également régler la teneur en silicium de la fonte liquide plus facilement et plus rapidement, choisir l'allure du four à cuve et la modifier à volonté; 5 cette conduite et ce contrôle sont réalisés en ajustant la composition et la température des gaz réducteurs injectés dans le four à cuve. L'intérêt de ce procédé est évident. Le haut four 10 niste peut présélectionner, simultanément, la mise au mille de coke, le taux de production, la température du gaz de gueulard et la teneur en Si de la fonte liquide pour réaliser une réelle conduite optimale en fonction des matières premières disponibles et de la configuration du four à cuve. La présente invention permet d'effectuer un contrôle continu automatique et précis du procédé à un point non encore atteint 15 jusqu'à présent.

Les résultats donnés aux Tableaux II à VII ci-après montrent quelques uns des nombreux et importants avantages présentés par la méthode faisant l'objet de la présente invention et comment ils peuvent être obtenus. Par exemple les Tableaux 20 II à V montrent qu'en appliquant le procédé de l'invention pour contrôler le haut fourneau, il est possible d'atteindre (augmenter ou diminuer) n'importe quelle valeur de mise au mille de coke ou des caractéristiques de la fonte (% Si, température) ou de la température du gaz de gueulard.

25 Le Tableau II montre, qu'en appliquant le procédé de l'invention, on peut modifier les résultats d'une conduite de référence 1 en une conduite 2 à mise au mille de coke voulue. Il indique qu'une diminution de la mise au mille de coke de 175 à 105 kg/t.f.l. est obtenue en diminuant la température des 30 gaz réducteurs de 2050°C à 2020°C et la quantité de CO₂ et H₂O de 6,1 à 3,4 % du volume des gaz réducteurs. Il y a lieu de noter que la qualité de la fonte et la température du gaz de gueulard sont considérées comme constantes à l'échelle industrielle.

TABLEAU II.

Réglage de la mise au mille de coke		Conduite 1	Conduite 2
vent	Quantité (Nm ³ /t.f.l.)	0	0
5 gaz réducteurs	H ₂ O + CO ₂ (%)	6,1	3,4
	N ₂ + Ar (%)	50,7	42,2
	Quantité (Nm ³ /t.f.l.)	1950	1900
	Température (°C)	2050	2020
10 coke	Mise au mille de coke (kg/t.f.l.)	175	105
fonte	Si (%)	0,64	0,78
	Température (°C)	1410	1435
15 gaz de gueulard	Température (°C)	177	174

Le Tableau III montre, qu'en appliquant le procédé de l'invention, on peut modifier la température et la teneur en Si de la fonte d'une conduite de référence 3 en une autre conduite 4. Une diminution de température de 1410°C à 1360°C et de la teneur en Si de 0,60 à 0,30 % est obtenue en diminuant la température des gaz réducteurs de 2400°C à 2350°C et en augmentant la quantité de CO₂ et H₂O de 3,53 à 4,0 % du volume des gaz réducteurs. Les valeurs de production, de mise au mille de coke et de température du gaz de gueulard sont considérées comme constantes à l'échelle industrielle.

TABLEAU III.

Réglage des caractéristiques de la fonte		Conduite 3	Conduite 4
5 Gas réducteurs	H ₂ O + CO ₂ (%)	3,53	4,0
	N ₂ (%)	40	40
	Quantité (Nm ³ /t.f.l.)	1036	1020
	Température (°C)	2400	2350
10 Coke	Mise au mille de coke (kg/t.f.l.)	169	169
Fonte	Productivité (t.f.l./h)	191	193
	Si (%)	0,60	0,30
	Température (°C)	1410	1360
15 Gas de gueulard	Température (°C)	109	97

La Tableau IV montre, qu'en appliquant le procédé de l'invention, on peut modifier la température du gaz de gueulard d'une conduite de référence 5 en une autre conduite

6. Une diminution de la température du gaz de gueulard de 350°C à 109°C est obtenue, en augmentant la température des gaz réducteurs de 2100°C à 2400°C et en diminuant la quantité de CO₂ et H₂O de 4,53 à 3,53 % du volume des gaz réducteurs, alors que la mise au mille de coke est maintenue à une valeur sensiblement constante.

TABEAU IV.

Réglage de la température du gaz de gueulard.		Conduite 5	Conduite 6
5 Gaz réducteurs	H ₂ O + CO ₂ (%)	4,53	3,53
	N ₂ (%)	40	40
	Température (°C)	2100	2400
Coke	Mise au mille de coke (kg/t.f.l.)	168	169
10 Fonte	Si (%)	0,60	0,60
	Température (°C)	1410	1410
Gaz de gueulard	Température (°C)	350	109

Si, pour une raison quelconque, on désire conduire le haut fourneau avec une mise au mille de coke élevée, supérieure à celle qui peut être obtenue avec une conduite comprenant une injection de gaz réducteurs surchauffés (mise au mille de coke comprise entre 80 et 200 kg/t.f.l.), cet objectif peut être atteint en injectant simultanément des gaz réducteurs surchauffés à travers certaines tuyères et du vent chaud à travers les autres tuyères. Le Tableau V montre, qu'en appliquant le procédé de l'invention, on peut modifier les résultats d'une conduite de référence 7 en une autre opération 8 comprenant une mise au mille de coke beaucoup plus élevée. Ce Tableau indique que si on désire une mise au mille de coke élevée, de l'ordre de 315 kg/t.f.l. sans augmenter la quantité de CO₂ et H₂O, l'injection de 1036 Nm³/t.f.l. de gaz réducteurs surchauffés à 2400°C peut être remplacée par une injection de 518 Nm³/t.f.l. de gaz réducteurs chauds à 2400°C et simultanément par une injection de 535 Nm³/t.f.l. de vent chaud.

TABLEAU V.

Réglage de la mise au mille de coke avec une injection mixte.		Conduite 7	Conduite 8
Vent	Quantité (Nm ³ /t.f.l.)	0	535
5 Gaz réducteurs	H ₂ O + CO ₂ (%)	3,53	3,33
	N ₂ (%)	40	40
	Quantité (Nm ³ /t.f.l.)	1036	518
	Température (°C)	2400	2400
10 Coke	Mise au mille de coke (kg/t.f.l.)	169	315
Fonte	Productivité (t.f.l./h)	191	170
	Si (%)	0,6	0,6
	Température (°C)	1410	1492
15 Gaz de gueulard	Température (°C)	109	120

En ce qui concerne l'effet résultant de la modification du rapport de l'agent oxydant alimentant le réacteur sur la quantité de CO₂ et de H₂O dans les gaz réducteurs produits, quelques chiffres sont donnés ci-dessous dans le cas de gaz 20 naturel comme combustible et d'air comme agent oxydant.

TABLEAU VI.

Réglage du potentiel réducteur des gaz réducteurs.

<u>air</u> <u>gaz</u>	CO ₂	H ₂ O
3,05	0,6	5,6
2,56	0,4	3,4

En ce qui concerne l'effet de la puissance électrique nécessaire à la formation du plasma sur la température des gaz réducteurs produits, quelques valeurs sont données ci-dessous :

TABLEAU VII.

Réglage de la température des gaz réducteurs.

débit de gaz Nm ³ /h.	puissance électrique Kwh.	température du gaz réducteur : (°C)
110	85	1960
110	87,5	2000

REVENDICATIONS

1. Procédé de conduite du haut fourneau, dans lequel le minerai de fer est réduit pour former de la fonte et dans lequel on utilise au moins un réacteur pour chauffer ou produire et chauffer le gaz réducteur à injecter à travers au moins une tuyère, ce gaz contenant principalement du CO et du H₂ et en moindres quantités du CO₂ et du H₂O, caractérisé en ce qu'il consiste à ajuster la composition et la température du gaz réducteur dans le but de contrôler au moins un des paramètres choisis dans le groupe comprenant la mise au mille de coke, la productivité du fourneau, la température et la teneur en Si de la fonte, et la température du gaz de gueulard, de la façon suivante :
- a) on contrôle la mise au mille de coke en modifiant les teneurs en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂ et la température du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la mise au mille de coke, on augmente les teneurs en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂ et la température du gaz réducteur et pour diminuer la mise au mille de coke, on diminue les teneurs en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂ et la température du gaz réducteur ;
- b) on contrôle la productivité du fourneau en modifiant la teneur en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂ et la température du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la productivité du fourneau, on diminue les teneurs en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂ et on augmente la température du gaz réducteur et pour diminuer la productivité du fourneau, on augmente les teneurs en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂ et on diminue la température du gaz réducteur ;
- c) on contrôle la température et/ou la teneur en Si de la fonte en modifiant la température et les teneurs en

- CO₂ et/ou H₂O du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la température et/ou la teneur en Si de la fonte, on augmente la température du gaz réducteur et on diminue ses teneurs en CO₂ et/ou H₂O, et pour diminuer la température et/ou la teneur en Si de la fonte, on diminue la température du gaz réducteur et on augmente ses teneurs en CO₂ et/ou H₂O ;
- d) on contrôle la température du gaz de gueulard en modifiant la température et les teneurs en CO et/ou H₂O et/ou N₂ du gaz réducteur en ce sens que pour augmenter la température du gaz de gueulard, on diminue la température du gaz réducteur et on augmente ses teneurs en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂, et pour diminuer la température du gaz de gueulard, on augmente la température du gaz réducteur et on diminue ses teneurs en CO₂ et/ou H₂O et/ou N₂.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le réacteur comprend un système de chauffage par voie électrique.

3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la mise au mille de coke du point a) est comprise entre 50 kg/t et 350 kg/t de fonte produite.

4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la mise au mille de coke du point a) est comprise entre 50 kg/t et 200 kg/t de fonte produite.

5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on produit le gaz réducteur en introduisant le combustible et le gaz oxydant dans le réacteur et en ce que l'on règle

la composition des gaz réducteurs, au moyen de l'ajustement du rapport oxydant/combustible, c'est-à-dire des quantités de combustible et de gaz oxydant alimentant le réacteur.

5 6. Procédé suivant la revendication 5, c a r a c t é r i s é en ce que le gaz oxydant est du gaz de gueulard, de préférence recyclé.

7. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, c a r a c t é r i s é en ce que la température des gaz réducteurs est comprise entre 1500°C et 10 2800°C.

8. Procédé suivant la revendication 7, c a r a c t é r i s é en ce que dans le cas où le réacteur comprend un système de chauffage par voie électrique, on modifie la température du gaz réducteur par un ajustement 15 de la puissance électrique.

9. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 8, c a r a c t é r i s é en ce qu'il comprend en outre, l'action d'introduire du gaz oxydant chaud dans le haut fourneau au moyen d'au moins une tuyère distincte 20 des tuyères utilisées pour l'injection des gaz réducteurs.

10. Procédé suivant la revendication 9, c a r a c t é r i s é en ce que le gaz oxydant chaud est de l'air ou de l'air suroxygéné.