

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 556 366

②1 N° d'enregistrement national :

83 19593

⑤1 Int Cl⁴ : C 21 B 5/00.

①2 **DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITÉ**

A3

②2 Date de dépôt : 7 décembre 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 24 du 14 juin 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande de certificat d'utilité résultant de la transformation de la demande de brevet déposée le 7 décembre 1983 (art. 20 de la loi du 2 janvier 1968 modifiée et art. 42 du décret du 19 septembre 1979).

⑦1 Demandeur(s) : *Société anonyme dite : SACILOR.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Jean Mangeot, Michel Dietlin, Jean Leidwanger et Jacques Vergnaux.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

⑤4 Procédé de production de fonte d'affinage dans un four à cuve et en particulier dans un haut fourneau avec un enfournement métallique de 100 % de ferrailles.

⑤7 Selon ce procédé de production de fonte d'affinage dans un four à cuve comportant un revêtement réfractaire, en particulier dans un haut fourneau avec soufflage de vent chaud et en tant que de besoin des injections d'oxygène et d'hydrocarbures liquides, à partir d'un lit de fusion composé de fondants pour constituer un laitier métallurgique, de matières métallifères et de combustible solide tel que du coke, on enfourne des matières métallifères composées à 100 % de produits métalliques sous forme de ferrailles, on charge des fondants pour former un laitier métallurgique liquide pour assurer la désulfuration de la fonte et l'évacuation des alcalins, on enfourne du combustible solide sous forme de coke, on souffle du vent chaud par des tuyères.

FR 2 556 366 - A3

PROCEDE DE PRODUCTION DE FONTE D'AFFINAGE DANS UN FOUR A CUVE ET EN PARTICULIER DANS UN HAUT FOURNEAU AVEC UN ENFOURNEMENT METALLIQUE DE 100% DE FERRAILLES.

05 Le procédé est relatif à la production de fonte d'affinage dans un four à cuve et en particulier dans un haut fourneau.

10 La situation actuelle de l'industrie sidérurgique est telle qu'elle doit sans cesse diversifier et améliorer la qualité de ses produits et surtout diminuer leurs prix de revient. Dans la filière classique haut fourneau et aciérie le prix de revient de la fonte est un des postes les plus importants du prix de revient de l'acier et, partant, des prix de revient des produits finis. A cet égard les usines utilisant des minerais à teneurs en fer inférieures à 60% sont particulièrement défavorisées. Lorsque des 15 raisons socio-économiques ne permettent pas l'emploi de minerais à teneur en fer supérieure à 60%, des matières premières à bas prix pourraient seules permettre un abaissement des prix de revient de l'acier. Les ferrailles sont actuellement une matière première de substitution possible, compte-tenu de leurs disponibilités et de 20 leurs prix. On connaît actuellement cinq solutions pour consommer des ferrailles : par addition dans le lit de fusion des hauts fourneaux, par recyclage dans les convertisseurs d'aciérie, par fusion aux fours électriques à arc ou à induction, ou par fusion aux cubilots. La solution du recyclage aux convertisseurs 25 d'aciérie est actuellement pratiquement partout saturée ; des artifices permettront encore sans doute d'accroître quelque peu la proportion de ferrailles recyclées, mais pas d'une manière sensible. Les solutions de fusion aux fours électriques ou au cubilot, nécessitent un investissement lourd. Des tentatives ont 30 été faites pour enrichir, par de fortes quantités de ferrailles sélectionnées, le lit de fusion des hauts fourneaux, à une époque où ce lit de fusion n'était pas aussi bien préparé qu'à l'heure actuelle. Ces tentatives se sont soldées par des échecs et n'ont pas eu de suite. Les quantités de ferrailles convenablement 35 choisies et enfournées (au maximum de l'ordre de 300kg par tonne

de fonte) n'ont pu être accrues, par suite des dérèglements de marche des hauts fourneaux. D'autre part, les consommations de coke (de l'ordre de 500 à 550 kg par tonne de fonte) n'ont pas été diminuées en proportion des quantités de ferrailles enfournées. A 05 l'heure actuelle, il n'est pas envisagé par l'homme de l'art de perturber la marche des hauts fourneaux par l'addition en quantités significatives de ferrailles même sélectionnées. Dans l'état actuel de la technique, les hauts fourneaux sont exploités avec des lits de fusion bien préparés, homogènes, à base de 10 minerais les plus riches possibles, de la manière la plus régulière possible. Actuellement dans la filière haut fourneau-acierie, les fontes les moins chères, et par conséquent les aciers aux meilleurs prix de revient, sont produits à partir de hauts fourneaux alimentés en minerais ou agglomérés riches à environ 60% 15 de fer.

Four pallier l'inconvénient du prix de revient élevé de la fonte des hauts fourneaux qui ne peuvent pas être alimentés en minerais riches, l'invention a pour but un procédé et des moyens pour produire aux hauts fourneaux des fontes à des prix de revient 20 comparables à ceux des fontes produites à partir des minerais riches.

Ce but est atteint conformément à l'invention par un procédé de production de fonte d'affinage dans un four à cuve comportant un revêtement réfractaire, en particulier dans un haut 25 fourneau avec soufflage de vent chaud et en tant que de besoin des injections d'oxygène et d'hydrocarbures liquides, à partir d'un lit de fusion composé de fondants pour constituer un laitier métallurgique, de matières métallifères et de combustible solide tel que du coke, ce procédé comportant les étapes suivantes :

- 30 - on enfourne des matières métallifères composées à 100% de produits métalliques sous forme de ferrailles,
- on charge des fondants pour former un laitier métallurgique liquide pour assurer la désulfuration de la fonte et l'évacuation des alcalins,
- 35 - on enfourne du combustible solide sous forme de coke,

- on souffle du vent chaud par des tuyères.

De préférence, on assure en tant que de besoin le réglage thermique du four à cuve à l'aide d'injection d'hydrocarbures liquides et d'oxygène.

05 On règle les paramètres de composition du lit de fusion, de débit et température de vent, d'injection d'hydrocarbures liquides et d'oxygène pour obtenir sur le plan thermique un coefficient d'échange thermique $U = (\text{quantité de matières solides} \times \text{capacité calorifique des solides}) / (\text{volume de gaz} \times \text{capacité calorifique des gaz})$ supérieur à 1 pour créer dans la majeure
10 partie de la hauteur de cuve une zone de températures comprises entre 500 et 700°C favorables à la transformation catalysée par le fer métallique de l'oxyde de carbone en gaz carbonique avec dépôt de carbone sur la charge métallique et pour maintenir une
15 température de gaz au gueulard inférieur à 120°C avec une quasi égalisation des températures du gaz et de solides à ce dernier endroit.

On va maintenant décrire plus en détail le procédé de l'invention.

20 Le procédé de l'invention est relatif à la conduite d'un haut fourneau pour la production de fonte à partir d'un enfournement métallique composé de 100% de ferrailles et de fondants. On désignera ici par ferrailles, des fontes ou aciers se présentant sous la forme de fontes en plaques ou granulées, des
25 scraps (fonds de poches et coulures d'aciérie), de copeaux, de riblons, de chutes de laminoirs, de ferrailles découpées, de paquets d'automobiles, de résidus d'usines d'incinération, etc.

FERRAILLES :

30 Les ferrailles pouvant être enfournées sont hétérogènes par leurs granulométries, compositions, degrés d'oxydation et propreté. Les copeaux présentent une granulométrie, c'est à dire des dimensions, de 0-20mm, les riblons de fonte et d'acier de 30-400mm, les ferrailles découpées et chutes de 600-1000mm, les
35 scraps, fontes en plaques et vieilles fontes mécaniques des dimensions maximales de 400 à 600mm, les paquets automobiles et

autres 600 x 600 x 1500, les ferrailles déchiquetées et résidus d'incinération inférieurs à 400mm, etc. Les compositions des ferrailles varient considérablement selon leurs origines, par exemple le C peut varier de 0,01 à 4%, le Si de 0,001 à 2,5%, le Mn de 0,1 à 0,7%, le P de 0,005 à 1,5%, le S de 0,005 à 0,15%. Ces ferrailles peuvent contenir des pourcentages variables ou des traces d'éléments tels que le Cr, Al, Ni, Cu, Mo, V, K, etc. Une préparation de l'enfournement des ferrailles par sélection des granulométries et des analyses est nécessaire pour obtenir la plage de perméabilité souhaitée du lit de fusion et connaître la composition moyenne des ferrailles enfournées. Les systèmes de manutention et de chargement du haut fourneau doivent être modifiés et adaptés à l'enfournement des ferrailles.

COKE :

L'enfournement de coke ne présente pas de difficulté au haut fourneau. Le coke peut être du coke de fonderie ou sidérurgique. Le taux de coke est déterminé en fonction des besoins thermiques du haut fourneau et de l'apport de carbone nécessaire pour obtenir la teneur en carbone visée dans la fonte. Les besoins thermiques et l'apport du carbone peuvent être assurés par des combustibles autres que le coke, en tout ou en partie.

FONDANTS :

Les qualités et le choix des fondants dépendent de la fonction d'affinage du laitier qu'ils doivent former, c'est à dire de l'analyse moyenne de l'enfournement de ferrailles, des quantités de coke, de la propreté des ferrailles, de la température de liquidus souhaitée du laitier et de la composition de fonte visée.

VENT :

On souffle du vent chaud. Les débits, pression et températures sont déterminés en fonction des dimensions du haut fourneau et de son mode de conduite.

FUEL :

Compte-tenu de son prix actuel relativement au prix du coke, l'injection de fuel n'est envisageable que pour le réglage

thermique rapide du haut fourneau.

ENRICHISSEMENT DU VENT EN OXYGENE :

L'injection d'oxygène est envisageable, en fonction des prix relatifs pour obtenir la température de fonte visée, à consommation de coke donnée.

Avant de décrire la conduite d'un haut fourneau selon le procédé de l'invention, on donnera ci-dessous à titre d'exemple, des résultats de marche d'un haut fourneau exploité selon le procédé de l'invention.

CARACTERISTIQUES DU HAUT FOURNEAU UTILISE :

Nombre de tuyères : 12
 Diamètre du creuset : 6,7 m
 Volume utile : 816 m³
 Débit de vent maximum : 70000Nm³/h
 Température de vent maximum : 1100°C
 Injection de fuel : OUI
 Enrichissement en oxygène : OUI
 Bennes de chargement et gueulard : adaptés
 Réfractaires de cuve : OUI
 Boîtes de refroidissement : OUI en cuve et dans les étalages.

RESULTATS D'EXPLOITATION :

Les résultats d'exploitation moyens sur une période de 17 jours ont été :

	UNITE	QUANTITE
Production de fonte	t	20 618
Production de laitier	t	3 014,3
<u>ENFOURNEMENT :</u>		
Ferrailles	t	22 258,9
Gravier de rivière	t	502,7
Dolomie	t	1 208,6
Castine	t	1
Spath Fluor	t	12

	Total MATIERES MINERALES	t	23 983,2
	Coke	t	3 286
	Fuel	t	96,9
	Total COMBUSTIBLES	t	3 382,9
05	<u>SOUFFLAGE :</u>		
	Température de vent	°C	927,9
	Consommation de vent	Nm3	11 339 700
	Consommation oxygène	Nm3	46 100
	<u>GAZ DE GUEULARD :</u>		
10	Température	°C	80,8
	PCI	Kcal/m3	856
	CO	%	26,30
	CO ₂	%	7,81
	H ₂	%	2,40
15	N ₂	%	63,49
	CO ₂ /(CO+CO ₂)		0,229
	<u>FONTE :</u>		
	Température	°C	1 385
	C	%	3,910
20	Mn	%	0,481
	P	%	0,898
	S	%	0,065
	Si	%	0,183
	Ni	%	0,068
25	Cr	%	0,137
	Cu	%	0,053
	<u>LAITIER :</u>		
	CaO	%	40,33
	MgO	%	9,193
30	Si O ₂	%	35,475
	Al ₂ O ₃	%	8,563
	MnO	%	1,752
	P ₂ O ₅	%	0,634
	Fe	%	0,584
35	CaO/SiO ₂		1,144

	(CaO+MgO)/SiO ₂		1,356
	<u>MISE AU MILLE :</u>		
	Ferrailles	Kg/t fonte	1 079,6
	Combustibles	"	164,1
05	dont Coke	"	159,4
	Fuel	"	4,7
	Fondants	"	83,0
	dont Dolomie	"	58,6
	Cailloux	"	24,4
10	Vent	m ³ /t fonte	550,0
	Gaz	"	684,3
	Laitier	Kg/t fonte	146,2
	Poussière du gaz	"	9

15 La totalité de la fonte produite a été transformée en acier à l'aciérie à l'oxygène pur, comme une fonte produite à partir de minerai, sans difficulté particulière.

FONCTIONNEMENT DU HAUT FOURNEAU SELON LE PROCÉDE DE L'INVENTION:

20 Le principe de l'invention est d'utiliser au mieux le volume et la hauteur de la cuve du haut fourneau pour récupérer au maximum l'énergie des gaz de combustion aux tuyères.

a) sur le plan thermique :

25 Contrairement au haut fourneau classique, le coefficient d'échange $U = (\text{Quantité de matières solides} \times \text{capacité calorifique des solides}) / (\text{volume de gaz} \times \text{capacité calorifique des gaz})$ peut être supérieur à 1 et contrairement au cubilot classique, on peut réaliser un pincement thermique (quasi égalisation des températures des gaz et des solides) à basse température au gueulard.

30 Ainsi le nouveau procédé récupère la quasi totalité de la chaleur sensible des gaz qui sont récupérés à une température inférieure à 120°C au gueulard.

b) sur le plan chimique :

35 L'oxyde de carbone formé par combustion du coke aux

tuyères à plus de 2300°C est transformé en partie en gaz carbonique avec dépôt de carbone sur la charge métallique dans la cuve. Cette réaction est particulièrement intense aux environs de 600°C et elle est catalysée par le fer métallique.

05 Le procédé objet de l'invention favorise particulièrement cette réaction par le volume important de la cuve, la faible vitesse relative des gaz, donc par le temps de séjour important des produits métalliques et gazeux et par la possibilité de développer sur une grande hauteur, une zone de
10 températures comprises entre 500 et 700°C.

Ainsi le taux de combustion $CO_2/(CO+CO_2)$ peut dépasser 0,20.

CONDUITE DU HAUT FOURNEAU SELON LE PROCEDE DE
L'INVENTION:

15 Le principe de la conduite repose sur la résolution simultanée de deux types de contraintes interdépendantes :

a) le choix de la composition et de la quantité des fondants utilisés en fonction de la qualité et de la propreté des ferrailles enfournées, afin d'assurer une bonne désulfuration et
20 une bonne évacuation des alcalins, tout en maintenant une température de liquidus du laitier formé suffisamment basse ;

b) l'ajustement du débit de vent aux tuyères de la température du vent et l'intensité des différentes injections possibles, notamment fuel et oxygène, pour favoriser au maximum le
25 développement de la zone 500-700°C, tout en maintenant la température du gaz de gueulard inférieure à 120°C et la température des produits de coulée supérieure à 1400°C.

La résolution simultanée de ces deux types de contraintes conduit à l'optimisation de la consommation
30 énergétique totale, pour une qualité de ferraille déterminée.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de production de fonte d'affinage dans un four à cuve comportant un revêtement réfractaire, en particulier dans un haut fourneau avec soufflage de vent chaud et en tant que
05 de besoin des injections d'oxygène et d'hydrocarbures liquides, à partir d'un lit de fusion composé de fondants pour constituer un laitier métallurgique, de matières métallifères et de combustible solide tel que du coke caractérisé en ce qu' :

- on enfourne des matières métallifères composées à 100%
10 de produits métalliques sous forme de ferrailles,

- on charge des fondants pour former un laitier métallurgique liquide pour assurer la désulfuration de la fonte et l'évacuation des alcalins,

- on enfourne du combustible solide sous forme de coke,
15 - on souffle du vent chaud par des tuyères.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on assure en tant que de besoin le réglage thermique du four à cuve à l'aide d'injection d'hydrocarbures liquides et d'oxygène.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2,
20 caractérisé en ce qu'on règle les paramètres de composition du lit de fusion, de débit et température de vent, d'injection d'hydrocarbures liquides et d'oxygène pour obtenir sur le plan thermique un coefficient d'échange thermique $U = (\text{quantité de matières solides} \times \text{capacité calorifique des solides}) / (\text{volume de gaz} \times \text{capacité calorifique des gaz})$ supérieur à 1 et pour créer
25 dans la majeure partie de la hauteur de cuve une zone de températures comprises entre 500 et 700°C favorables à la transformation catalysée par le fer métallique de l'oxyde de carbone en gaz carbonique avec dépôt de carbone sur la charge
30 métallique et pour maintenir une température de gaz au gueulard inférieure à 120°C avec une quasi égalisation des températures du gaz et de solides à ce dernier endroit.