

(19)



(11)

EP 2 507 551 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
03.05.2017 Bulletin 2017/18

(51) Int Cl.:
F23C 6/02 (2006.01) F23N 1/00 (2006.01)
F23N 3/00 (2006.01) F23N 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10790878.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/IB2010/055454

(22) Date de dépôt: **26.11.2010**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/064752 (03.06.2011 Gazette 2011/22)

(54) **PROCEDE DE CORRECTION DES REGLAGES DE COMBUSTION D'UN ENSEMBLE DE CHAMBRES DE COMBUSTION DE TUBES RADIANTS ET INSTALLATION METTANT EN OEUVRE LE PROCEDE**

VERFAHREN ZUR KORREKTUR DER VERBRENNUNGSEINSTELLUNGEN EINES STRAHLUNGSROHR-BRENNKAMMERNSATZES UND VORRICHTUNG ZUR UMSETZUNG DES VERFAHRENS

METHOD FOR CORRECTING THE COMBUSTION SETTINGS OF A SET OF RADIANT TUBE COMBUSTION CHAMBERS AND APPARATUS IMPLEMENTING THE METHOD

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(72) Inventeur: **GIRAUD, Patrick**
94700 Maisons Alfort (FR)

(30) Priorité: **30.11.2009 FR 0905752**

(74) Mandataire: **Cabinet Armengaud Aîné**
16, rue Gaillon
75002 Paris (FR)

(43) Date de publication de la demande:
10.10.2012 Bulletin 2012/41

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 661 499 DE-A1- 19 835 790
GB-A- 2 057 116 JP-A- 56 056 527
JP-A- 57 134 620 JP-A- 60 259 823
US-B1- 6 371 752

(73) Titulaire: **Fives Stein**
94700 Maisons Alfort (FR)

EP 2 507 551 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé de réglage des dispositifs d'alimentation d'un ensemble d'enceintes thermiques de combustion alimenté avec un comburant et un combustible dont les propriétés sont variables. La présente invention est aussi relative à une installation pour la mise en oeuvre d'un tel procédé. Elle permet de prendre en compte les fluctuations éventuelles de ces propriétés de sorte de maintenir la qualité de combustion visée.

De nombreux équipements de chauffage industriels sont constitués d'un ensemble de chambres de combustion séparées alimentées par un dispositif commun d'alimentation en comburant et en combustible. Par exemple en sidérurgie, c'est le cas des fours des lignes continues de traitement de bandes métalliques, équipées de tubes radiants.

Dans de nombreux cas, les comburants ou les combustibles utilisés ont des propriétés variables dans le temps. Par exemple, lors de l'utilisation d'air enrichi ou d'air appauvri, ou bien lors de l'utilisation de combustibles coproduits sur le site comme le gaz de cokerie, le gaz d'aciérie, un mélange de gaz ou encore des combustibles alternatifs comme le bio gaz ou un gaz de générateur.

Il existe de nombreux procédés de correction de la régulation d'un four selon les propriétés du combustible. Ces procédés permettent de corriger la fluctuation d'un des paramètres principaux du combustible, par exemple le pouvoir calorifique PCI, le pouvoir comburivore, l'indice de comburité ou l'indice de Wobbe.

[0002] Ces procédés ne permettent pas de prendre parfaitement en compte les propriétés du combustible et du comburant car, dans la plupart des cas, l'échantillonnage modifie les propriétés du combustible et du comburant. Ces procédés ont également l'inconvénient d'avoir un temps de réponse relativement long et nécessitent de mettre en place des appareils de mesure dans des lieux protégés.

Un procédé particulier est proposé par FR2712961. Selon ce procédé, on effectue le réglage d'un brûleur en prélevant un débit donné de combustible, on brûle ce combustible dans une enceinte dédiée avec un débit d'air tel qu'il conduise à une combustion en excès d'air, et on mesure dans les fumées de combustion complète du combustible une grandeur reflétant l'écart à la stoechiométrie. Cette grandeur sert ensuite à déterminer la valeur représentative du coefficient de régulation du débit d'air comburant du brûleur. Ce dispositif comburimètre est constitué d'un tunnel de combustion, d'un brûleur et de moyens de mesure appropriés.

Ce système présente l'inconvénient de mettre en oeuvre un mini four construit spécialement dans lequel on vient brûler un mélange air/combustible à des proportions réglées pour avoir un excès d'air. Ce mini four consomme du combustible et doit fonctionner en excès d'air. La combustion est réalisée dans ce mini four sur un point de fonctionnement qui peut être éloigné de celui de l'instal-

lation à réguler, par exemple au niveau de la puissance du brûleur, du rapport air/gaz, de la température du four, et du confinement de la flamme. L'exploitation des résultats nécessite ainsi d'utiliser des formules de correction mathématiques.

Ce système présente également l'inconvénient d'être dédié exclusivement à la prise en compte des variations de propriétés du combustible. Il ne prend pas en compte les variations de propriétés du comburant ni des paramètres de combustion propres à l'installation contrôlée, à savoir le taux d'imbrûlés ou bien le taux d'émission d'oxydes d'azote NOx.

L'invention a pour but, surtout, d'améliorer le réglage de la combustion d'un ensemble d'enceintes de combustion participant à un processus de fabrication ; en particulier, l'invention vise à améliorer le réglage d'un ensemble de tubes radiants d'une ligne de traitement en continu de bandes métalliques.

[0003] Ces enceintes de combustion sont de même nature. La puissance de chacune d'entre elles peut être variable mais les technologies mises en oeuvre sont similaires. Les différences éventuelles entre ces enceintes de combustion n'ont pas d'influence sur les paramètres de combustion que l'on veut contrôler.

Afin d'assurer le réglage de la combustion de l'ensemble des tubes radiants, on utilise l'un de ces tubes installé dans le laboratoire du four comme tube de référence. Celui-ci participe au chauffage de la bande comme l'ensemble des autres tubes. Ce tube radiant est d'une construction similaire à celle des autres tubes et est sollicité d'une manière représentative du fonctionnement des autres tubes qui participent au chauffage.

Les produits de combustion en sortie du tube radiant se sont refroidis en participant au processus de chauffage du four. En sortie de ce tube de référence, on installe un appareil de mesure qui renseigne sur l'état des produits de combustion après le tube. Il s'agit généralement d'un analyseur de gaz permettant en particulier de connaître par exemple l'excès d'air et/ou les imbrûlés.

[0004] Ainsi, l'invention consiste en un procédé de réglage en temps réel et en continu d'un ensemble d'enceintes thermiques de combustion, constituées de tubes radiants, ayant des caractéristiques voisines alimentées par les mêmes réseaux de comburant et de combustible, dans lequel procédé :

- une des enceintes est utilisée comme enceinte de référence,
- des paramètres de combustion sont mesurés dans les fumées à la sortie de l'enceinte de référence,
- les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes sont ajustés en fonction des paramètres de combustion mesurés à la sortie de l'enceinte de référence, en particulier en fonction de la proportion entre le comburant et le combustible et/ou la composition du comburant et/ou du combustible.

Les paramètres de combustion mesurés dans les fumées

à la sortie de l'enceinte de référence peuvent être constitués par au moins la concentration en oxygène, et/ou la concentration en dioxyde de carbone, et/ou la concentration en hydrogène, et/ou la concentration en oxydes d'azotes et/ou le taux d'imbrûlés.

L'excès d'air peut être déterminé selon la concentration en oxygène ou en dioxyde de carbone dans les fumées en sortie de l'enceinte de référence. Le défaut d'air peut être déterminé par la concentration en monoxyde de carbone, ou en hydrogène, ou en imbrûlés, dans les fumées en sortie de l'enceinte de référence.

[0005] Avantagusement, on ajuste les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes de sorte d'obtenir l'excès d'air et/ou le taux d'imbrûlés visés. On peut ajuster les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes de sorte d'obtenir le défaut d'air, et/ou le taux d'imbrûlés visés.

[0006] La concentration en oxydes d'azote peut être régulée en ajustant la composition du comburant et/ou du combustible, en particulier par dilution avec des produits de combustion.

[0007] Les enceintes thermiques sont constituées de tubes radiants alimentés avec des proportions de gaz différentes de celles du tube de référence.

[0008] L'invention est également relative à une installation pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que défini précédemment, comportant un ensemble d'enceintes thermiques de combustion, constituées de tubes radiants, ayant des caractéristiques voisines, alimentées par les mêmes réseaux de comburant et de combustible, dans laquelle installation :

- une des enceintes est utilisée comme enceinte de référence,
- des moyens de mesure de paramètres de combustion sont installés sur la sortie de l'enceinte de référence pour mesurer ces paramètres de combustion dans les fumées à la sortie,
- des moyens de réglage sont prévus pour ajuster les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes en fonction des mesures effectuées à la sortie de l'enceinte de référence, en particulier en fonction de la proportion entre le comburant et le combustible et/ou la composition du comburant et/ou du combustible.

[0009] Les enceintes thermiques sont constituées de tubes radiants, et un tube de référence peut être alimenté d'une manière commune avec les autres tubes, les organes de régulation étant placés sur des circuits d'alimentation communs à l'ensemble des tubes.

Selon une autre possibilité, les tubes radiants sont alimentés d'une manière distincte du tube de référence et disposent d'organes de régulation différents de ceux du tube de référence, sur des circuits d'alimentation différents, les organes de régulation des tubes étant pilotés de sorte que ces tubes soient alimentés avec les mêmes proportions de gaz que le tube de référence. Selon une

autre possibilité, les organes de régulation des tubes radiants peuvent être pilotés de sorte que ces tubes soient alimentés avec des proportions de gaz différentes de celles du tube de référence, en particulier avec un excès d'air différent.

[0010] Par rapport aux équipements utilisés suivant l'état de la technique, selon l'invention on utilise comme enceinte de combustion un équipement standard similaire aux autres, qui participe au procédé et dont le réglage est parfaitement représentatif du fonctionnement de l'ensemble des équipements. Il permet, en particulier, de maîtriser des paramètres qui dépendent du mode de fonctionnement de l'ensemble de l'installation.

Généralement, le paramètre maître est l'excès d'air mesuré par la concentration en oxygène. Toutefois, on peut être conduit à contrôler d'autres paramètres, par exemple, les imbrûlés quand le four est froid, ou bien les émissions de NOx qui peuvent être régulées, par exemple selon les variations de propriétés du comburant et/ou du combustible.

Le procédé selon l'invention permet également de réguler des équipements fonctionnant en manque d'air. Dans ce cas, le paramètre contrôlé peut être un composé représentant l'un des gaz représentatif de ce mode de combustion, présent en grande proportion dans les fumées. Il peut s'agir par exemple du monoxyde de carbone CO.

[0011] Le tube de référence est alimenté par des circuits d'alimentation en comburant et combustible équipés d'organes de régulation permettant d'ajuster leur proportion. Il peut également être alimenté par des circuits supplémentaires, par exemple de fumées de combustion ou d'oxygène.

[0012] Les analyses effectuées sur les produits de combustion en sortie du tube de référence sont prises en compte pour piloter les organes de régulation des circuits d'alimentation de sorte d'atteindre la qualité de combustion visée.

Lorsque le tube de référence est alimenté d'une manière commune avec les autres tubes, c'est-à-dire lorsque les organes de régulation sont placés sur des circuits d'alimentation communs à l'ensemble des tubes, dont le tube de référence, les autres tubes bénéficient de ce même réglage.

Lorsque des tubes radiants sont alimentés d'une manière distincte du tube de référence, c'est-à-dire qu'ils disposent d'organes de régulation sur des circuits d'alimentation différents, ces organes de régulation sont pilotés de sorte que ces tubes soient alimentés avec les mêmes proportions de gaz que le tube de référence, ou avec une proportion différente.

Si les deux ensembles de tubes radiants sont conçus pour avoir des paramètres régulés identiques, par exemple une pression d'alimentation identique, pour une puissance de fonctionnement différente tout en conservant la même proportion de gaz, les paramètres régulés du tube de référence sont reproduits pour les organes des circuits d'alimentation du second ensemble de tubes.

[0013] Si les deux ensembles de tubes radiants sont

conçus pour avoir des paramètres régulés différents, par exemple une pression d'alimentation différente, tout en conservant la même proportion de gaz, les paramètres régulés du tube de référence sont corrigés pour les organes des circuits d'alimentation du second ensemble de tubes. Cette correction dépend de la loi physique de la valeur mesurée, par exemple la variation du débit en fonction de la variation au carré de la pression différentielle.

Selon l'invention, lorsque des tubes radiants sont alimentés d'une manière distincte du tube de référence, leurs organes de régulation peuvent être pilotés de sorte que ces tubes soient alimentés avec des proportions de gaz différentes de celles du tube de référence, par exemple avec un excès d'air différent.

La régulation de la demande calorifique du tube de référence peut être réalisée en modulation de débit ou en modulation de durée. Elle peut être associée à celle d'autres tubes radiants ou elle peut être distincte.

L'invention consiste, mises à part les dispositions exposées ci-dessus, en un certain nombre d'autres dispositions dont il sera plus explicitement question ci-après à propos d'exemples de réalisation, décrits avec référence aux dessins annexés, mais qui ne sont nullement limitatifs. Sur ces dessins :

- Fig. 1 est une vue schématique d'une ligne de traitement en continu de bandes métalliques,
- Fig. 2 est une vue schématique d'un tube radiant,
- Fig. 3 représente un exemple d'alimentation d'une paire de tubes radiants, et
- Fig. 4 est un second exemple d'alimentation d'un ensemble de tubes radiants.

[0014] En se reportant à la Fig. 1 des dessins, on peut voir, schématiquement représenté, un four 1 équipé de tubes radiants 2 assurant le chauffage d'une bande métallique 3, en défilement sur des rouleaux non représentés. Le chauffage est réalisé sous une atmosphère protectrice généralement composée d'un mélange d'azote et d'hydrogène. Dans chaque tube radiant, la combustion est assurée dans une enceinte de combustion confinée, séparée du laboratoire du four par le tube. On a alors un chauffage indirect.

[0015] En se reportant à la Fig. 2 des dessins, on peut voir, schématiquement représenté, un tube radiant 2 en forme de U. Les tubes radiants peuvent avoir d'autres formes, par exemple en I, en P, en double P ou en W. Un brûleur 4 est situé à une extrémité du tube 2. La flamme 5 se propage dans le tube et libère son énergie vers les parois du tube qui chauffe le laboratoire et la bande. Au fur et à mesure de leur cheminement dans le tube, les fumées s'épuisent thermiquement sur les parois du tube. A l'extrémité du tube opposée au brûleur est généralement implanté un récupérateur de chaleur, non représenté, permettant de préchauffer l'air de combustion. A la sortie du tube, les fumées en parties épuisées sont évacuées vers un collecteur 6, raccordé à une cheminée.

Un analyseur 7, implanté après la sortie du tube, permet l'analyse des produits de combustion.

[0016] En se reportant à la Fig. 3 des dessins, on peut voir, schématiquement représenté, un exemple de réalisation du circuit d'alimentation en comburant et en combustible d'un ensemble de tubes radiants en U, dont un tube de référence 2r. Les brûleurs 4 sont alimentés par un système d'alimentation en comburant 8, avec vanne de réglage FCVc, et un système d'alimentation en combustible 9, avec vanne de réglage FCVf. Le réglage automatique des vannes peut être assuré par un automate (non représenté) qui reçoit en entrée les informations sur les paramètres de combustion mesurés par l'analyseur 7 en sortie du tube de référence 2r. L'automate fournit, sur des sorties reliées aux commandes des vannes, des instructions de réglage déterminées en fonction des données d'entrée.

[0017] Dans cet exemple de réalisation, la zone du four est équipée de tubes radiants 2 dont les brûleurs 4 sont alimentés en parallèle par des réseaux communs de comburant et de combustible. La variation de demande calorifique est gérée par les temps de fonctionnement des brûleurs, c'est-à-dire pour chaque brûleur la proportion de la durée d'ouverture de sa vanne de comburant FCVc et de sa vanne de combustible FCVf pendant un temps donné.

[0018] Chacun des brûleurs a été préalablement réglé lors de la mise en service pour un point de fonctionnement connu au moyen de limiteurs de débits manuels 10. Pour un point de fonctionnement donné, par exemple à 100 % de la puissance, chacun des brûleurs a été préalablement réglé par un dispositif singulier de limitation de débit. Dans ces conditions, pour un fonctionnement général donné de la zone du four, le fonctionnement d'un tube choisi comme tube de référence est l'image globale du fonctionnement de l'ensemble des brûleurs raccordés sur les mêmes systèmes d'alimentation. En modifiant les réglages du système d'alimentation du tube de référence, c'est-à-dire des vannes FCVc et FCVf, pour prendre en compte une évolution des caractéristiques du combustible ou du comburant, on modifie le réglage de l'ensemble des tubes radiants.

[0019] Le réglage des vannes FCVc et FCVf entraîne une variation de la pression du comburant P_c ou de la pression du combustible P_f permettant d'ajuster la proportion des gaz à l'identique pour l'ensemble des tubes.

[0020] Les mesures réalisées par l'analyseur 7 placé en sortie du tube de référence peuvent par exemple se limiter à deux paramètres : la teneur en oxygène, qui représente l'excès de comburant, et la proportion d'imbrûlés dont la quantité peut conduire à des corrections d'excès d'air, en particulier à basse température.

[0021] En se reportant à la Fig. 4 des dessins, on peut voir, schématiquement représenté, un four équipé de tubes radiants en U.

[0022] Sur cette installation, un ensemble de quatre tubes radiants 2 est alimenté par des réseaux comburants 8 et combustibles 9 communs à l'ensemble des

quatre tubes au moyen de vannes de régulation FCVc et FCVf. Sur cette installation, un tube radiant de référence 2i est alimenté séparément avec son propre système d'alimentation en comburant 8i régulé par une vanne FCVci, et en combustible 9i régulé par une vanne FCVfi.

[0023] Selon un exemple préféré de réalisation de l'invention, les transmetteurs utilisés sur le tube de référence 2i et le groupe de tubes 2 à réguler, exploitent les mêmes lois physiques. Par exemple on peut utiliser un transmetteur de pression différentielle pour mesurer un débit.

[0024] Pour un point de fonctionnement donné, par exemple à 100 % de la puissance, chacun des brûleurs, y compris celui du tube de référence, a été préalablement réglé à la mise en service par un dispositif singulier de limitation de débit 10, en particulier à réglage manuel, de sorte d'obtenir la même proportion comburant/combustible sur chaque brûleur. Ce réglage est réalisé dans les mêmes conditions pour l'ensemble des tubes, c'est-à-dire avec une même qualité de comburant et de combustible.

[0025] En mode de régulation, les débits de comburant et de combustible du tube de référence sont ajustés de manière à avoir le taux d'oxygène correct dans les fumées selon les variations des propriétés du combustible et/ou du comburant. L'analyseur 7 permet de régler les vannes FCVci et FCVfi de sorte d'obtenir la qualité de combustion visée dans le tube de référence. Le point de fonctionnement correspondant, mesuré par les pressions Pci et Pfi, définit les consignes Pc et Pf utilisées pour régler les vannes FCVc et FCVf.

[0026] Les réglages du tube de référence 2i étant représentatifs de la combustion désirée sur l'ensemble des tubes, les valeurs mesurées sur son système d'alimentation servent à gouverner la régulation de l'ensemble du groupe de tubes 2.

[0027] Par exemple, la vanne de combustible FCVf sera réglée en fonction de la demande calorifique et la vanne de comburant FCVc sera réglée de telle manière que la valeur Iva du signal de la mesure représentative du débit de comburant sur le groupe à réguler, soit définie selon la relation suivante :

$$Iva/Ivf = K \times Ivai / Ivfi$$

[0028] Dans cette relation, K est une constante, Ivai exprime le signal de la mesure représentative du comburant sur le tube de référence 2i, Ivfi exprime le signal de la mesure représentative du combustible sur le tube de référence 2i, et Ivf exprime le signal de la mesure représentative du combustible sur le groupe de tubes 2 à réguler.

[0029] L'avantage de ce système est qu'il permet de faire facilement des corrections sur la régulation d'un ensemble de chauffage. Le temps de réponse est alors très

faible et les paramètres de réglages sont parfaitement représentatifs de ce que l'on cherche à régler.

[0030] Une extension de cette application est de maîtriser une installation dont la composition du comburant est variable. Cette variation peut être involontaire, par exemple la composition de l'air est dépendante de la teneur en humidité.

[0031] Cette variation peut être volontaire, par exemple en jouant sur le taux d'oxygène du comburant. Ainsi, un enrichissement en oxygène peut être réalisé pour augmenter la production d'un four, diminuer la consommation en combustible ou réduire les émissions de CO₂. Un appauvrissement en oxygène peut être réalisé afin de modifier le transfert thermique, par exemple en allongeant la flamme, ou pour diminuer les émissions de NO_x. Dans cette application, une mesure de NO_x dans les fumées du tube de référence servira à réguler le taux de dilution du comburant.

[0032] L'invention permet d'ajuster des réglages qui peuvent être différents de celui du brûleur de référence. Selon l'invention la flamme se développe dans une enceinte de référence similaire aux autres enceintes, et non à l'air libre.

[0033] La combustion dans une enceinte est fortement influencée par la géométrie de celle-ci. Celle-ci conditionne le confinement de flamme, la nature des écoulements des gaz, la recirculation d'une partie des fumées et la cartographie de températures dans l'enceinte. Tous ces paramètres influent sur la combustion, notamment la température de flamme.

[0034] Les résultats de combustion mesurés en sortie de l'enceinte de référence sont ainsi directement représentatifs de la combustion telle qu'elle se produit dans les autres enceintes.

Revendications

1. Procédé de réglage en temps réel et en continu d'un ensemble d'enceintes thermiques de combustion (2, 2r, 2i), constituées de tubes radiants, ayant des caractéristiques voisines alimentées par les mêmes réseaux de comburant (8) et de combustible (9), dans lequel procédé :

- une des enceintes (2, 2r, 2i) est utilisée comme enceinte de référence,
- des paramètres de combustion sont mesurés (7) dans les fumées à la sortie de l'enceinte de référence,
- les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes sont ajustés en fonction des paramètres de combustion mesurés à la sortie de l'enceinte de référence, en particulier en fonction de la proportion entre le comburant et le combustible et/ou la composition du comburant et/ou du combustible.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les paramètres de combustion mesurés dans les fumées à la sortie de l'enceinte de référence sont constitués par au moins la concentration en oxygène, et/ou la concentration en dioxyde de carbone, et/ou la concentration en monoxyde de carbone, et/ou la concentration en hydrogène, et/ou le taux d'imbrûlés, et/ou la concentration en oxydes d'azotes.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'excès d'air est déterminé selon la concentration en oxygène ou en dioxyde de carbone dans les fumées en sortie de l'enceinte de référence.
4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le défaut d'air est déterminé par la concentration en monoxyde de carbone, ou en hydrogène, ou en imbrûlés, dans les fumées en sortie de l'enceinte de référence.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'on ajuste les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes de sorte d'obtenir l'excès d'air et/ou le taux d'imbrûlés visés.
6. Procédé selon la revendication 4, dans lequel l'on ajuste les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes de sorte d'obtenir le défaut d'air visé.
7. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la concentration en oxydes d'azote est régulée en ajustant la composition du comburant et/ou du combustible, en particulier par dilution avec des produits de combustion.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un des tubes radiants constitue un tube de référence, et que les autres tubes radiants sont alimentés avec des proportions de gaz différentes de celles du tube de référence.
9. Installation pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un ensemble d'enceintes thermiques de combustion (2, 2r, 2i), constituées de tubes radiants, ayant des caractéristiques voisines alimentées par les mêmes réseaux de comburant (8) et de combustible (9), dans laquelle installation :
- une des enceintes (2, 2r, 2i) est utilisée comme enceinte de référence,
 - des moyens de mesure (7) de paramètres de combustion sont installés sur la sortie de l'enceinte de référence pour mesurer ces paramètres de combustion dans les fumées à la sortie,
 - des moyens de réglage (FCVc, FCVf) sont prévus pour ajuster les paramètres de régulation de l'ensemble des enceintes en fonction des

mesures effectuées à la sortie de l'enceinte de référence, en particulier en fonction de la proportion entre le comburant et le combustible et/ou la composition du comburant et/ou du combustible.

10. Installation selon la revendication 9, dans laquelle un tube de référence (2r) est alimenté d'une manière commune avec les autres tubes, les organes de régulation (FCVc, FCVf) étant placés sur des circuits d'alimentation (8,9) communs à l'ensemble des tubes.
11. Installation selon la revendication 9, dans laquelle un des tubes radiants constitue un tube de référence (2i), et les autres tubes radiants sont alimentés d'une manière distincte du tube de référence (2i) et disposent d'organes de régulation (FCVc, FCVf) différents de ceux (FCVci, FCVfi) du tube de référence (2i), sur des circuits d'alimentation différents (8,9, 8i, 9i), les organes de régulation (FCVc, FCVf) des tubes (2) étant pilotés de sorte que ces tubes (2) soient alimentés avec les mêmes proportions de gaz que le tube de référence (2i).
12. Installation selon la revendication 11, dans laquelle les organes de régulation (FCVc, FCVf) des autres tubes radiants (2) sont pilotés de sorte que ces tubes soient alimentés avec des proportions de gaz différentes de celles du tube de référence (2i), en particulier avec un excès d'air différent.

Patentansprüche

1. Verfahren zur in Echtzeit erfolgenden und kontinuierlichen Regelung einer Gruppe von durch Strahlungsrohre gebildeten thermischen Brennkammern (2, 2r, 2i) mit ähnlichen Merkmalen, welche durch dieselben Verbrennungsluft- (8) und Brennstoffnetze (9) gespeist werden, wobei bei dem Verfahren:
- eine der Kammern (2, 2r, 2i) als Referenzkammer verwendet wird,
 - Verbrennungsparameter im Rauch am Auslass der Referenzkammer gemessen (7) werden,
 - die Regelparameter der Kammergruppe in Abhängigkeit von den am Auslass der Referenzkammer gemessenen Verbrennungsparametern eingestellt werden, insbesondere in Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen der Verbrennungsluft und dem Brennstoff und/oder der Zusammensetzung der Verbrennungsluft und/oder des Brennstoffs.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die im Rauch am Auslass der Referenzkammer gemessene

- nen Verbrennungsparameter zumindest die Sauerstoffkonzentration und/oder die Kohlendioxidkonzentration und/oder die Kohlenmonoxidkonzentration und/oder die Wasserstoffkonzentration und/oder den Gehalt an unverbrannten Stoffen und/oder die Stickoxidkonzentration umfassen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei welchem ein Luftüberschuss anhand der Sauerstoff- oder der Kohlendioxidkonzentration im Rauch am Auslass der Referenzkammer bestimmt wird.
 4. Verfahren nach Anspruch 2, bei welchem ein Luftmangel anhand der Konzentration von Kohlenmonoxid oder von Wasserstoff oder von unverbrannten Stoffen am Auslass der Referenzkammer bestimmt wird.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem die Regelparameter der Kammergruppe derart eingestellt werden, dass der angestrebte Luftüberschuss und/oder der angestrebte Gehalt an unverbrannten Stoffen erreicht werden.
 6. Verfahren nach Anspruch 4, bei welchem die Regelparameter der Kammergruppe derart eingestellt werden, dass der angestrebte Luftmangel erreicht wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 2, bei welchem die Stickoxidkonzentration geregelt wird, indem die Zusammensetzung der Verbrennungsluft und/oder des Brennstoffs insbesondere durch Verdünnung mit Verbrennungsprodukten eingestellt wird.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem eines der Strahlungsrohre ein Referenzrohr bildet, und wobei den anderen Strahlungsrohren Gasmengenverhältnisse zugeführt werden, welche von demjenigen des Referenzrohrs verschieden sind.
 9. Anlage zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Gruppe von durch Strahlungsrohre gebildeten thermischen Brennkammern (2, 2r, 2i) mit ähnlichen Merkmalen, welche durch dieselben Verbrennungsluft- (8) und Brennstoffnetze (9) gespeist werden, wobei bei der Anlage:
 - eine der Kammern (2, 2r, 2i) als Referenzkammer verwendet wird,
 - Verbrennungsparametermesseinrichtungen (7) am Auslass der Referenzkammer angebracht sind, um die Verbrennungsparameter im Rauch am Auslass zu messen,
 - Regeleinrichtungen (FCVc, FCVf) vorgesehen sind, um die Regelparameter der Kammergruppe in Abhängigkeit von den am Auslass der Referenzkammer gemessenen Verbrennungsparametern einzustellen, insbesondere in Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen der Verbrennungsluft und dem Brennstoff und/oder der Zusammensetzung der Verbrennungsluft und/oder des Brennstoffs.
 10. Anlage nach Anspruch 9, bei welcher ein Referenzrohr (2r) gemeinsam mit den anderen Rohren gespeist wird, wobei die Regeleinrichtungen (FCVc, FCVf) in den der Rohrgruppe gemeinsamen Zuführkreisläufen (8, 9) angeordnet sind.
 11. Anlage nach Anspruch 9, bei welcher eines der Strahlungsrohre ein Referenzrohr (2i) bildet, und die anderen Strahlungsrohre auf eine von dem Referenzrohr (2i) verschiedene Weise gespeist werden und mit von demjenigen (FCVci, FCVfi) des Referenzrohrs (2i) verschiedenen Regeleinrichtungen (FCVc, FCVf) in verschiedenen Zuführkreisläufen (8, 9, 8i, 9i) versehen sind, wobei die Regeleinrichtungen (FCVc, FCVf) der Rohre (2) derart gesteuert sind, dass diese Rohre (2) mit denselben Gasmengenverhältnissen versorgt werden, wie das Referenzrohr (2i).
 12. Anlage nach Anspruch 11, bei welcher die Regeleinrichtungen (FCVc, FCVf) der anderen Strahlungsrohre (2) derart gesteuert werden, dass diese Rohre mit von demjenigen des Referenzrohrs (2i) verschiedenen Gasmengenverhältnissen versorgt werden, insbesondere mit einem davon verschiedenen Luftüberschuss.
- Claims**
1. A method for real-time and continuous control of a set of thermal combustion chambers (2, 2r, 2i), consisting of radiant tubes, having similar characteristics, supplied by the same combustion agent (8) and fuel (9) networks, the method comprising:
 - using one of the chambers (2, 2r, 2i) as a reference chamber;
 - measuring combustion parameters (7) in the fumes at the outlet of the reference chamber;
 - adjusting control parameters of all the chambers according to the combustion parameters measured at the outlet of the reference chamber, in particular according to the ratio of combustion agent to fuel and/or the composition of combustion agent and/or fuel.
 2. Method as claimed in claim 1, wherein the combustion parameters measured in the fumes at the outlet of the reference chamber consist of at least the con-

centration of oxygen and/or the concentration of carbon dioxide and/or the concentration of carbon monoxide and/or the concentration of hydrogen and/or the rate of unburnt residues and/or the concentration of nitrogen oxides.

3. Method as claimed in claim 2, wherein the level of excess air is determined according to the concentration of oxygen or carbon dioxide in the fumes at the outlet of the reference chamber.
4. Method as claimed in claim 2, wherein the lack of air is determined by the concentration of carbon monoxide or hydrogen or unburnt residues in the fumes at the outlet of the reference chamber.
5. Method as claimed in any one of claim 1 to 3, wherein the control parameters of all the chambers are adjusted so as to obtain the desired level of excess air and/or rate of unburnt residues.
6. Method as claimed in claim 4, wherein the control parameters of all the chambers are adjusted so as to obtain a desired lack of air.
7. Method as claimed in claim 2, wherein the concentration of nitrogen oxides is regulated by adjusting the composition of the combustion agent and/or fuel, in particular by diluting with combustion products.
8. Method as claimed in any one of the preceding claims, wherein one of the radiant tubes is a reference tube, and the other radiant tubes being supplied with proportions of gas which are different from those of the reference tube.
9. Apparatus for implementing a method as claimed in any one of the preceding claims, comprising a set of thermal combustion chambers (2, 2r, 2i), consisting of radiant tubes, having similar characteristics, supplied by the same combustion agent (8) and fuel (9) networks, wherein:
 - one of the chambers (2, 2r, 2i) is used as a reference chamber,
 - means for measuring (7) the combustion parameters are installed at the outlet of the reference chamber to measure said combustion parameters in the fumes at the outlet,
 - control means (FCVc, FCVf) are provided to adjust the control parameters of the set of chambers according to the measures implemented at the outlet of the reference chamber, in particular according to the ratio of combustion agent to fuel and/or the composition of combustion agent and/or fuel.

tube (2r) is supplied together with the other tubes, the control members (FCVc, FCVf) being placed on supply circuits (8, 9) common to all the tubes.

11. Apparatus as claimed in claim 9, wherein one of the radiant tubes is a reference tube (2i), and the other radiant tubes are supplied separately from the reference tube (2i) and have different control members (FCVc, FCVf) from those (FCVci, FCVfi) of the reference tube (2i), on different supply circuits (8, 9, Si, 9i), the control members (FCVc, FCVf) of the tubes (2) being controlled such that said tubes (2) are supplied with the same proportions of gas as the reference tube (2i).
12. Apparatus as claimed in claim 11, wherein the control members (FCVc, FCVf) of the radiant tubes (2) are controlled such that said tubes are supplied with proportions of gas which are different from those of the reference tube (2i), in particular with a different level of excess air.

FIG.1

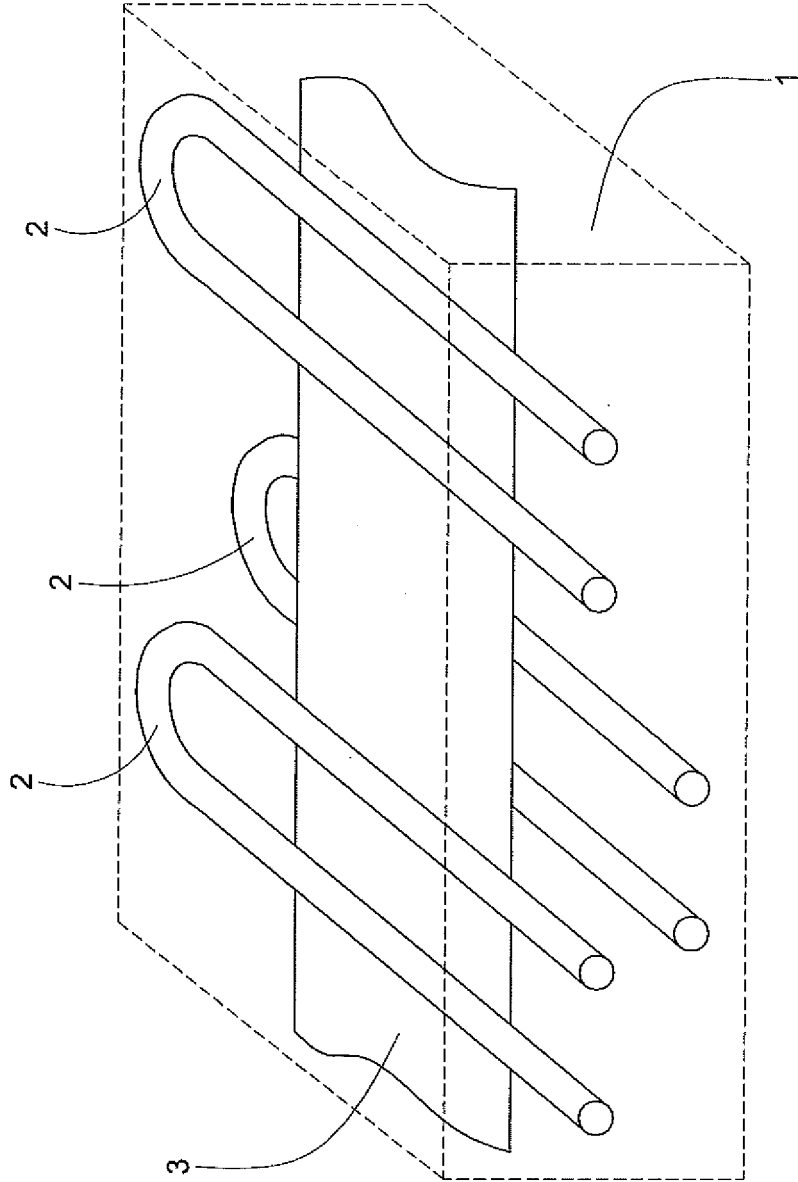


FIG.2

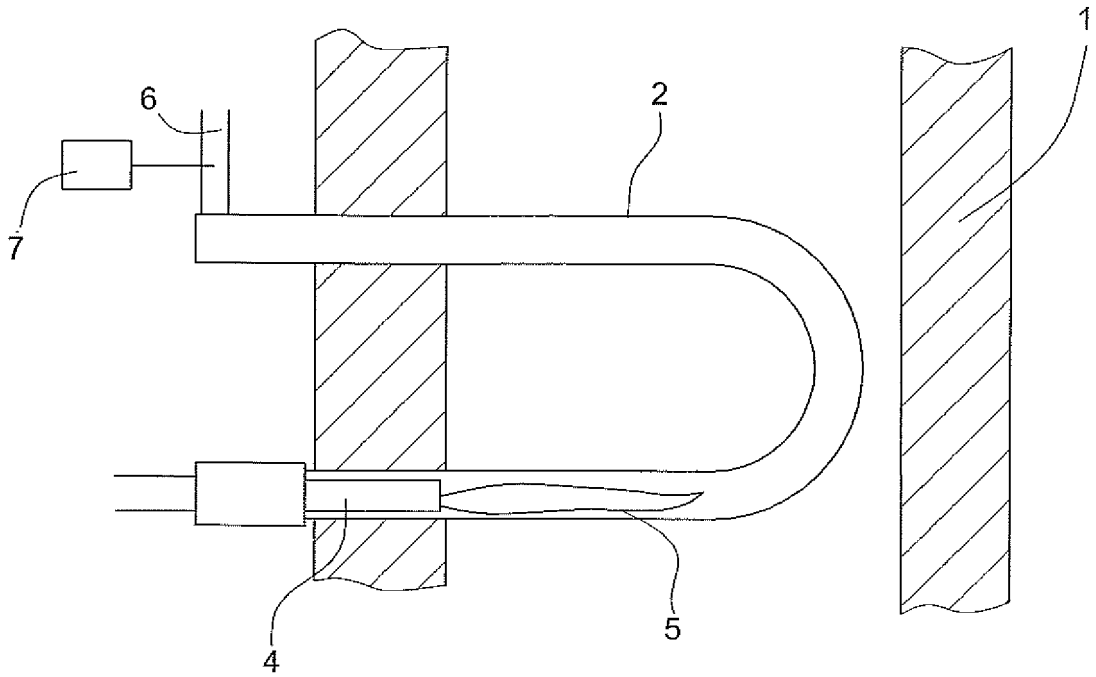


FIG.3

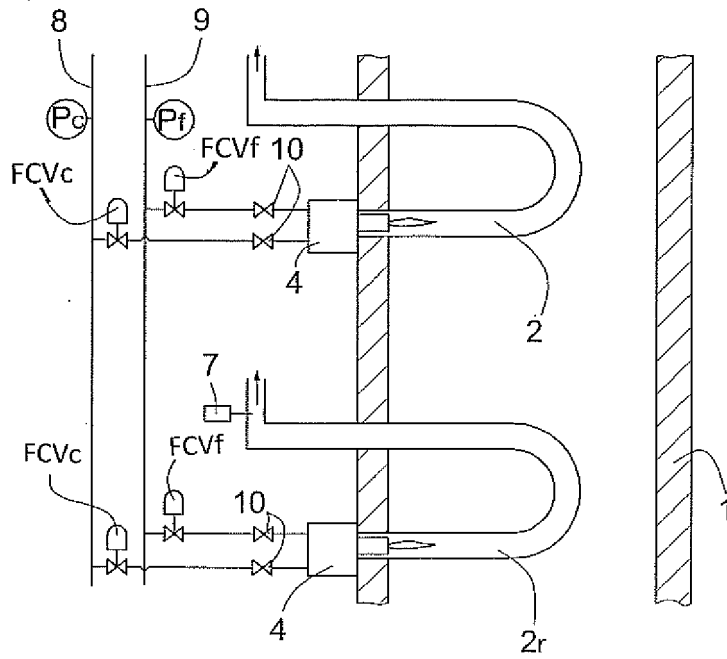
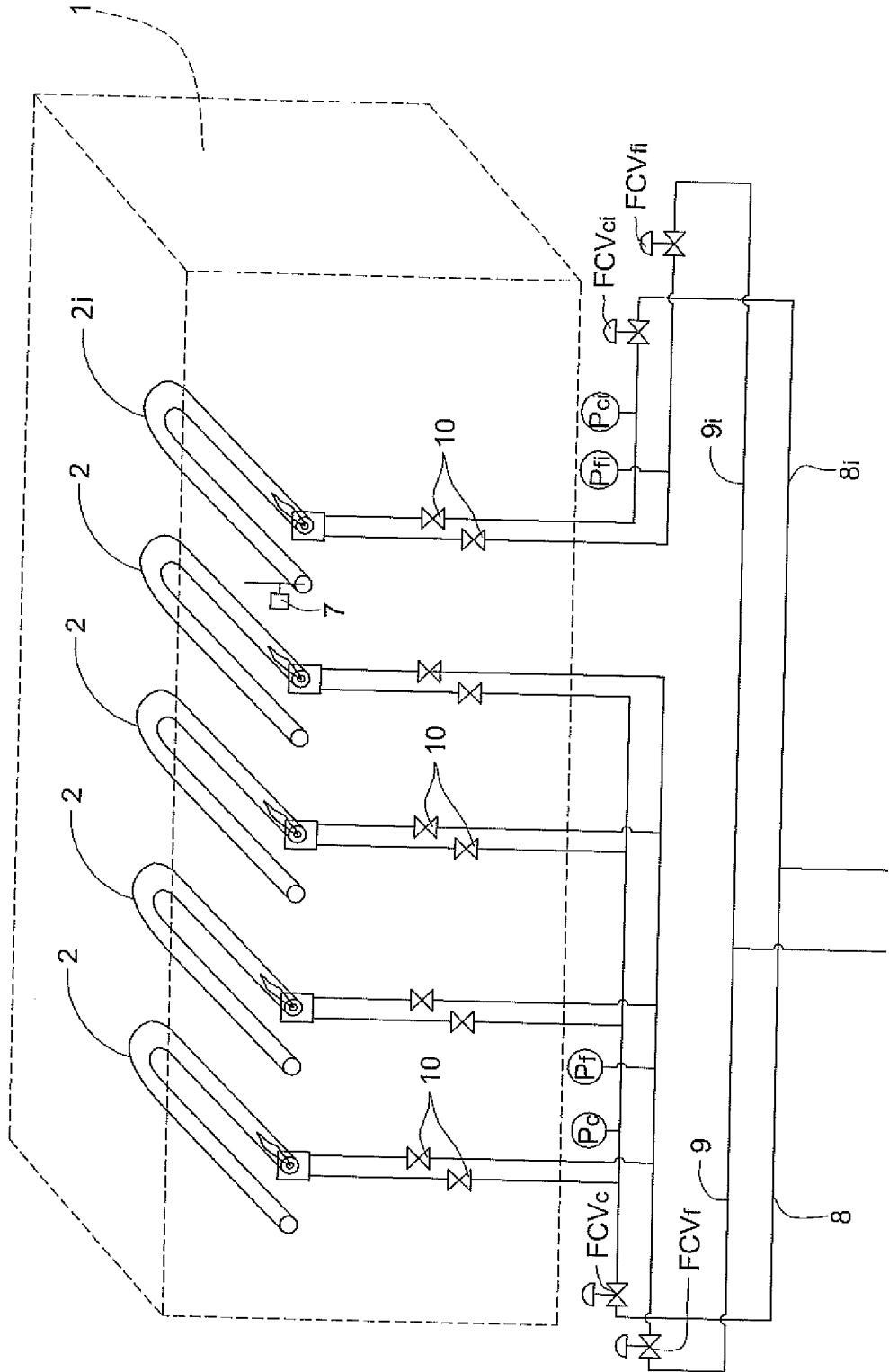


FIG.4



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2712961 [0002]