

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17 juin 1986.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 51 du 18 décembre 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ALUMINIUM PECHINEY. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Christian Dreyer, Jean-Claude Thomas et Claude Vanvoren.

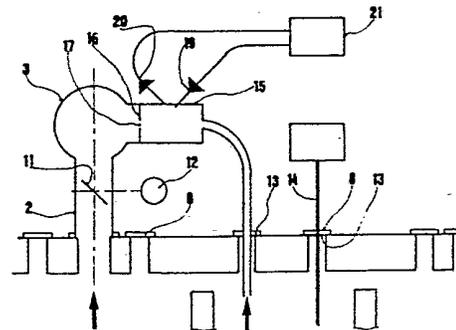
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Claude Pascaud.

⑤4 Dispositif et procédé d'optimisation de la combustion dans les fours à chambres pour la cuisson de blocs carbonés.

⑤7 L'invention concerne un procédé et un dispositif d'optimisation de la combustion dans un four à chambres ouvert dit à feu tournant pour la cuisson de blocs carbonés, ce four comportant une pluralité de chambres de préchauffage, de cuisson et de refroidissement alignées en série, chaque chambre étant constituée par la juxtaposition, en alternance, de cloisons chauffantes creuses dans lesquelles circulent les gaz de combustion et d'alvéoles dans lesquelles sont empilés les blocs carbonés à cuire les gaz de combustion étant extraits par une pipe d'aspiration reliée par des ajutages à chacune des cloisons chauffantes de la première chambre en préchauffage naturel.

Le dispositif est caractérisé en ce que chaque ajutage 2 de la pipe d'aspiration est muni d'un volet d'obturation mobile 11, commandé par un moteur 12, d'un moyen de mesure de la température et de la dépression dans la cloison chauffante 5 correspondante, d'un moyen 19, 20, 21 de mesure de l'opacité par réflexion de la fumée sortant de chaque cloison chauffante, et d'un moyen pour asservir la position du volet d'obturation 11 donc le débit dans chaque cloison, à la mesure combinée de l'opacité de la fumée, de la température et de la dépression.



**DISPOSITIF ET PROCÉDE D'OPTIMISATION DE LA COMBUSTION DANS LES
FOURS A CHAMBRES POUR LA CUISSON DE BLOCS CARBONES**

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne un dispositif et un procédé d'optimisation de la combustion dans les fours à chambres ouvertes pour la cuisson des blocs carbonés destinés notamment, mais non exclusivement, aux cuves de production d'aluminium par le procédé Hall-Héroult, mais aussi, de façon générale, à l'électrometallurgie.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Dans tout ce qui suit, nous désignerons par l'expression "bloc carboné", tout produit obtenu par mise en forme d'une pâte carbonée, et destiné, après cuisson, à l'utilisation dans des fours d'électrometallurgie.

Par exemple, les anodes carbonées destinées aux cuves de production d'aluminium par électrolyse d'alumine dissoute dans de la cryolithe fondue sont obtenues par mise en forme d'une pâte carbonée résultant du malaxage, à environ 120 à 200°C, d'un mélange de brai et de coke broyé. Après mise en forme, les anodes sont cuites pendant une centaine d'heures à une température de l'ordre de 1100 à 1200°C. D'autres types de blocs carbonés sont obtenus par le même procédé.

Bien qu'il existe quelques procédés de cuisson continue en four tunnel, une grande partie des installations de cuisson en service dans le monde à ce jour sont du type "four à chambre" dits "à feu tournant" (ring furnace) ou encore "à avancement de feu". Ces fours se divisent eux-mêmes en deux catégories, les fours fermés et les fours dits "à chambres ouvertes" qui sont les plus utilisés, décrits notamment dans le brevet US 2 699 931. La présente invention s'applique plus particulièrement aux fours à chambres ouvertes. Ce type de four comporte deux travées parallèles dont la longueur totale peut atteindre plus d'une centaine de mètres.

Chaque travée comporte une succession de charbons, séparés par des

murs transversaux et ouvertes à leur partie supérieure, pour permettre le chargement des blocs crus et le déchargement des blocs cuits refroidis. Chaque chambre comporte, disposées parallèlement au grand axe du four, un ensemble de cloisons creuses, à parois minces, dans lesquelles vont circuler les gaz chauds assurant la cuisson, alternant avec des alvéoles dans lesquelles on empile les blocs à cuire qui seront ensuite noyés dans une poussière carbonée (coke, anthracite ou résidus carbonés broyés ou tout autre matériau de garnissage pulvérulent). Il y a par exemple 6 alvéoles et 7 cloisons alternées par chambre.

5

Les cloisons creuses sont munies, à leur partie supérieure, d'ouvertures obturables dites "ouvreaux"; elles comportent en outre des chicanes pour allonger et répartir plus uniformément le trajet des gaz de combustion.

10

Le chauffage du four est assuré par des rampes de brûleurs, ayant une longueur égale à la largeur des chambres, et dont les injecteurs viennent se placer sur les ouvreaux des chambres concernées. En amont des brûleurs (par rapport au sens d'avancement du feu), on dispose une pipe de soufflage d'air de combustion, et, en aval, une pipe d'aspiration des gaz brûlés. Le chauffage est assuré à la fois par la combustion du combustible injecté (gaz ou fuel), et par celle des vapeurs de brai émises par les blocs en cours de cuisson.

15

Au fur et à mesure que la cuisson se produit, on fait avancer par exemple toutes les 24 heures, l'ensemble pipe de soufflage-brûleurs-pipes d'aspiration, chaque chambre assurant ainsi, successivement, les fonctions de chargement des blocs carbonés crus, préchauffage naturel (par les gaz de combustion), préchauffage forcé et cuisson à 1100-1200° (zone dite plein feu), refroidissement des blocs carbonés (et préchauffage des gaz de combustion), déchargement des blocs carbonés cuits, réparations éventuelles, et reprise d'un nouveau cycle.

20

PROBLEME TECHNIQUE A RESOUDRE

25

La qualité des blocs carbonés (anodes, cathodes, garnissages latéraux) étant un des éléments essentiels dans la technique et l'économie du

procédé Hall-Héroult, il est nécessaire d'optimiser les conditions de cuisson, à la fois pour obtenir la qualité désirée et pour réduire la consommation d'énergie qui est de l'ordre de 750 à 800 Thermies par tonne d'anodes (soit environ 870 à 930 kwh/tonne).

5

Une bonne conduite du feu permet d'aboutir au niveau de chaque chambre à la température de cuisson programmée en évitant la formation de fumées et ce, dans des conditions économiques optimales (bonne tenue des réfractaires des cloisons, minimum de consommation de carburant).

10

Le but que l'on se fixe est de faire suivre aux blocs carbonés une courbe donnée de montée en température, tout en respectant les différentes phases de la cuisson.

15

En fonction de cette courbe, on détermine une courbe théorique de température des gaz dans les cloisons des chambres en feu, qui doit tenir compte de l'apport de calories dû aux matières volatiles. Cette courbe comprend généralement une partie linéaire jusqu'à environ 1200°C, puis un palier à cette température.

20

Par exemple, la température finale de cuisson des anodes, comprise entre 1100 et 1200°C, dépend de la nature des matières premières et on la règle afin de donner à l'anode ses caractéristiques optimales.

25

La combustion du gaz ou du fuel dans les zones de préchauffage forcé et de plein feu est assuré au moyen d'installations automatiques pilotant les brûleurs à partir des mesures de températures dans les cloisons.

30

A l'inverse, le préchauffage naturel, qui dépend largement du réglage de la ventilation, reste souvent une opération de contrôle manuel.

35

La ventilation des cloisons est ajustée en règle générale de façon que la dépression dans le four reste constante tout au long de chaque période. Les conducteurs de four corrigent cette valeur de consigne de la dépression en plus ou en moins, en fonction des observations faites au cours des visites de contrôle des cloisons :

- retard ou avance de chauffage d'une file de cloisons par rapport aux autres,
- présence de fumées,
- état du dégazage,
- 5 - incidents de combustion ("champignons").

Trop faible, la dépression n'induit pas une quantité d'air ambiant suffisante pour la combustion complète des hydrocarbures (fuel ou gaz, matières volatiles du brai). Trop forte, la dépression entraîne une admission excessive d'air parasite par infiltration. Dans les deux cas, le bilan thermique du four se détériore, dans les deux cas également des fumées d'imbrûlés se forment (par défaut d'air dans le premier cas, par étalement de la zone de combustion vers des zones trop froides dans le second cas).

15

L'application d'une ventilation correcte optimisant les performances des fours résulte donc d'un compromis dépendant de l'expérience des conducteurs de four, associée à de fréquentes observations.

20 Afin d'éviter tout retard dans la montée en température des anodes au niveau du préchauffage, retard qu'il est difficile et coûteux de rattraper, la tendance est d'appliquer des dépressions plus fortes que nécessaire. D'autre part, les apports de combustibles étant cycliques (émission de matières volatiles, apport de fuel ou gaz), les besoins d'air de combustion sont variables et devraient conduire à une modulation des dépressions, ce qui est, en pratique, impossible à réaliser manuellement de façon optimale et reproductible.

30

ETAT DE L'ART ANTERIEUR

35 Dans la demande de brevet européen EP-A-133 842, on a décrit un procédé de conduite d'un four à chambres pour la cuisson d'anodes carbonées, comportant au moins deux travées parallèles réunies, à leurs extrémités, par des canalisations de répartition du gaz, munies de volets motorisés pour le réglage de débit, qui permet de contrôler la température et la dépression dans le four, mais il ne constitue pas véritablement un procédé d'optimisation permanente de la combustion.

OBJET DE L'INVENTION

L'objet de l'invention est un procédé et un dispositif permettant de réguler la combustion en agissant sur le débit d'air aspiré dans chaque ligne de cloison par action sur les volets placés sur chaque ajutage de la pipe d'aspiration placée en aval des brûleurs.

La demanderesse a trouvé que le paramètre le plus fiable pour piloter cette régulation était l'opacité des fumées mesurées par réflexion d'une source lumineuse sur les particules solides en suspension dans la fumée, et non pas, comme en opacimétrie classique, par simple transmission de la lumière au travers de la fumée.

De façon plus précise, l'objet de l'invention est un dispositif de régulation de la combustion dans un four à chambres pour la cuisson de blocs carbonés, dispositif dans lequel chaque ajutage de la pipe d'aspiration est muni d'un volet d'obturation mobile, commandé par un moteur, d'un moyen de mesure de la dépression dans la cloison chauffante correspondante, au niveau de la zone de préchauffage, d'un moyen de mesure de l'opacité, par réflexion, de la fumée sortant de chaque cloison chauffante, d'un moyen de mesure de la température, distinct de celui utilisé pour les dispositifs automatiques pilotant les brûleurs, et d'un moyen pour asservir la position du volet d'obturation, donc le débit dans chaque cloison, à la mesure combinée de l'opacité de la fumée, de la température et de la dépression.

Un second objet de l'invention est un procédé d'optimisation de la combustion dans les fours à chambre pour la cuisson d'anodes mettant en oeuvre le dispositif décrit, et selon lequel on asservit la position des volets d'obturation mobiles de la pipe d'aspiration à des mesures de l'opacité des fumées et de la dépression dans les chambres de préchauffage, de façon à fonctionner avec la dépression minimale compatible avec une bonne combustion et la courbe programmée de montée en température des gaz de combustion.

DESCRIPTION DES FIGURES

Les figures 1 à 6 illustrent l'invention.

- 5 . Les figures 1 (en coupe) et 2 (en vue partiellement écorchée) rappellent, pour la bonne compréhension de l'invention, la structure générale des fours à chambres ouvertes à "avancement de feu".
- . La figure 3 montre, en coupe, la mise en oeuvre pratique de l'invention sur la pipe d'aspiration, dans un premier mode de mise en oeuvre.
- 10 . La figure 4 montre le dispositif de mesure d'opacité des fumées.
- . Les figures 5 et 6 montrent deux variantes de mise en oeuvre.

Sur la coupe de la figure 1, on voit les cloisons (1), reliées à leur partie supérieure par des ajutages (2) à la pipe (3) elle-même raccordée
15 au collecteur général (4). Les pipes de soufflage et d'aspiration qui ont pratiquement la même structure peuvent être, selon les cas, raccordées aux ouvreaux des chambres ou aux ouvreaux des murs transversaux, comme nous l'avons décrit dans notre brevet français FR 2 535 834. Dans les alvéoles (5), sont disposés les blocs carbonés par exemple les
20 anodes (6), visibles sur l'écorché de la partie gauche de la figure 2.

Les chicanes (7) des cloisons chauffantes ont pour but d'allonger le trajet des gaz chauds, et par là même d'homogénéiser la température
25 des produits dans les alvéoles (5).

A la partie supérieure des chambres (ou des murs transversaux), les ouvreaux obturables (8) permettent la mise en place des rampes de brûleurs (non représentées), des pipes de soufflage et d'aspiration d'air,
30 et dans certains cas, d'appareils de mesure (thermocouples, déprimomètres).

Les chambres successives sont séparées par des murs transversaux (9). Le grand axe du four est indiqué par la ligne XX'.

35

Selon l'invention, on dispose sur chaque ajutage (2) entre la pipe d'aspiration (3) et l'ouveau correspondant (8) un volet mobile (11)

commandé par un moteur (12)(le terme "moteur" étant pris ici dans son sens le plus large, englobant, par exemple, une commande par vérin hydraulique ou mécanique motorisé). Cette pipe d'aspiration (3) est placée sur la première chambre en préchauffage naturel (fig. 2).

5

La mesure d'opacité des fumées pourrait, en théorie, être effectuée directement dans l'ajutage (2). Mais, en raison des turbulences de fumées à ce niveau qui rendent difficiles des mesures stables et reproductibles, on a choisi d'effectuer le prélèvement de fumées, soumis à opacimétrie, dans un orifice particulier (13), tels que ceux qui sont prévus pour introduire les sondes de mesures de température ou de dépression (14), ce prélèvement étant conduit dans une chambre de mesure (15), reliée à la pipe d'aspiration (10) par une cloison (16) percée d'un orifice (17) formant diaphragme (fig. 3).

10
15

Un autre moyen de ne pas être gêné par les turbulences des fumées consiste à utiliser, comme chambre de mesure, une chambre auxiliaire (18), fig. 5, dans laquelle une partie du flux des fumées est dérivée, à condition de brancher l'entrée sur un ouvrage (8A) correspondant à une zone à flux ascendant, et la sortie sur un ouvrage (8B) correspondant à un flux descendant.

20

La figure 6 montre un autre mode de réalisation dans lequel l'ajutage (2) a une longueur droite suffisante pour que l'on puisse admettre que les turbulences y sont relativement limitées et ne perturbent pas la mesure d'opacité.

25

Les sondes de mesure sont placées sur une platine rigide formant la partie supérieure de la chambre de mesure.

30

L'opacimètre comporte :

- une sonde émettrice (19)
- une sonde réceptrice (20)
- un coffret de mesure (21)
- une liaison par fibres optiques (22) entre chaque sonde (19)(20) et le coffret de mesure (21).

35

La sonde émettrice (19) est reliée, par la fibre optique (22A) à une source lumineuse, émettant en lumière visible modulée, placée dans le coffret (21).

5 L'axe de la sonde émettrice (19), qui illumine la fumée dans la chambre, fait avec le plan de la paroi de la chambre (18) un angle d'environ 45°. Il en est de même pour la sonde réceptrice (20) qui est disposée à une dizaine de centimètres de la sonde émettrice.

10 Les axes des deux sondes forment entre eux un angle d'environ 80°. De cette façon, la lumière émise par la sonde (19) ne peut en aucune façon atteindre directement la sonde (20) qui ne capte que la lumière réfléchi par les particules solides en suspension dans la fumée (imbrûlés et poussière), et qui sont symbolisées par les petits points noirs sur
15 la fig. 6 (cette valeur de 80° est donnée à titre indicatif).

Cette lumière réfléchi est conduite, par la fibre optique (22B), vers le coffret (21), où elle est détectée par des photodiodes. Le signal électrique modulé est débarrassé d'une éventuelle composante continue
20 parasite puis converti linéairement en un signal de sortie analogique (ou digital) qui, après traitement et mise au niveau requis, pilote le moteur (12) commandant la position du volet mobile (11) placé dans l'ajutage (2). En outre, ce même signal peut être traduit, après étalonnage préalable, en milligrammes de particules solides par m³ de fumée.

25 La régulation, selon ce principe, de l'ensemble du four à chambre, implique que ce dispositif soit installé sur chacune des sorties de cloisons chauffantes, qui peuvent être, par exemple, au nombre de 7 ou 8 (7 dans le cas de la figure 2).

30 Le coffret de mesure (21) peut être commun à l'ensemble de tous les opacimètres; chaque voie pouvant être dotée d'un détecteur-amplificateur séparé, ou bien d'un unique détecteur-amplificateur multiplexé.

35 Compte tenu de la température élevée qui règne aux environs du four, le coffret (2) doit être disposé à une certaine distance, qui peut être de l'ordre d'une ou plusieurs dizaines de mètres

La liaison par fibres optiques autorise une température pouvant atteindre 350°C et le cas échéant, 400°C moyennant quelques précautions. De préférence, les sondes émettrices et réceptrices comportent un circuit auxiliaire (23) de balayage d'air frais, qui a pour but d'éviter les dépôts
5 de matières solides sur l'extrémité (24) de la fibre optique.

DESCRIPTION DE LA REGULATION

La régulation a pour fonction d'optimiser la cuisson des anodes, c'est-à-dire d'imposer aux blocs carbonés et aux gaz une courbe de montée
10 en température permettant à chaque phase de la cuisson de se dérouler dans les conditions optimales et ce, en réduisant au strict minimum la consommation de combustible, donc en optimisant le régime de combustion.

15 La température de cuisson suit une courbe de consigne. Une régulation propre à chaque rampe de brûleurs, commande la fréquence et l'amplitude des injections de combustible dans les différents brûleurs (qui fonctionnent de façon intermittente). La température prise en compte pour cette
20 régulation est la température des gaz mesurée après les brûleurs.

Le suivi de la mesure d'opacité des gaz dans la zone en préchauffage naturel permet de définir l'action sur la dépression de manière à régler
25 les deux paramètres à leur valeur optimale. Cette optimisation s'effectue en suivant en parallèle l'évolution de la température des gaz, par rapport à une courbe de consigne, dans la même zone. Un écart trop important par rapport à la température visée entraînera une modulation de l'action sur la dépression.

30 L'expérience montre en effet, qu'une faible variation de la dépression entraîne une variation rapide et importante de la température des gaz dans la zone de préchauffage naturel.

35 La régulation, qui prend en compte à la fois la variation de la température des gaz dans la zone en préchauffage naturel et les mesures d'opacité de ces gaz et de la dépression, selon un algorithme spécifique,

agit sur le débit de gaz dans chaque ligne de cloison.

Il est donc nécessaire de disposer un volet motorisé (11) sur chacun des ajutages (2) reliant la pipe d'aspiration (3) aux ouvreaux de chaque
5 chambre concernée.

Bien que, en théorie, chaque file de cloison chauffante (1) soit indépendante -et isolée- des autres files, l'expérience montre qu'une variation de la dépression dans une cloison (1) peut avoir des répercussions
10 plus ou moins marquées sur la dépression dans les autres cloisons. De ce fait, il est préférable de ne pas asservir la dépression dans chaque cloison indépendamment de la dépression et de la température mesurée dans les autres cloisons de la chambre concernée, mais de les comparer entre elles et de les traiter selon un algorithme particulier, de façon
15 à éviter toute variation brutale sur l'un quelconque des volets.

Un cycle de régulation peut, par exemple, se dérouler dans les conditions suivantes :

20 A/ On initialise la dépression à une valeur comprise entre 0 et 250 Pa et plus particulièrement entre 40 et 180 Pa, par réglage du volet (1), et on laisse stabiliser la valeur d'opacité mesurée.

Puis de façon répétitive :

25 B/ On scrute toute la gamme de dépression entre 0 et 250 Pa et plus particulièrement entre 40 et 180 Pa pour rechercher la dépression minimale X pour une opacité minimale Y des fumées, mesurée après une période de stabilisation d'au moins 30 secondes.

On relève la température T dans la zone en préchauffage naturel et on compare l'élévation ΔT de cette température par rapport à une courbe
30 de consigne prédéterminée.

C/ On règle la position du volet (11) pour une valeur de dépression située dans une plage $X \pm \Delta X$ pour une opacité maintenue dans une plage $Y \pm \Delta Y$ autour du minimum Y.

35 D/ Parallèlement, on compare la courbe réelle de montée en température des gaz dans la zone en préchauffage naturel à une courbe de consigne.

On règle autour d'une dépression minimale, correspondant à une opacité Y minimale, de façon à maintenir la température T des gaz dans la zone en préchauffage dans une plage $T \pm \Delta T$ autour du point de consigne (une augmentation de la dépression entraînera une augmentation de la température des gaz).

En outre, on introduit une temporisation, lors d'une augmentation d'opacité en dehors de la plage $Y \pm \Delta Y$, de façon à ne revenir à la phase B que si l'opacité est toujours en dehors de cette plage à la fin de la période de temporisation.

Enfin, dans le cas défavorable où les mesures d'opacité Y et les mesures de température T entraîneraient une action antagoniste sur le volet (11), l'opacité serait momentanément écartée, afin d'assurer prioritairement une élévation correcte de la température T des gaz dans la zone en préchauffage naturel.

EXEMPLE D'APPLICATION

On a mis l'invention en application sur un four à chambre industriel, produisant des anodes pour une série de cuves d'électrolyse fonctionnant sous 280 KA.

Ce four comporte 40 chambres réparties en 2 files parallèles. Chaque chambre comporte 6 alvéoles alternées avec 7 cloisons chauffantes.

La chambre de mesure, montée en dérivation entre le premier et le troisième ouvreau, est un cylindre horizontal de 500 mm de diamètre et de 900 mm de long. Le diamètre des voies d'entrée (25A) et de sortie (25B) est de 100 mm (figure 5).

Les deux sondes sont disposées à environ 100 mm d'écartement et font, entre elles, un angle d'environ 80° (valeur indicative).

Les volets de réglage sont commandés par des vérins motorisés eux-mêmes pilotés à partir du coffret de régulation.

Les appareils de mesure de température (couples thermoélectriques) et de dépression sont classiques.

5 Les limites fixées pour les variations de la dépression sont 40 à 180 Pa avec initialisation à 80 Pa.

Après 6 mois de fonctionnement, on a noté une baisse de la consommation d'énergie de cuisson des anodes d'environ 14 %.

10 Parmi les autres avantages du procédé, on doit signaler :

- l'automatisation pratiquement totale de la conduite du procédé de cuisson;
- la détection immédiate des incidents au niveau des brûleurs et des entrées d'air froid anormales;
- 15 - une diminution sensible des dimensionnements du système de traitement des gaz émis par le four.

20 - On peut en outre prévoir, à coup sûr, une augmentation de la durée de vie du four, ou plus précisément, un allongement des durées entre les opérations périodiques de réfection des chambres.

L'invention s'applique à la cuisson de tous les types de blocs carbonés : anodes et cathodes pour l'électrolyse de l'aluminium, électrodes cylindriques pour l'électrometallurgie, électrodes et autres pièces 25 de forme destinées à être ultérieurement graphitées.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'optimisation de la combustion dans un four à chambres dit à feu tournant, pour la cuisson de blocs carbonés, ce four comportant une pluralité de chambres de préchauffage, de cuisson et de refroidissement alignées en série, chaque chambre étant constituée par la juxtaposition, en alternance, de cloisons chauffantes creuses (1) dans lesquelles circulent les gaz de combustion et d'alvéoles (5) dans lesquelles sont empilés les blocs carbonés (6) à cuire, les gaz de combustion étant extraits par une pipe d'aspiration (3) reliée par des ajutages (2) à chacune des cloisons chauffantes (1) de la première chambre en préchauffage naturel, ce dispositif étant caractérisé en ce que chaque ajutage (2) de la pipe d'aspiration est muni d'un volet d'obturation mobile (11), commandé par un moteur (12), d'un moyen de mesure de la température et de la dépression dans la cloison chauffante (1) correspondante, d'un moyen (19,20,21) de mesure de l'opacité par réflexion de la fumée sortant de chaque cloison chauffante (1), et d'un moyen pour asservir la position du volet d'obturation (11) donc le débit dans chaque cloison (1) à la mesure combinée de l'opacité de la fumée, de la température et de la dépression.

20 2. Procédé d'optimisation de la combustion dans un four à chambres, selon revendication 1, caractérisé en ce que, dans le but de maintenir, d'une part la dépression dans les chambres du four à la valeur minimale compatible avec un régime optimal de la combustion, et d'autre part la température de la zone de préchauffage naturel à une valeur aussi
25 proche que possible de la valeur de consigne :

A/ On initialise la dépression à une valeur comprise entre 0 et 250 Pa et plus particulièrement entre 40 et 180 Pa, par réglage du volet (11), et on laisse stabiliser la valeur d'opacité mesurée.

30 Puis de façon répétitive :

B/ On scrute toute la gamme de dépression entre 0 et 250 Pa et plus particulièrement entre 40 et 180 Pa pour rechercher la dépression minimale X pour une opacité Y des fumées, mesurée après une période de stabilisation d'au moins 30 secondes.

35 On relève la température T dans la zone en préchauffage naturel et on compare l'élévation ΔT de cette température par rapport à une courbe

de consigne prédéterminée.

C/ On règle la position du volet (11) pour une valeur de dépression située dans une plage $X \pm \Delta X$ pour une opacité maintenue dans une plage $Y \pm \Delta Y$ autour du minimum Y.

5 D/ Parallèlement, on compare la courbe réelle de montée en température des gaz dans la zone en préchauffage naturel à une courbe de consigne. On règle autour d'une dépression X minimale, correspondant à une opacité Y minimale, de façon à maintenir la température T des gaz dans la zone en préchauffage dans une plage $T \pm \Delta T$ autour du point de consigne.

10

3. Procédé selon revendication 2, caractérisé en ce que l'on introduit une temporisation, lors d'une augmentation d'opacité en dehors de la plage $Y \pm \Delta Y$, de façon à ne revenir à la phase B que si l'opacité est toujours en dehors de cette plage à la fin de la période de

15 temporisation.

20

4. Procédé selon revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que, dans le cas défavorable où les mesures d'opacité Y et les mesures de température T entraîneraient une action antagoniste sur le volet (11), l'opacité serait momentanément écartée, afin d'assurer prioritairement une élévation correcte de la température T des gaz dans la zone en préchauffage naturel.

1-3

FIG.1

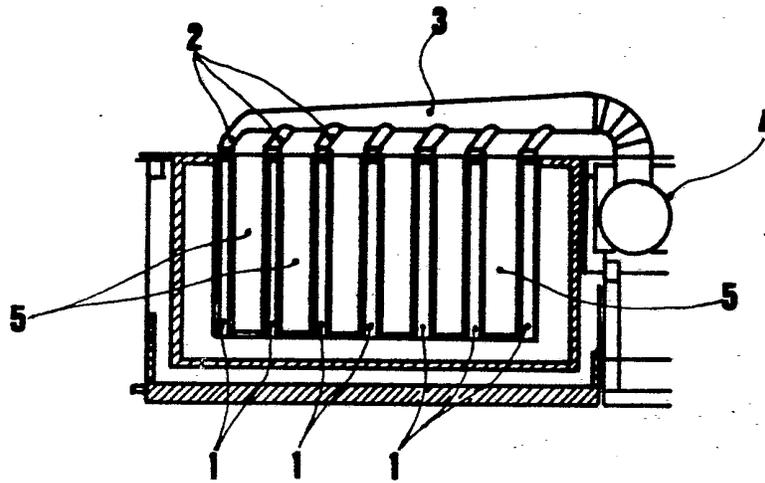
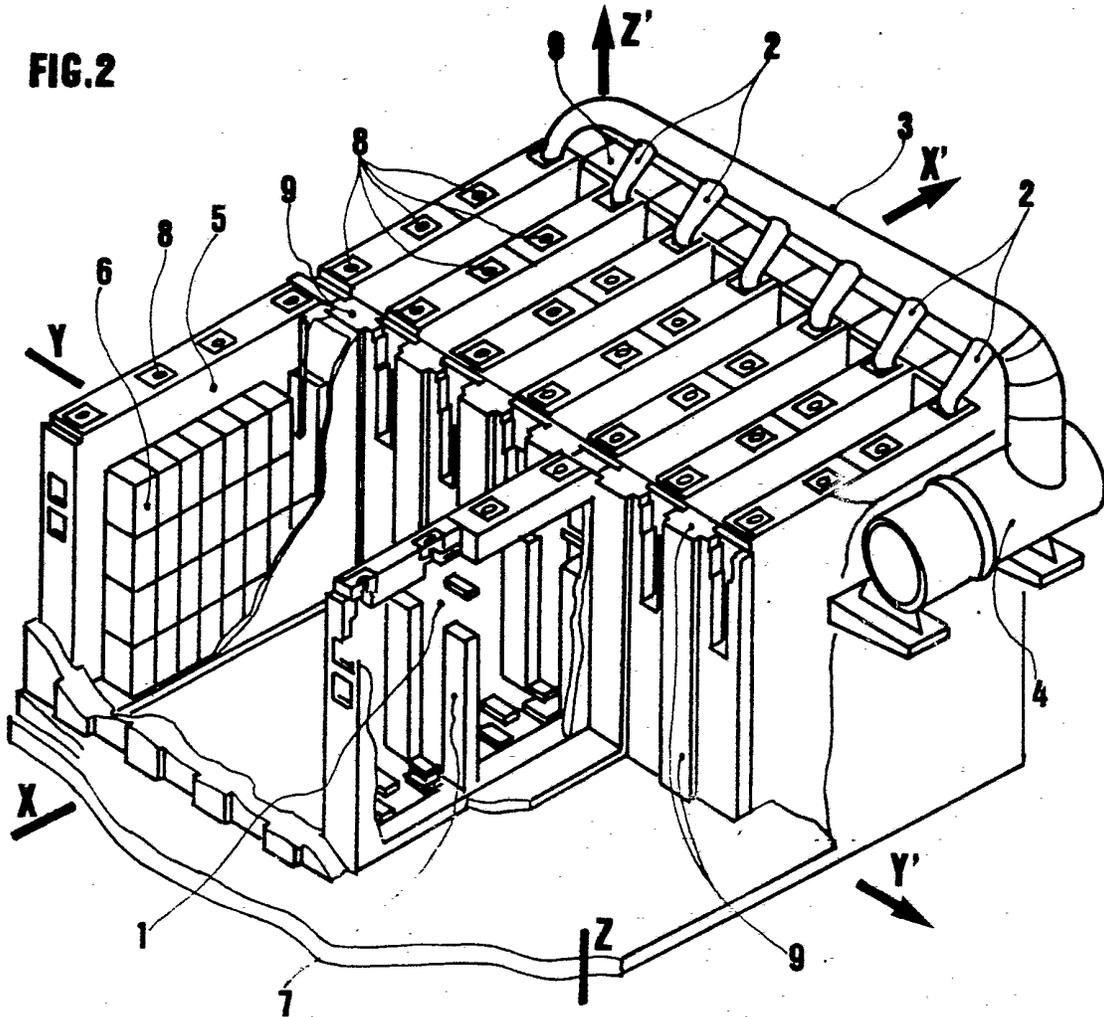


FIG.2



2-3

FIG. 3

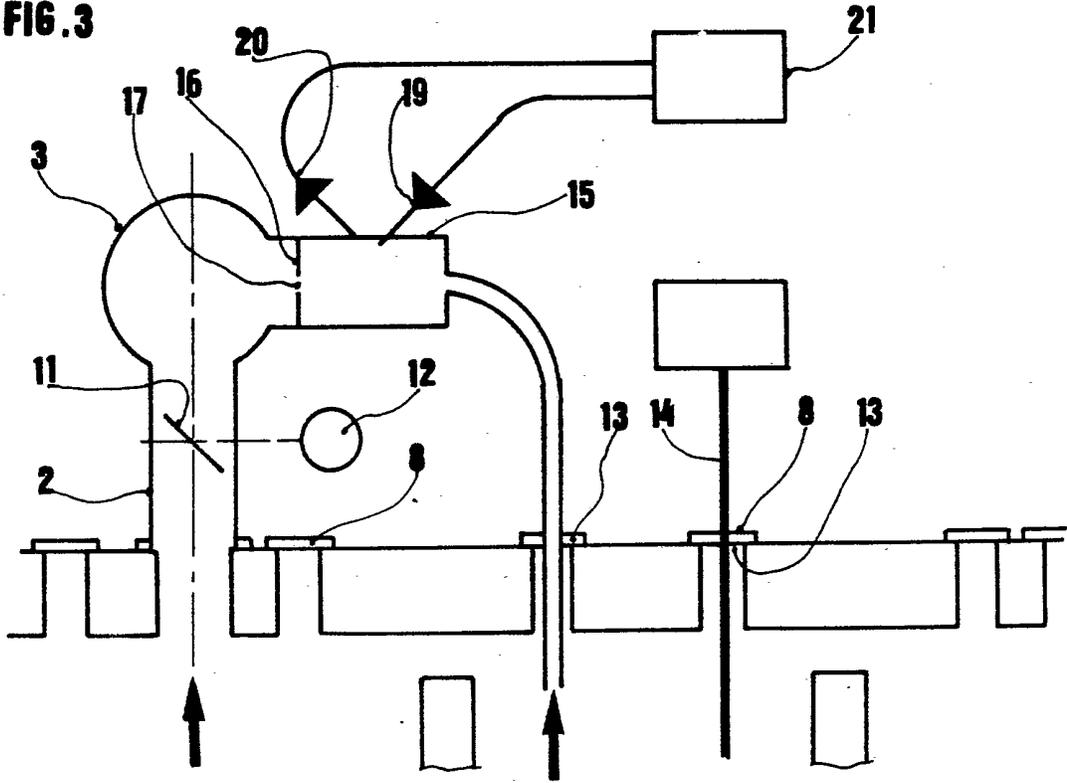
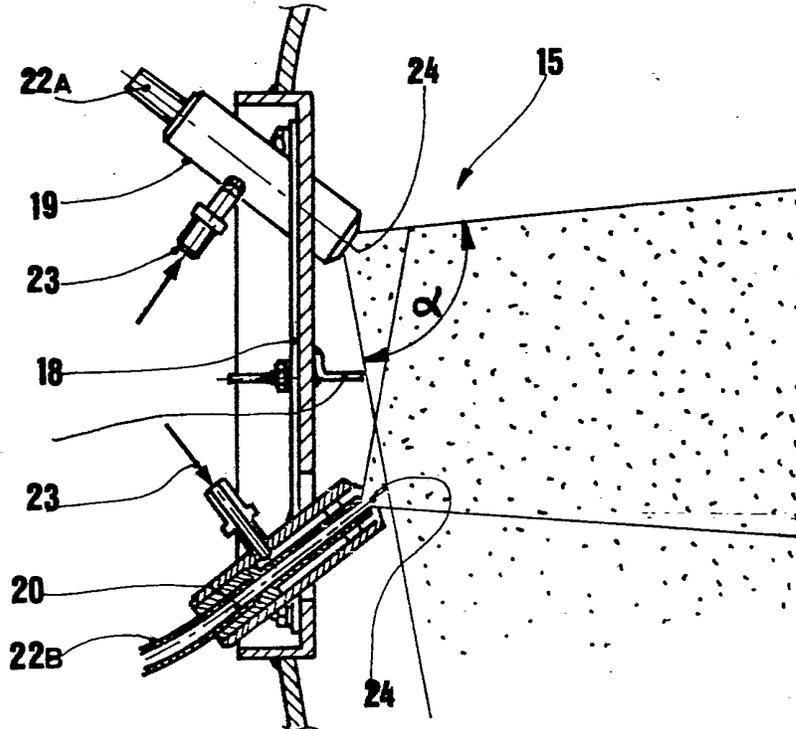


FIG. 4



3-3

FIG. 5

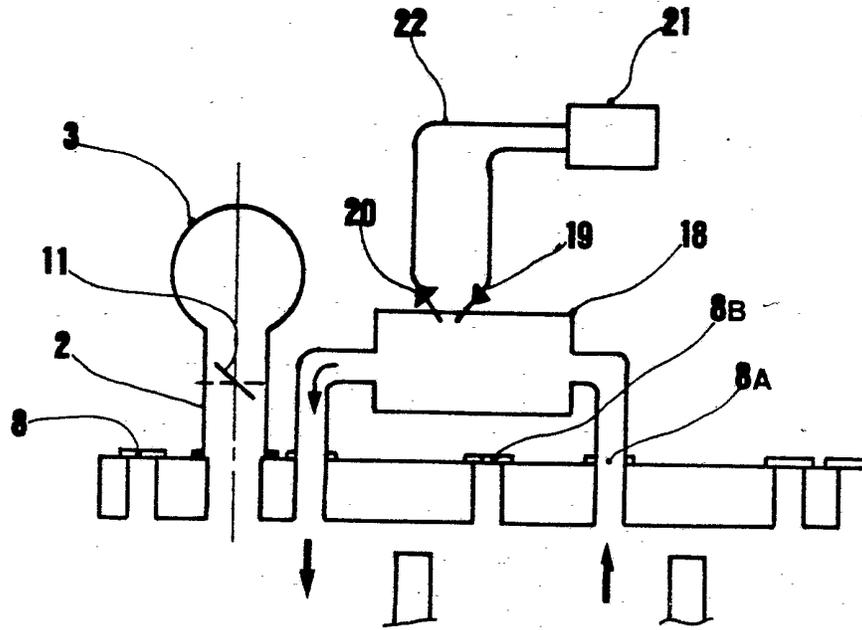


FIG. 6

