



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **94470038.4**

(51) Int. Cl.⁶ : **F23N 5/00**

(22) Date de dépôt : **18.11.94**

(30) Priorité : **26.11.93 FR 9314357**

(43) Date de publication de la demande :
05.07.95 Bulletin 95/27

(84) Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL PT SE

(71) Demandeur : **SOLLAC S.A.**
Immeuble Elysées-la-Défense,
29, Le Parvis
F-92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeur : **Silvestrini, Serge**
Allée Degas - Bât SA2,
Le Moulin de France
F-13500 Martigues (FR)

Inventeur : **Dieuloufet, Jean-Claude**
19, rue Honoré Daumier
F-13280 Raphale les Arles (FR)
Inventeur : **Domini, Philippe**
Route de Chateaufort
F-13100 Beaurecueil (FR)
Inventeur : **Hug, Patrick**
11, rue de la Croix du Frère Laurent
F-57210 Feves (FR)
Inventeur : **Griffay, Gérard**
2bis, Grand'Rue
F-57210 Hauconcourt (FR)

(74) Mandataire : **Ventavoli, Roger**
TECHMETAL PROMOTION
Immeuble Pacific
11-13, cours Valmy
La Défense 7 - TSA 10001
F-92070 PARIS LA DEFENSE CEDEX (FR)

(54) **Réglage en temps réel d'un brûleur à gaz de caractéristiques variables, notamment pour four de réchauffage métallurgique.**

(57) Le système prélève sur le courant de combustible alimentant le brûleur 1 du four M un débit donné F₂ dont la combustion développe une puissance d'au moins 100 th/h, que l'on brûle avec débit d'air comburant F₁ déterminé mais en excès dans un comburimètre 6, on mesure, dans les fumées de combustion complète à l'aide d'une sonde 9, une grandeur représentative de la teneur de l'un au moins des composants des fumées et, à partir de cette grandeur, on détermine dans une unité de calcul 10, une consigne d'alimentation du brûleur 1, notamment le débit d'entrée d'air comburant (a) ou les proportions de mélange de plusieurs gaz combustibles d'alimentation.

Ce système fonctionne en parallèle et simultanément avec le four de réchauffage M. Il permet de corriger en instantané les consignes d'alimentation des brûleurs du four pour les ajuster en temps réel aux fluctuations des caractéristiques des combustibles tels que les gaz industriels couramment utilisés à cette fin.

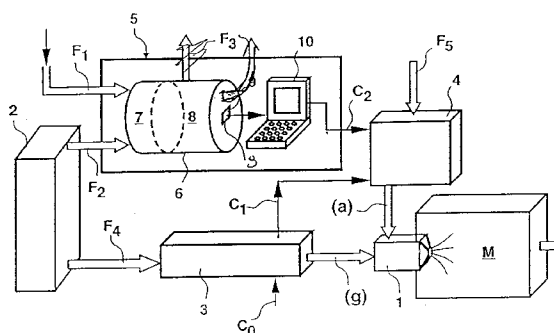


FIG. 1

La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif de réglage en temps réel d'un brûleur alimenté avec un combustible à caractéristiques variables.

Comme on le sait, il est nécessaire de réchauffer les demi-produits sidérurgiques devant être laminés, ce qui est effectué dans des fours de réchauffage.

Dans le cas des usines sidérurgiques dites "intégrées" (c'est-à-dire celles qui assurent par elles-mêmes l'ensemble des opérations nécessaires à la fabrication de l'acier depuis la préparation des minerais jusqu'au laminage des demi-produits), l'énergie utilisée provient le plus souvent de gaz combustibles co-produits dans différents réacteurs de l'usine sidérurgique elle-même. C'est ainsi que dans les brûleurs de fours de réchauffage de produits sidérurgiques, on utilise classiquement un mélange gazeux provenant des émissions d'une cokerie, de hauts-fourneaux, et de l'aciérie, chacune de ces sources fournissant un gaz, de teneur différente en éléments combustibles, comme l'hydrogène par exemple, et de teneurs différentes en impuretés, notamment de soufre, et quelque peu chargé de poussières, malgré les filtrages subis.

Ce mélange gazeux est réalisé en principe pour obtenir des propriétés thermiques de niveau déterminé, comme le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur), le PCO (Pouvoir comburivore) qui s'en déduit, ou l'indice de Wobbe par exemple. Mais la composition du mélange gazeux peut subir des fluctuations résultant des variations de marche des réacteurs qui fournissent les composants. Ainsi, par exemple, la teneur en hydrogène fluctue assez couramment, car les différentes sources d'approvisionnement de ce mélange gazeux n'ont pas une composition constante avec le temps. Lorsque ces compositions fluctuent, un faible changement, en particulier de la composition du gaz de cokerie (qui est riche en hydrogène) entraîne des répercussions sensibles sur son PCO entre autre. Or, ce dernier doit être connu en permanence avec une bonne précision si l'on veut notamment assurer une température déterminée dans l'enceinte du four de réchauffage, que l'on peut d'ailleurs modifier grâce au réglage du débit d'air comburant dont sont pourvus les brûleurs.

Ainsi, également, la teneur en impuretés, notamment de soufre, fluctue pour les mêmes raisons avec le temps, ce qui entraîne des fluctuations de la composition, notamment en oxydes de soufre, des gaz de combustion et, donc, de l'atmosphère des fours de réchauffage.

On a constaté qu'une teneur trop forte en impuretés, notamment d'oxydes de soufre, dans l'atmosphère de four de réchauffage contenant des produits sidérurgiques entraînait l'apparition de défauts à la surface desdits produits sidérurgiques, notamment lorsqu'ils sont en acier inoxydable austénitique.

Le problème consiste donc à maîtriser la combus-

tion d'un mélange gazeux, au demeurant chargé de poussières, et dont les caractéristiques peuvent rapidement varier de façon aléatoire autour de valeurs moyennes (pouvoir calorifique inférieur, pouvoir comburivore, densité, teneur en soufre, etc...).

Le problème consiste également à maîtriser le mélange des différents gaz combustibles co-produits, dont les teneurs en impuretés sont généralement très différentes, de telle sorte que la teneur en impuretés, notamment en oxydes de soufre, dans l'atmosphère des fours de réchauffage soit constante ou soit maintenue en deçà d'une limite prédéterminée.

A cet effet, on a déjà proposé des dispositifs appelés "comburimètres", "wobbmètres" et des batteries d'analyseurs. Ces systèmes atteignent théoriquement le but fixé, mais, dans le cas d'utilisation de combustibles de caractéristiques très variables et/ou chargés en impuretés, ils apparaissent soit inefficaces, soit présentent des inconvénients dans l'exploitation, soit les deux. Ainsi, les comburimètres sont sensibles aux taux d'humidité élevés et aux impuretés, et par conséquent inutilisables avec des gaz sidérurgiques sans un entretien constant. Les wobbmètres ont des temps de réponse longs et une précision médiocre, qui s'ajoutent aux problèmes d'humidité et d'impuretés. Enfin, les batteries d'analyseurs sont des appareils techniquement très sophistiqués, avec système de prélèvement et de traitement du gaz avant analyse, exigeant un entretien suivi par du personnel qualifié. Leur coût est très élevé et ils sont sensibles à la corrosion si les gaz contiennent du soufre.

L'invention a pour but de réaliser un système capable de résoudre les problèmes posés tout en éliminant les inconvénients ci-dessus des dispositifs antérieurs connus.

Conformément à l'invention, le procédé de réglage en temps réel d'un brûleur de four alimenté avec un combustible gazeux de caractéristiques variables autour d'un état standard et avec un débit d'air comburant réglable, est caractérisé en ce qu'au cours de la marche du brûleur :

- on prélève sur le courant de combustible alimentant le brûleur un débit de combustible donné dont la combustion complète produit une puissance d'au moins 100 thermies/h,
- on brûle ce débit de combustible avec un débit d'air donné en excès de manière à assurer la combustion complète du combustible,
- on mesure dans les fumées de combustion la valeur d'une grandeur représentative de la teneur de l'un au moins des composants choisis parmi l'oxygène résiduel et le soufre,
- on compare cette valeur à une valeur de référence prédéterminée représentative de l'état de marche voulu du brûleur,
- et si l'écart est supérieur à un seuil prédétermi-

né, on agit sur le réglage de l'alimentation du brûleur, de manière à réduire cet écart.

Selon une première variante principale du procédé selon l'invention, en outre :

- ladite grandeur reflète l'écart à la stoechiométrie (par exemple, la teneur résiduelle en O_2 ou la température des fumées),
- à partir de cette grandeur mesurée, on détermine la valeur du PCO réel instantané du combustible, ou de toute autre propriété thermique exprimant les caractéristiques instantanées réelles du combustible,
- et on agit sur le réglage de l'alimentation du brûleur en appliquant à la régulation du débit d'entrée d'air comburant dans le brûleur une consigne représentative de ladite valeur.

Cette consigne est avantageusement un "coefficient de correction" du débit d'air comburant calculé à partir du rapport PCO réel instantané mesuré/PCO standard, ce PCO standard étant celui correspondant à la composition standard du combustible autour de laquelle la composition réelle est susceptible de fluctuer.

Selon une deuxième variante principale du procédé selon l'invention, lorsque ledit combustible est un mélange réglable en proportions de plusieurs combustibles contenant des taux d'impuretés soufrées différents, ladite grandeur mesurée est la teneur en oxydes de soufre des fumées et on agit sur le réglage de l'alimentation du brûleur en modifiant les proportions de mélange desdits combustibles pour maintenir ladite teneur en oxydes de soufre au voisinage de ladite valeur de référence prédéterminée.

Le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, dénommé par la suite "correctomètre", comprend, conformément à l'invention :

- * d'une part, un mini-four constitué par au moins :
 - un tunnel de combustion de longueur suffisante pour que la combustion complète d'un combustible séparée à l'une de ses extrémités soit achevée à son autre extrémité,
 - un brûleur, monté à l'une des extrémités du tunnel et dimensionné pour développer une puissance calorifique d'au moins 100 th/h, et
 - des moyens de réglage de l'alimentation dudit brûleur ;
- * d'autre part, à l'autre extrémité du tunnel laissée ouverte pour permettre l'évacuation des fumées de combustion, des moyens pour mesurer une grandeur représentative de la teneur de l'un au moins des composants desdites fumées, et une unité de calcul recevant en entrée ladite mesure et déterminant, sous la forme d'un signal disponible à sa sortie, une consigne

de réglage de l'alimentation dudit brûleur.

Selon une première variante du dispositif selon l'invention, les moyens de réglage permettent de contrôler le débit de combustible et le débit d'air comburant et l'unité de calcul évalue les propriétés thermiques instantanées réelles du combustible.

Selon une deuxième variante du dispositif selon l'invention, les moyens de réglage permettent de contrôler les proportions du mélange des combustibles et les moyens de mesure de ladite grandeur représentative sont une sonde de mesure de la teneur en oxydes de soufre dans les fumées.

Ainsi l'invention prévoit d'alimenter le brûleur du correctomètre disposé à l'extrémité du tunnel de combustion en air et en combustible régulés à débits contrôlés, et de corrélérer de manière simple la grandeur mesurée au réglage en temps réel de l'alimentation des brûleurs du four de réchauffage. En d'autres termes, on mesure les variations instantanées d'une propriété du combustible, comme son PCO ou sa teneur en impuretés, provoquées par les fluctuations de sa composition, pour déterminer, et appliquer de manière instantanée, les corrections à apporter à l'alimentation des brûleur.

Selon la première variante de l'invention, la correction est appliquée au débit d'entrée d'air comburant dans le ou les brûleurs du four, pour permettre de maintenir constante la puissance délivrée par ce brûleur, malgré les aléas du PCO du combustible qui l'alimente.

Selon la deuxième variante principale de l'invention, lorsque le combustible est un mélange réglable, la correction est appliquée au mélange de combustibles, pour permettre de maintenir au voisinage d'une valeur de référence prédéterminée la teneur en impuretés soufrées de l'atmosphère du four métallurgique.

L'invention résout le problème posé au moyen d'un système simple, économique et robuste, peu sensible à l'environnement, ne nécessitant qu'un entretien réduit et d'un coût de fonctionnement très faible. Il importe toutefois, et ce pour des raisons non encore parfaitement élucidées, que le brûleur utilisé soit apte à développer une puissance d'au moins 100 th/h, sinon la grandeur mesurée ne peut pas être correctement évaluée dans les fumées et l'invention produit des résultats non exploitables industriellement.

L'invention sera bien comprise au vu de la description qui suit donnée en référence aux dessins annexés qui en illustrent un premier mode de réalisation à titre d'exemple non limitatif, et sur lesquels :

- la Figure 1 est un bloc diagramme schématique illustrant le procédé conforme à l'invention de réglage en temps réel des brûleurs d'un four de réchauffage industriel ;
- la Figure 2 est une vue en coupe longitudinale axiale et élévation partielle d'une forme de réalisation de correctomètre de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

L'installation représentée schématiquement à la figure 1 comprend un four métallurgique M de réchauffage de demi-produits sidérurgiques, par exemple des brames en acier, équipé, de manière connue, d'un ou de plusieurs brûleurs 1, alimentés en gaz combustible (g) à partir d'une source de combustible gazeux 2 par l'intermédiaire d'une commande 3 de débit de gaz pilotée par une consigne Co donnée par le chauffeur du four de réchauffage M. L'entrée d'air comburant (a) dans le brûleur 1 est pilotée par une commande de débit 4 reliée à l'atmosphère par une prise extérieure F5. Le débit d'air (a) est ajusté en permanence au débit de gaz (g) à l'aide d'un signal de consigne C1 qu'envoie la commande de gaz 3 à la commande d'air 4. Ceci permet de régler la puissance de chauffe des brûleurs tout en assurant que les conditions de combustion complète sont respectées.

Comme on le voit, le "correctomètre" 5 selon l'invention prend sa place dans cet ensemble entre la source de gaz 2 et la commande 4 de débit d'air.

Ce correctomètre 5 est constitué essentiellement par un four-comburimètre 6 et une unité de calcul 10. Le comburimètre 6 comprend, comme on le verra plus en détail par la suite, un mini-brûleur 7 de puissance nominale d'au moins 100 th/h et débouchant dans une chambre de combustion 8 en forme de tunnel, pourvue à son autre extrémité du capteur d'un analyseur à sonde 9. Le brûleur (de préférence à haute impulsion pour favoriser l'obtention de fumées homogènes) reçoit sur une entrée un débit massique de gaz combustible F2 constant et parfaitement contrôlé, provenant de la source 2 et, sur son autre entrée, un flux correspondant d'air comburant extérieur F1 également sous un débit massique constant et parfaitement connu, mais en excès par rapport aux besoins d'une combustion stoechiométrique du débit de gaz F2.

Le tunnel de combustion 8 est ouvert à son extrémité opposée à celle du brûleur 7 pour permettre une évacuation à l'atmosphère F3 (ou bien dans le four de réchauffage M lui-même) des produits de combustion. Ces derniers sont analysés avant évacuation par la sonde 9 qui détermine la teneur en oxygène libre. La mesure par la sonde 9 de l'O₂ résiduel dans les produits de combustion reflète, comme on va le voir, l'écart à la stoechiométrie. La valeur de cette mesure sert au calculateur 10 pour déterminer une caractéristique thermique du gaz, pris dans son état réel, comme son PCO instantané, et élaborer un signal C2, ici sous forme d'un coefficient de correction à appliquer à la consigne du débit d'air (a) de la commande 4, qui elle est calée sur la valeur du PCO standard du gaz à brûler.

Les étapes successives du procédé visé par l'invention, au moyen du dispositif correctomètre 5 en temps réel des brûleurs équipant le four 1, s'enchaînent de la manière suivante :

A) on prélève sur le courant eux issu de la source

2 un débit massique de gaz donné et constant (flèche F2);

B) on brûle ce débit de gaz F2 avec un débit massique d'air F1 donné et constant en excès, afin d'assurer la combustion complète du gaz. Cette combustion est réalisée dans le four 6 par le brûleur 7. On rappelle un point important les alimentations en gaz combustible et en air comburant sont régulées à des débits constants et parfaitement connus ;

C) on mesure, dans les fumées de combustion complète à l'extrémité ouverte de la chambre de combustion 8, par un capteur approprié 9, une grandeur représentative de l'écart à la stoechiométrie, à savoir dans l'exemple décrit, la teneur en O₂ résiduel.

D) à partir de cette grandeur mesurée, on détermine dans le calculateur 10 la valeur du PCO réel instantané du gaz, on déduit le rapport PCO réel/PCO standard, ce dernier correspondant à la composition standard du gaz combustible autour de laquelle sa composition réelle est susceptible de fluctuer et ce rapport définissant un coefficient de correction C2 ;

E) et on utilise ce coefficient de correction C2 pour déterminer la consigne de régulation du dispositif de commande 4 du débit d'entrée d'air de combustion dans le brûleur du four industriel M.

La grandeur représentative de l'écart à la stoechiométrie peut être autre que la teneur résiduelle en oxygène dans les fumées après combustion complète, ces mesures étant exécutées par des sondes connues en soi et qui ne nécessitent pas de description plus détaillée pour être comprises et mises en oeuvre par l'Homme du Métier.

Les variations de la composition du gaz, en particulier de sa teneur en hydrogène, entraînent comme on l'a dit des fluctuations corrélatives et immédiates de la grandeur représentative de l'écart à la stoechiométrie correspondant à ces variations lors d'une combustion avec excès d'air. En détectant en temps réel les fluctuations de cette grandeur représentative, on peut en déduire, connaissant les débits d'air comburant et de gaz combustible dans le comburimètre, les fluctuations de la composition du gaz combustible. Au moyen d'un calcul simple donnant sa valeur de PCO instantanée, on peut par conséquent ajuster en temps réel la valeur de consigne de la commande 4 du débit d'entrée d'air comburant dans les brûleurs du four de réchauffage, afin de maintenir dans ce dernier les conditions d'une combustion souhaitée stoechiométrique, ou autre.

Le PCO réel instantané (ou le coefficient de correction corrélatif dont on se sert pour agir sur la consigne de la commande 4) peuvent être déterminés soit par le calcul, soit par lecture d'abaques préétablies avec les mêmes débits relatifs d'air et de gaz pour différentes valeurs de la grandeur représentative

ve.

En résumé, les brûleurs du four de réchauffage sont réglés pour un PCO standard donné du gaz à brûler. Le débit d'air comburant est ajusté à ce PCO standard pour assurer une combustion souhaitée, même quand on fait varier le débit de gaz combustible, par exemple pour modifier la température du four en intervenant sur la puissance calorifique délivrée par les brûleurs. Il faut donc, pour maintenir la qualité voulue de la combustion que le débit d'air comburant (a) suive instantanément les modifications éventuelles que l'on impose par la consigne Co à la commande 3 du débit de gaz à brûler (g). Le correctomètre 5, selon l'invention, intervient lui au 2e niveau, plus fin, pour corriger les effets des fluctuations de la composition du gaz qui modifient ses propriétés thermiques, par exemple son PCO réel sans qu'on s'en rende compte immédiatement.

La Figure 2 représente un mode de réalisation du four-comburimètre 6 selon l'invention.

Ce dispositif comporte la chambre-tunnel de combustion 8, d'une longueur suffisante pour que la combustion du gaz, initiée à une extrémité, soit achevée à l'extrémité opposée, et le mini-brûleur 7 prévu à une extrémité du tunnel 8. Un embout 11 d'entrée d'air comburant en excès dans le brûleur 7 et une tubulure 12 d'entrée de gaz combustible débouchent dans la chambre de mélange 13. Des dispositifs non représentés permettent le réglage du débit massique de gaz à une valeur prédéterminée constante ainsi que le débit d'air comburant.

Le tunnel 8 est thermiquement isolé au moyen de deux couches superposées 14 et 15 d'isolant intercalées entre la paroi de la chambre de combustion 8 et l'enveloppe extérieure 16 du comburimètre 6. Au voisinage de l'ouverture de sortie 17 du tunnel 8, un analyseur à sonde 9 de mesure de la teneur résiduelle en oxygène des fumées de combustion traverse l'enveloppe 16 et les deux couches d'isolant 14, 15.

La chambre de combustion 8 a en pratique une longueur d'un mètre environ, pas beaucoup plus, mais en tous cas suffisante pour assurer que la combustion soit achevée au niveau de la sonde 9, laquelle est par exemple, une sonde au zirconium de type connu.

Comme déjà indiqué, les caractéristiques du gaz (pouvoir calorifique, pouvoir comburivore, densité) sont susceptibles de fluctuer autour de celles du gaz pris dans son état standard.

Or, les régulations de débit (Q) de gaz combustible fonctionnent sur des mesures de pression (ΔP) données par les organes déprimogènes habituels (venturi-diaphragme) à partir des relations classiques liant le débit au DP pour une densité ρ donnée du gaz : du type $Q = k \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$

Mais, on ne connaît en fait que la densité P du gaz à l'état standard. Ceci signifie que pour un débit de

gaz standard constant (c'est-à-dire ΔP constant), c'est en fait un débit de gaz (g) variable, dans une composition donc variable autour de l'état standard, qui est réellement brûlé dans le brûleur 1, et ce avec un débit d'air constant. La mise en oeuvre de l'invention corrige la situation en permettant par le calcul d'ajuster en permanence le débit d'air (a) aux besoins de la combustion souhaitée du débit réel fluctuant (g) du gaz à brûler.

Cet ajustement s'opère avantageusement par le calcul d'un coefficient de correction C2 permettant de calculer la commande 4 de débit d'air, avec $C2 = \frac{\text{PCO réel}}{\text{PCO standard}}$ par exemple.

L'invention peut être également comprise au vu de la description qui suit concernant un deuxième mode de réalisation donné à titre d'exemple non limitatif.

L'installation est identique à celle précédemment décrite à la différence près que la source de combustible gazeux 2 est un mélangeur réglable alimenté par plusieurs combustibles gazeux co-produits dans différents réacteurs d'une usine sidérurgique.

Les combustibles gazeux contiennent des taux différents d'impuretés soufrées fonctions du type de réacteur d'où ils proviennent.

La valeur du taux de soufre de chaque combustible gazeux est connue en moyenne, par des moyens d'analyse connus en eux-mêmes.

Le "correctomètre" 5 selon l'invention est comme précédemment alimenté par la source 2 qui est un mélangeur réglable et envoie une consigne de réglage audit mélangeur.

Le "correctomètre" 5 est identique au correctomètre précédemment décrit, à la différence près que la sonde 9 mesure la teneur en oxydes de soufre des gaz de combustion du brûleur 7. La valeur de cette mesure sert au calculateur 10 pour déterminer la consigne à envoyer au mélangeur de combustibles gazeux, pour maintenir au voisinage d'une valeur de référence prédéterminée ladite teneur en oxydes de soufre. Le calculateur 10 évalue ladite consigne en fonction, notamment, des taux moyens connus de soufre de chaque combustible gazeux.

Les étapes successives du procédé visé par le deuxième mode de réalisation de l'invention, s'enchaînent comme précédemment pour les étapes A et B puis de la façon suivante :

C') on mesure, dans les fumées de combustion complète, par le capteur 9, la teneur en oxydes de soufre,

D') à partir de cette mesure, à l'aide du calculateur 10, on calcule et on envoie au mélangeur de gaz combustible une consigne de mélange apte à maintenir au voisinage d'une valeur de référence prédéterminée la teneur en oxydes de soufre dans les fumées de combustion.

L'avantage du procédé selon l'invention est que

le résultat de la mesure ne dépend pas d'interactions éventuelles en différentes zones de combustion de l'installation, ne dépend pas d'entrées d'air inopinées dans l'installation, d'émissions ou d'absorptions possibles par les produits sidérurgiques placés dans le four.

Ainsi globalement, l'invention permet non seulement d'optimiser la marche des brûleurs 1 du four, mais aussi de maîtriser l'atmosphère du four, ce qui présente un avantage déterminant. En effet, de même que le caractère soufré de cette atmosphère, le caractère plus ou moins oxydant a une influence décisive sur la qualité des produits laminés. Si la marche du brûleur n'est pas suffisamment contrôlée, une baisse par exemple de la teneur en hydrogène dans le mélange gazeux combustible va entraîner une augmentation de l'excès d'air dans les fumées de combustion, donc dans l'atmosphère du four. Cet excès d'air comburant, non seulement va modifier la température du chauffage, mais surtout, par l'augmentation corrélative de la teneur en O_2 de l'atmosphère du four, a une influence néfaste sur la qualité métallurgique des produits obtenus après laminage, loin en aval.

De même une atmosphère trop réductrice risque d'entraîner une reprise d'hydrogène dans les produits à chauffer.

Ainsi, le procédé et le dispositif selon l'invention présentent l'avantage essentiel de permettre en temps réel de modifier la consigne de régulation d'alimentation des brûleurs du four, ce qui n'était pas possible avec les techniques antérieures rappelées au début. On contrôle donc en instantané la composition de l'atmosphère du four.

L'invention permet également un comptage très précis des thermies utilisées par les brûleurs 1 quelles que soient les variations des caractéristiques du combustible utilisé.

Outre les avantages substantiels déjà indiqués, le procédé et le dispositif selon l'invention permettent d'effectuer des mesures (notamment teneur en oxygène et soufre, débit, pression, etc...) de manière très accessible, en des endroits éloignés de l'enceinte de chauffage et par des appareils aisément démontables pour les entretiens éventuels.

Revendications

1) Procédé de réglage en temps réel d'un brûleur, pour four métallurgique notamment, alimenté avec un courant réglable de combustible de caractéristiques variables autour d'un état standard, et avec un débit réglable d'air comburant (a), caractérisé en ce que, au cours de la marche du brûleur (1) :

- on prélève sur le courant combustible (2) un débit donné (F2) dont la combustion développe une flamme de puissance d'au moins 100 ther-

mies/h,

- on brûle ce débit de combustible avec un débit d'air donné en excès (F1), assurant la combustion complète du combustible,
- on mesure, dans les fumées de combustion, la valeur d'une grandeur représentative de la teneur de l'un au moins des composants choisis parmi l'oxygène résiduel et le soufre,
- on compare cette valeur à une valeur de référence prédéterminée représentative de l'état de marche voulu du brûleur,
- et si l'écart est supérieur à un seuil prédéterminé, on agit sur le réglage de l'alimentation du brûleur de manière à réduire cet écart.

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite grandeur mesurée reflète l'écart à la stoechiométrie, en ce qu'on détermine, à partir de cette grandeur mesurée, la valeur d'une propriété thermique exprimant les caractéristiques réelles instantanées du combustible, et on applique à la régulation (4) du débit d'entrée d'air comburant (a) d'alimentation du brûleur une valeur de consigne représentative de ladite valeur.

3) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la grandeur représentative de l'écart à la stoechiométrie est la teneur résiduelle en oxygène dans les fumées après combustion.

4) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la propriété thermique du combustible, exprimant ses caractéristiques instantanées réelles est son Pouvoir comburivore (PCO).

5) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la grandeur appliquée à la régulation (4) du débit d'air comburant (a) est un facteur de correction C2 défini comme le rapport PCO réel instantané/PCO standard, cette valeur PCO standard étant celle du PCO du combustible pris dans son état standard.

6) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit combustible étant un mélange réglable en proportion variable de plusieurs combustibles contenant des taux d'impuretés soufrées différents, ladite grandeur mesurée est la teneur en oxydes de soufre des fumées, et en ce que, en fonction de ladite grandeur mesurée, on agit sur le réglage de l'alimentation du brûleur en modifiant les proportions de mélange desdits combustibles, pour maintenir la teneur en oxydes de soufre à un niveau prédéterminé.

7) Dispositif (5) pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend :

- * d'une part, un mini-four constitué par au moins :
 - un tunnel de combustion de longueur suffisante pour que la combustion complète d'un combustible séparée à l'une de ses extrémités soit achevée à son autre extrémité,
 - un brûleur, monté à l'une des extrémités du

tunnel et dimensionné pour développer une puissance calorifique d'au moins 100 th/h,
- des moyens de réglage de l'alimentation dudit brûleur ;

- * d'autre part, à l'autre extrémité du tunnel laissée ouverte pour permettre l'évacuation des fumées de combustion, des moyens pour mesurer une grandeur représentative de la teneur de l'un au moins des composants desdites fumées, et une unité de calcul recevant en entrée ladite mesure en déterminant, sous la forme d'un signal disponible à sa sortie, une consigne de réglage de l'alimentation dudit brûleur.

8) Dispositif (5) selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de réglage permettent de contrôler le débit de combustible et le débit d'air comburant (a) et en ce que l'unité de calcul évalue les propriétés thermiques instantanées réelles du combustible.

9) Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de mesure de ladite grandeur représentative sont une sonde (9) de mesure de la teneur en oxygène résiduel dans les fumées.

10) Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de réglage règlent les proportions du mélange des combustibles et en ce que les moyens de mesure de ladite grandeur représentative sont une sonde de mesure de la teneur en oxydes de soufre dans les fumées.

30

35

40

45

50

55

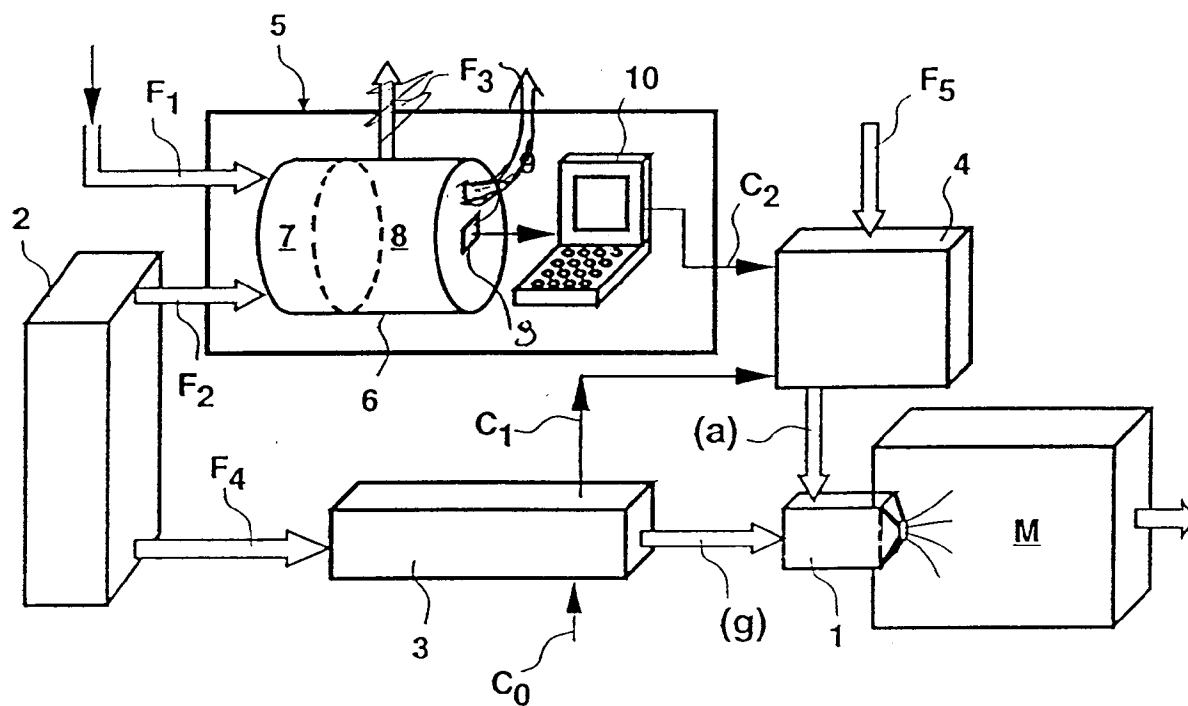


FIG. 1

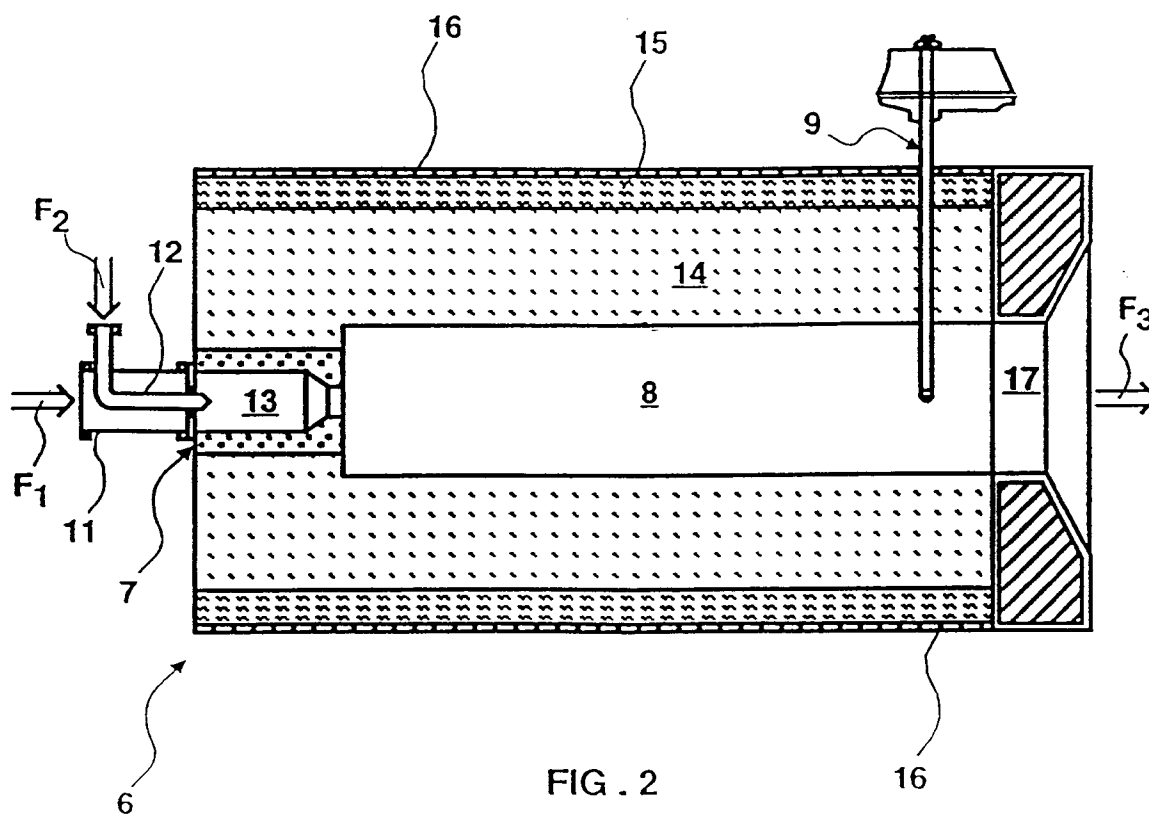


FIG. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 47 0038

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	GB-A-2 036 290 (HAMWORTHY ENGINEERING) * le document en entier * ---	1, 3	F23N5/00
A	MESURES REGULATION AUTOMATISME, vol.47, no.8/9, Août 1982, PARIS FR pages 65 - 69 'VOUS AVEZ DIT COMBURIMÈTRE' * le document en entier * ---	1, 3-5	
A	EP-A-0 088 717 (ARBED) * abrégé; figures * ---	1	
A	DE-C-40 07 635 (VEREINIGTE KESSELWERKE) * abrégé; figures * ---	1, 6	
A	DE-A-33 37 476 (WOELK) * le document en entier * ---	1	
A	EP-A-0 055 852 (HITACHI) * abrégé; figures * ---	1	
A	GB-A-1 565 310 (BATTELLE DEVELOPMENT CORPORATION) * revendications; figures * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	US-A-2 829 954 (DAILEY) * le document en entier * ---	1	F23N G01N F27D
A	EP-A-0 156 200 (RUHRGAS) * le document en entier * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 7 Mars 1995	Examineur Kooijman, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)