

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14.04.97.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.10.98 Bulletin 98/42.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE
— FR.

72 Inventeur(s) :

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) :

54 PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE CONTROLE DE LA COMBUSTION D'UN CATALYSEUR EN
REGENERATION PAR REPERAGE DE LA POSITION DU FRONT DE FLAMME.

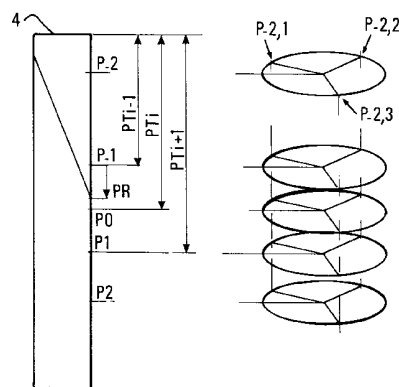
57 L'invention concerne un procédé et un dispositif pour
le contrôle de la combustion de la matière carbonée présen-
tée sur un catalyseur en régénération en lit mobile, par exem-
ple d'un catalyseur de reformage.

Le procédé est caractérisé en ce que on mesure au
moins un paramètre XY de la zone où il y a combustion to-
tale et au moins un paramètre XN de la zone où il n'y a pas
de combustion, on attribue à au moins un point de référence
choisi à proximité ou sur le front de flamme, à obtenir dans
des conditions normales de fonctionnement, une fonction
paramétrique incluant XY ET XN, la localisation dudit point
dans les conditions normales de fonctionnement constituant
une valeur consigne de référence et on calcule la position,
à partir de points de mesure situés de part et d'autre de la
valeur consigne de référence, d'un point fictif calculé à partir
de la fonction paramétrique, et en ce que ladite position est
comparée à la valeur consigne de référence, et, s'il existe
une différence, on modifie au moins une condition opératoi-
re de façon à réduire ou éliminer ladite différence.

Le point de référence choisi est de préférence le point le
plus bas du front de flamme.

Le dispositif comporte un ensemble de points de mesure
et de moyens de mesure disposés de part et d'autre de la

valeur consigne de référence.



L'invention concerne un procédé et un dispositif pour le contrôle de la combustion du coke sur un catalyseur en régénération, à partir de la position du front de flamme.

5 La régénération d'un catalyseur usé sur lequel de la matière carbonée (hydrocarbures adsorbés, coke) a été déposée comprend toujours une étape de combustion dans au moins une zone de combustion.

10 Les catalyseurs ainsi traités sont par exemple des catalyseurs de reformage ou de production d'hydrocarbures aromatiques, à partir de réaction de déshydrogénation ou de déshydrocyclisation d'hydrocarbures paraffiniques ou naphthéniques.

Ils comprennent généralement au moins un métal noble déposé sur un support (par exemple formé d'un ou plusieurs oxydes réfractaires, et contenant éventuellement une ou des zéolites) et au moins un halogène.

15 Ils peuvent également comprendre au moins un métal promoteur (tel que étain ou rhénium) et/ou au moins un métal additionnel (alcalin, alcalino-terreux, éléments du G-III A etc.). Ces catalyseurs sont bien décrits dans la littérature.

Leur régénération est également connue et plusieurs procédés sont exploités.

20 Par exemple, le brevet EP-A-0 378 482 décrit un procédé dans lequel le catalyseur usé chemine progressivement de haut en bas dans une enceinte de régénération où il rencontre successivement une première zone à lit mobile et radiale de combustion, une deuxième zone à lit mobile et radiale de combustion, une zone à lit mobile axiale d'oxychloration et une zone à lit mobile axiale de calcination, et :

25 (a) dans la première zone de combustion, le catalyseur est traité sous une pression de 3 à 8 bars sensiblement égale à celle qui règne dans le premier réacteur de reformage, à une température comprise entre 350 et 450 °C par un gaz de combustion à base d'un gaz inerte circulant à co-courant du catalyseur, renfermant 0,01 à 1 % d'oxygène en volume, ce gaz de combustion provenant d'une zone de lavage des gaz issus de la calcination,

30 (b) dans la deuxième zone de combustion, le catalyseur est traité sous une pression de 3 à 8 bars sensiblement égale à celle qui règne dans ledit premier réacteur à une température supérieure d'au moins 20 °C à la température qui règne dans la première zone de combustion, en présence des gaz en provenance de la première zone de combustion et en présence d'un gaz inerte d'appoint auquel on ajoute jusqu'à 20 % en volume d'oxygène de façon à ce que le catalyseur soit au contact d'un gaz renfermant 0,01 à 1 % d'oxygène en volume, ces gaz
35 circulant à co-courant du catalyseur.

Le catalyseur est ensuite envoyé dans la zone d'oxychloration.

Il est important de s'assurer que la combustion a été suffisante avant de soumettre le catalyseur issu de la combustion aux traitements suivants.

- 5 La demanderesse propose un procédé et un dispositif pour le contrôle de la combustion à partir de l'estimation de la position du front de flamme obtenue à partir de mesures de températures et/ou de teneurs en oxygène.

10 Une application du profil du front de flamme a déjà été faite dans le brevet US-4 859 643 pour optimiser la consommation d'oxygène par l'emploi d'une zone de combustion avec une paroi externe (par laquelle entre le gaz) inclinée de façon à ce que la partie haute du lit ait une largeur inférieure à la largeur de la partie basse du lit. De cette façon, le catalyseur qui entre à proximité de la paroi externe voit diminuer son temps d'exposition à la chaleur et à l'eau.

- 15 Dans la présente invention, qui utilise de préférence un lit mobile de catalyseur de forme annulaire, la connaissance de la position du front de flamme permet de modifier les conditions opératoires de la combustion. Ainsi la réaction de combustion est contrôlée et régulée.

20 Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé pour le contrôle de la combustion de la matière carbonée lors de la régénération d'un catalyseur, ledit catalyseur s'écoulant en lit mobile descendant entre au moins 2 parois dans une zone de combustion, et étant traversé par un gaz chaud contenant de l'oxygène qui entre dans le lit par l'une des parois et en ressort par l'autre paroi, zone dans laquelle se développe un front de flamme à profil incliné dont le point le plus haut est au niveau de la paroi par laquelle entre le gaz et au niveau de l'entrée du
25 catalyseur dans la zone, et dont le point le plus bas est au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz, procédé caractérisé en ce que on mesure au moins un paramètre XY de la zone où il y a combustion totale et au moins un paramètre XN de la zone où il n'y a pas de combustion, on attribue à au moins un point de référence choisi à proximité ou sur le front de flamme, à obtenir dans des conditions normales de fonctionnement, une fonction paramétrique incluant XY et XN,
30 la localisation dudit point dans les conditions normales de fonctionnement constituant une valeur consigne de référence, et on calcule la position, à partir de points de mesure situés de part et d'autre de la valeur consigne de référence, d'un point fictif calculé à partir de la fonction paramétrique, et en ce que ladite position est comparée à la valeur consigne de référence, et, s'il existe une différence, on modifie au moins une condition opératoire de façon à réduire ou
35 éliminer ladite différence.

On suivra la description de l'invention à partir des figures.

La figure 1 représente l'art antérieur EP-A-378 482, et les figures 2 et 3 permettront l'explication de l'invention avec en figure 2 une schématisation d'une zone annulaire de combustion et la figure 3 montrant les moyens de repérage.

- 5 Sur la figure 1, on reconnaît une enceinte de régénération pour un catalyseur de reformage en lit mobile qui arrive par une conduite [17 a] dans une zone de stockage [20] en tête d'enceinte, puis passe par des jambes [9] dans une première zone de combustion [101], et par des jambes [103] dans une seconde zone de combustion [105]. Un gaz contenant de l'oxygène est introduit par des conduites [102] et [104], et il sort de la combustion un effluent par la conduite [108].
- 10 Par les jambes [106], le catalyseur passe dans la zone d'oxychloration [107] alimentée par un gaz chloré [114] puis dans la zone de calcination [116] par les jambes [115], et il ressort de l'enceinte par les conduites [122].

La présente invention s'attache à la ou les zone(s) de combustion.

- 15 On a schématisé figure 2 en coupe longitudinale, une zone de combustion avec un lit de forme annulaire délimité par 2 parois cylindriques coaxiales, une paroi externe [1] et une paroi interne [2]. Par la paroi externe (une grille selon la figure 2) entre un gaz G contenant de l'oxygène qui traverse le lit mobile [3] de catalyseur, en écoulement descendant selon la figure 2, entrant dans la zone au niveau de l'ouverture [4] (qui constitue le haut de la zone de combustion) et
- 20 sortant de la zone de combustion au niveau de l'ouverture [5].
- La zone de combustion a donc une hauteur h (distance entre les ouvertures [4] et [5]. La paroi interne [2] délimite ainsi un collecteur central des gaz [9].

- L'explication de l'invention est donnée ici avec un écoulement du gaz de l'extérieur vers
- 25 l'intérieur, l'écoulement inverse est possible et l'invention s'applique également dans ce cas.

Il se développe dans la zone de combustion un front de flamme, c'est-à-dire une zone où se passe "rapidement" la réaction de combustion.

- 30 Le front de flamme est référencé [6] sur la figure 2. Sa forme résulte de ce que, en haut de la zone, la partie du lit située près de la paroi d'entrée des gaz brûle, et comme le catalyseur descend de façon continue, cette partie de catalyseur se retrouve un peu plus bas et l'oxygène présent à cet endroit va brûler du coke situé un peu plus loin de la paroi par laquelle entre le gaz.

Le front de flamme présente donc un profil incliné vers le bas, le point le plus haut du front est au niveau de la paroi par laquelle entre le gaz (paroi [1] selon la figure 2) et au niveau de l'entrée du catalyseur (ouverture [4] selon la figure 2), et le point le plus bas du front est au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz (paroi [2] selon la figure 2).

5

Le front de flamme sépare donc le lit catalytique en 2 zones : en avant du front de flamme (zone [7]), le catalyseur n'est plus coké (ou pratiquement plus) et il est "froid", alors qu'en arrière du front de flamme (zone [8]) il est coké et "chaud".

- 10 On a pu constater que, pour être assuré que pratiquement tout le coke soit brûlé, le point le plus bas du front de flamme (correspondant à la fin de la combustion) devait se situer avant la fin de la zone de combustion.

- 15 Afin d'assurer un réel contrôle de la position de la fin du front de flamme, il faut s'autoriser une certaine souplesse sur sa position extrême, car le contrôle est une variation autour d'une consigne, et on peut s'imposer que la position la plus basse, de consigne, du front de flamme se situera avantageusement au plus à 98 % de la hauteur h à partir du haut de la zone de combustion, de préférence au plus de 95 % voire au plus de 85 % au plus 80 %. D'une façon générale, la fin du front de flamme est situé dans le tiers inférieur de la zone de combustion.

20

Les conditions opératoires de la zone de combustion agissent sur le front de flamme, et donc sur son point le plus bas. Ce sont la vitesse de déplacement du catalyseur donc son débit ou le débit massique de coke à brûler, la quantité d'oxygène introduite (débit du gaz entrant contenant de l'oxygène $\times$ teneur en oxygène), la température de ce gaz qui sont les paramètres les plus importants.

25

Les expériences et la modélisation de la réaction de combustion faites par la demanderesse montrent que montée en température et consommation de l'oxygène sont concomitantes. Des indicateurs de position du front de flamme sont donc des mesures de températures ou des mesures de consommation en oxygène (directes ou par calcul).

30

Connaître les profils de température, c'est donc connaître la consommation d'oxygène. Et connaître la consommation d'oxygène, c'est connaître l'avancement de la combustion du coke. Donc l'avancement de la combustion du coke est connu par les températures et/ou par la consommation de l'oxygène, ce qui revient à dire que la connaissance du front de flamme permet de savoir l'état de la combustion.

35

Par la suite, la localisation du point de référence (de préférence dans des conditions normales de fonctionnement, le point le plus bas du front de flamme) sera détaillée en termes de profils de températures. (On pourrait indifféremment employer des profils de consommation d'oxygène). Mais, compte tenu de la précision des mesures de température et de concentration
5 en oxygène effectuées sur les débits de gaz entrant et sortant de la combustion, il est illusoire de chercher à localiser précisément la fin du front de flamme à partir de ces seules informations.

La méthode de localisation est expliquée ci-après, à partir du point le plus bas du front de flamme choisi comme point de référence ; elle est valable pour tout autre point appartenant au
10 front de flamme. Le point de référence est à proximité du front de flamme ou sur le front de flamme, dans la zone où il y a une forte probabilité pour qu'il s'y développe dans des conditions normales.

L'exploitant détermine, pour un fonctionnement normal, les conditions opératoires et donc la
15 position P0 du point le plus bas du front de flamme, et la plage de valeurs tolérées dans laquelle P0 peut varier.

Lorsque, en cours de fonctionnement ou au démarrage de l'installation on n'atteint pas ces conditions normales, le repérage du point le plus bas (ou tout autre point) du front de flamme
20 permet de déceler ce dysfonctionnement, et de le corriger en modifiant les conditions opératoires.

On appellera, dans notre cas, valeur consigne de référence, la position du point le plus bas du front de flamme à obtenir dans des conditions normales de fonctionnement. Elle est référencée
25 P0 sur la figure 3.

Pour repérer ladite position, on dispose de part et d'autre de P0 des points (niveaux) de mesure P-1... P-i et P1...Pi, les valeurs P-i étant au-dessus de la position de consigne P0 (vers le haut de la zone de combustion) et Pi en dessous de P0 (vers le bas de la zone de
30 combustion).

La figure 3 montre 5 points (niveaux) de mesure P-2, P-1, P0, P1 et P2. On peut en prévoir autant que nécessaire. Leur écartement est défini par l'homme du métier en fonction de la précision qu'il souhaite obtenir sur la localisation du point le plus bas du front de flamme, de la
35 rapidité souhaitée de la correction à apporter ; pour ce faire, il pourra s'aider de modèles de simulation et de mesures exploratoires.

Ces points de mesure sont disposés avantageusement, selon la figure 3, au niveau du collecteur central [9] puisqu'ils doivent être positionnés du côté de la paroi par laquelle sort le gaz (si l'écoulement de gaz était inverse, les points de mesure seraient du côté de la paroi externe) car le point choisi ici (bas du front de flamme) se situe à ce niveau.

- 5 L'homme du métier choisira la position des points de mesure la mieux adaptée dans son enceinte en fonction du (des) point(s) de référence choisi(s).

La figure 3 montre une disposition dans laquelle les points P-1, P0 et P1 sont relativement proches et disposés à proximité du point P0 correspondant à la valeur consigne à respecter, le point P2 est situé ici plus bas dans la zone de combustion et le point P-2 est situé plus haut dans la zone de combustion. Pour des raisons de lisibilité, on a représenté les points de façon très écartée sans tenir compte des proportions réelles ; par ailleurs le point P2 pour faciliter la lecture est représenté en bas de zone, il pourrait être plus haut.

- 15 Ainsi, le point P2 renseigne sur la température TN (ou T2) de sortie des gaz de combustion lorsqu'il n'y a pas combustion, car il est situé au-delà de la fin du front de flamme. La température indiquée est à comparer avec la valeur de température mesurée en entrée du lit de combustion et doit être du même ordre de grandeur sinon cela signifie que la position de la fin du front de flamme est trop basse. Une alarme opérateur peut alors être déclenchée.
- 20 Ce point P2 est par exemple situé dans le tiers inférieur de la zone de combustion.

Le point P-2 renseigne sur la température de sortie TY (ou T-2) des gaz de combustion lorsqu'il y a combustion, car il est situé dans une zone du lit où il y a toujours réaction quelles que soient les conditions de fonctionnement (on ne doit cependant pas le placer trop près du début du lit de combustion pour éviter les effets de bord). L'emplacement de ce point dans une zone de combustion va permettre de mesurer la température de tranche, ce qui donne à la fois une information sur les conditions de brûlage auxquelles est soumis le catalyseur (qui dépendent notamment du pourcentage d'oxygène et de la température d'entrée des gaz) mais aussi permet de localiser indirectement mais sûrement le front de flamme comme on le détaille par la suite. Ce point P-2 est par exemple situé dans le tiers supérieur de la zone de combustion. La température de tranche est d'ailleurs l'image de l'oxygène consommé en cas de combustion totale ; c'est donc une information qui peut être utilisée à terme en redondance avec l'information de concentration d'oxygène en entrée. De plus en cas de faible pourcentage de coke, cette température est la seule permettant de constater que la combustion se déroule normalement sur une portion plus faible du lit (dans le cas où la fin du front de flamme se situe entre P-2 et P-1).

Les trois points P-1, P0 et P1 sont utilisés afin de donner une information précise de localisation de fin du front de flamme ou tout autre point du front de flamme choisi comme point de référence. L'emplacement de ces points correspond à la zone où se termine normalement le front de flamme, si le point de référence est le point le plus bas du front de flamme.

5

On dispose donc, sur ces points de mesure, des capteurs (thermocouples par exemple) ou tout autre moyen de mesure de température (analyseurs infrarouge par exemple).

Ces moyens peuvent être en totalité ou en partie disposés à l'extérieur du lit catalytique, dans le cas avantageux où les informations représentatives peuvent être obtenues sur le gaz sortant, les moyens sont alors à proximité de la paroi par laquelle sort le gaz. C'est le cas lorsque le point de référence est le point bas du front de flamme.

Ces moyens peuvent être en partie situés dans le lit du catalyseur.

En plus ou à la place de cette mesure de température, on peut mesurer la teneur en oxygène avec des analyseurs d'oxygène par exemple, de façon à connaître, par différence avec l'oxygène entrant, la consommation en oxygène.

La figure 3 montre également la disposition des capteurs sur chaque point de mesure, par exemple 3 capteurs P-2, 1 et P-2, 2 et P-2, 3 sont disposés au point P-2 régulièrement sur une section du collecteur central. On mesure donc en ces points une température de tranche ou on calcule une température moyenne de tranche.

Le profil de température du lit de combustion (de la partie instrumentée) est simplement obtenu en faisant la moyenne des températures sur chaque tranche transversale de la manière suivante :

$$T_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^3 V_{j,i}} \sum_{i=1}^3 V_{j,i} * T_{j,i}$$

Avec : - $T_{j,i}$ représente la température du capteur n° i de la tranche j au point Pj
 - $V_{j,i}$ prend la valeur 0 si le capteur $T_{j,i}$ est hors service, ou 1 si le capteur est en service.
 - T_j est la température moyenne de la tranche j.

Cette formule indique simplement que la moyenne est réalisée uniquement sur les capteurs validés.

35

Un algorithme suffisamment robuste capable de détecter un front de flamme peut se réaliser de la façon suivante à partir des mesures T_j calculées précédemment :

- le niveau de capteur P-2 permet de connaître la température de tranche en un lieu où est présente une combustion totale (zone [8]),
- 5 - le niveau de capteur P2 permet de connaître la température en un lieu où est absente la combustion (zone [7],
- le front de flamme sera choisi arbitrairement comme le lieu où la température est égale à une fonction des températures précédentes $f(T_Y, T_N)$ par exemple, de façon simple à la moyenne des deux températures précédentes.

10

Dans ce cas simple, un algorithme simple permettant de retrouver cette position effectue l'opération suivante : trouver à partir du bas du lit de combustion la première température supérieure à la moyenne des températures T_2 et $T-2$. Puis interpoler entre cette température et la température juste précédente le lieu où la température est égale à la moyenne des

15 températures T_2 et $T-2$. Il suffit ensuite d'ajouter cette valeur à la position physique du capteur de la première température trouvée.

Algorithmiquement :

(initialisation)

- 20 (repérage des deux thermocouples entourant la température moyenne)

pour $i = 2$ à -2

si $T_i > (T-2 + T_2) / 2$

$PR = [(T_i - (T-2 + T_2) / 2) / (T_i - T_{i+1})] * (PT_i - PT_{i-1})$

Avec $\{T_i$: Valeur moyenne des thermocouples de la tranche i

- 25 PR : Position (en mètre <0) par rapport à PT_i

PT_i : Position (en mètre) du capteur P_i qui mesure T_i par rapport au haut de la zone de combustion}

(estimation de la position du front de flamme par interpolation linéaire, à partir du haut de la zone de combustion)

30

$LI = PT_i + PR$ (en unité SI)

$$LI = (PT_i + PR) / (\text{longueur de la zone de combustion}) * 100 \text{ (en \%)}$$

D'autres algorithmes sont envisageables, par exemple on peut évaluer la position fictive de la fin du front de flamme à partir d'une combinaison linéaire de $T-2$, $T-1$, T_0 , T_1 , T_2 . De façon

35

générale, la position fictive sera évaluée par une fonction prédéterminée des mesures de températures accessibles T_i .

5 Le procédé selon l'invention pour le contrôle de la combustion se base donc sur la connaissance d'un point fictif défini par exemple comme présentant une température égale à la moyenne des températures dans la zone de combustion totale et dans la zone d'absence de combustion. On sait que ce point fictif présente une bonne approximation de la localisation réelle du point le plus bas du front de flamme.

10 On a décrit précédemment le procédé de contrôle à partir du paramètre température, un autre paramètre peut être la consommation en oxygène.

15 La régulation par modification d'au moins une condition opératoire, et de préférence de la quantité d'oxygène entrant dans la zone de combustion peut ensuite être effectuée si le point fictif calculé précédemment se trouve en dehors de la plage de valeurs tolérée par l'exploitant autour du point P_0 .

Exemples de scénarii de régulation :

- le point fictif est sur P_0 :

20 Le front de flamme est à la position désirée. On maintient la consigne sur le débit d' O_2 constante.

- le point fictif est entre $P-1$ et $P-2$:

Il y a de l' O_2 en excès. On peut soit ramener la fin du front de flamme à P_0 en réduisant la quantité d'oxygène, soit la laisser telle quelle si le point fictif est sur $P-1$ par exemple.

25 Selon les plages de valeurs tolérées par l'exploitant, on pourrait même s'autoriser une remontée du front jusqu'au niveau $P-2$.

- le point fictif est entre P_0 et P_1 :

Il n'y a pas assez d' O_2 . Il faut augmenter le débit d' O_2 .

30 - Lorsque le front de flamme est trop haut, on arrive à la limite inférieure de la capacité du régénérateur en contrôle. Il faut signaler le fait par une alarme, et passer éventuellement à un mode dégradé de combustion.

- Lorsque le front de flamme est trop bas, on arrive à la limite supérieure de la capacité du régénérateur. Il faut prévoir une alarme et la possibilité de brûlage temporaire dans une zone suivante, en zone d'oxychloration par exemple.

35

Donc une fois ce front localisé, la position du point fictif peut être contrôlée par une régulation classique de type PID (Proportionnelle, Intégrale, Dérivée), ou bien à l'aide d'algorithmes plus performants de type commande par modèle interne et/ou non linéaire utilisant plus judicieusement le modèle de combustion.

5

On a décrit précédemment un procédé opérant avec un lit annulaire, dont les 2 parois sont cylindriques et coaxiales. On peut tout aussi bien travailler avec un lit conique (la section en haut du lit est inférieure à celle du bas du lit) ou avec un lit dont la paroi externe est inclinée, tel que décrit dans le brevet US-4 859 643 précédemment cité. Par ailleurs, si le gaz circule de la paroi interne vers la paroi externe (opposé au sens décrit précédemment), les moyens de mesure sont disposés de préférence au niveau de la paroi externe.

10

Lorsque l'installation et le procédé utilisés dans une régénération de catalyseur comporte plusieurs zones de combustion, la mise en oeuvre de l'invention sur la dernière zone où a lieu la combustion est nécessaire. C'est le cas pour le procédé de régénération décrit dans le brevet EP-A-0 378 482 où on contrôlera la combustion dans la deuxième zone de combustion.

15

Néanmoins, on peut tout à fait appliquer ce contrôle pour localiser la fin du front de flamme dans toute zone où a lieu une combustion et ainsi réguler la combustion dans cette zone.

20

Un autre objet de l'invention est un dispositif pour le contrôle de la combustion de la matière carbonée d'un catalyseur lors de sa régénération dans une enceinte de régénération comportant au moins une zone de combustion, ladite zone étant munie d'au moins une ouverture pour l'entrée du catalyseur et d'au moins une ouverture pour son évacuation, ledit catalyseur s'écoulant en lit mobile dans la zone de combustion entre au moins 2 parois, l'une des parois permettant l'introduction dans le lit d'un gaz chaud contenant de l'oxygène amené par une ouverture de l'enceinte de régénération, le gaz ayant traversé le lit sort par l'autre paroi et est évacué par une ouverture de l'enceinte, dispositif caractérisé en ce qu'il comporte :

25

- au moins un moyen de mesure de la température T_Y de la partie de la zone où il y a combustion,
- au moins un moyen de mesure de la température T_N de la partie de la zone où il n'y a pas combustion,
- au moins 2 moyens de mesure des températures T_j du lit situés aux points P_j entre les moyens de mesure de T_Y et T_N , et situés de part et d'autre d'un niveau P_0 dans la zone de combustion qui correspond à la localisation d'un point de référence du front de flamme à obtenir dans les conditions normales de fonctionnement et dit valeur consigne de référence,

35

- un moyen pour le calcul de la position d'un point fictif correspondant à un point du front de flamme, à partir des mesures de température T_j , T_Y , T_N obtenues aux points P_j , et pour la comparaison de ladite position avec la valeur consigne de référence,
 - un moyen pour la régulation des conditions opératoires de la zone de combustion relié au
- 5 moyen de calcul précédent et aux moyens pour modifier au moins une condition opératoire.

De préférence, le(s) moyen(s) de mesure de T_N est situé dans le tiers inférieur de la zone de combustion. Avantageusement, le(s) moyen(s) de mesure de T_Y est situé dans les deux tiers supérieurs de la zone de combustion.

- 10 Il est intéressant de prévoir que plusieurs moyens de mesure de température sont disposés au même niveau de mesure, conduisant ainsi à une température moyenne de tranche.

De même, avantageusement, lorsque les 2 parois sont cylindriques et coaxiales, définissant un lit annulaire de catalyseur, le gaz entrant par la paroi externe et étant collecté dans un collecteur défini par la paroi interne, des moyens de mesure de température sont disposés

15 dans ce collecteur.

De même, avantageusement, lorsque les 2 parois sont cylindriques et coaxiales, définissant un lit annulaire de catalyseur, le gaz entrant dans la zone de combustion à partir du volume défini par la paroi interne, passant à travers la paroi interne pour traverser le lit et en ressortant par la paroi externe, des moyens de mesure de température sont disposés au niveau de la paroi

20 externe.

On peut également envisager que des moyens de mesure de température sont répartis dans le lit de catalyseur.

Un dispositif particulièrement avantageux avec détection du point le plus bas du front de flamme comporte :

- 25 - au moins un moyen de mesure de la température T_Y de la partie de la zone où il y a combustion au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz,
- au moins un moyen de mesure de la température T_N de la partie de la zone où il n'y a pas combustion au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz,
- au moins 2 moyens de mesure des températures T_j du lit situés aux points P_j entre les
- 30 moyens de mesure de T_Y et T_N au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz, et situés de part et d'autre d'un niveau P_0 dans la zone de combustion qui correspond au point le plus bas du front de flamme à obtenir dans les conditions normales de fonctionnement et dit valeur consigne de référence,
- un moyen pour le calcul de la position d'un point fictif correspondant à un point du front de
- 35 flamme, à partir des mesures de température T_j , T_Y , T_N obtenues aux points P_j , et pour la comparaison de ladite position avec la valeur consigne de référence,

- un moyen pour la régulation des conditions opératoires de la zone de combustion relié au moyen de calcul précédent et aux moyens pour modifier au moins une condition opératoire.

Les moyens pour modifier au moins une condition opératoire sont des vannes par exemple.

- 5 Les températures T_j sont celles de la tranche au niveau de mesure P_j .

Afin de repérer une température représentative de ce qui se passe sur une tranche, plusieurs (par exemple trois selon la figure 3) capteurs sont régulièrement disposés afin d'obtenir à la fois :

- 10
- une redondance d'informations nécessaire car le test et le remplacement de capteurs ne peuvent se faire en fonctionnement,
 - une information sur le profil des écoulements à l'intérieur du régénérateur (déséquilibre, bouchage de jambes, passages préférentiels).
- 15 Dans ce cas, il faut qu'il y ait plusieurs moyens de mesure par tranche et plusieurs niveaux de mesure. Ainsi dans le sens longitudinal, on a des "colonnes" de moyens de mesure.

Afin de détecter la présence de passages préférentiels, on peut calculer sur chacune des trois "colonnes" de thermocouples la somme des écarts par rapport à la moyenne des températures

- 20 de tranche de ces thermocouples, soit :

$$POSi = \frac{1}{\sum_{j=-2}^2 V_{j,i}} \sum_{j=-2}^2 V_{j,i} * (T_{j,i} - T_j)$$

- 25 Avec : POSi : représente le décalage moyen par rapport à la moyenne des mesures des thermocouples de tranche situés en position i.

REVENDECATIONS

- 1 - Procédé pour le contrôle de la combustion de la matière carbonée lors de la régénération d'un catalyseur, ledit catalyseur s'écoulant en lit mobile descendant entre au moins 2 parois dans une zone de combustion, et étant traversé par un gaz chaud contenant de l'oxygène qui entre dans le lit par l'une des parois et en ressort par l'autre paroi, zone dans laquelle se développe un front de flamme à profil incliné dont le point le plus haut est au niveau de la paroi par laquelle entre le gaz et au niveau de l'entrée du catalyseur dans la zone, et dont le point le plus bas est au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz, procédé caractérisé en ce que on mesure au moins un paramètre XY de la zone où il y a combustion totale et au moins un paramètre XN de la zone où il n'y a pas de combustion, on attribue à au moins un point de référence choisi à proximité ou sur le front de flamme, à obtenir dans des conditions normales de fonctionnement, une fonction paramétrique incluant XY et XN, la localisation dudit point dans les conditions normales de fonctionnement constituant une valeur consigne de référence, et on calcule la position, à partir de points de mesure situés de part et d'autre de la valeur consigne de référence, d'un point fictif calculé à partir de la fonction paramétrique, et en ce que ladite position est comparée à la valeur consigne de référence, et, s'il existe une différence, on modifie au moins une condition opératoire de façon à réduire ou éliminer ladite différence.
- 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le point le plus bas du front de flamme est situé à partir du haut de la zone de combustion à une distance d'au plus 98 % de la hauteur totale de la zone de combustion.
- 3 - Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce dans des conditions normales de fonctionnement, la localisation du point le plus bas du front de combustion constitue la valeur consigne de référence.
- 4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le lit mobile a une forme annulaire.
- 5 - Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on contrôle la combustion en modifiant la quantité d'oxygène entrant dans la zone de combustion.
- 6 - Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on contrôle la combustion en modifiant le débit de catalyseur.

7 - Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le catalyseur passe dans plusieurs zones de combustion, et que le procédé est mis en oeuvre dans la dernière zone où a lieu la combustion.

- 5 8 - Dispositif pour le contrôle de la combustion du coke sur un catalyseur lors de sa régénération dans une enceinte de régénération comportant au moins une zone de combustion, ladite zone étant munie d'au moins une ouverture pour l'entrée du catalyseur et d'au moins une ouverture pour son évacuation, ledit catalyseur s'écoulant en lit mobile dans la zone de combustion entre au moins 2 parois, l'une des parois permettant l'introduction dans le
- 10 lit d'un gaz chaud contenant de l'oxygène amené par une ouverture de l'enceinte de régénération, le gaz ayant traversé le lit sort par l'autre paroi et est évacué par une ouverture de l'enceinte, dispositif caractérisé en ce qu'il comporte :
- au moins un moyen de mesure de la température T_Y de la partie de la zone où il y a combustion,
 - 15 - au moins un moyen de mesure de la température T_N de la partie de la zone où il n'y a pas combustion,
 - au moins 2 moyens de mesure des températures T_j du lit situés aux points P_j entre les moyens de mesure de T_Y et T_N , et situés de part et d'autre d'un niveau P_0 dans la zone de combustion qui correspond à la localisation d'un point de référence du front de flamme à
 - 20 obtenir dans les conditions normales de fonctionnement et dit valeur consigne de référence,
 - un moyen pour le calcul de la position d'un point fictif correspondant à un point du front de flamme, à partir des mesures de température T_j , T_Y , T_N obtenues aux points P_j , et pour la comparaison de ladite position avec la valeur consigne de référence,
 - un moyen pour la régulation des conditions opératoires de la zone de combustion relié au
 - 25 moyen de calcul précédent et aux moyens pour modifier au moins une condition opératoire.

9 - Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le moyen de mesure de T_N est situé dans le tiers inférieur de la zone de combustion.

- 30 10 - Dispositif selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que le moyen de mesure de T_Y est situé dans les deux tiers supérieurs de la zone de combustion.

- 11 - Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que plusieurs moyens de mesure de température sont disposés au même niveau de mesure, conduisant ainsi à une
- 35 température moyenne de tranche.

12 - Dispositif selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que les 2 parois sont cylindriques et coaxiales, définissant un lit annulaire de catalyseur, le gaz entrant par la paroi externe et étant collecté dans un collecteur défini par la paroi interne, des moyens de mesure de température sont disposés dans ce collecteur.

5

13 - Dispositif selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que les 2 parois sont cylindriques et coaxiales, définissant un lit annulaire de catalyseur, le gaz entrant dans la zone de combustion à partir du volume défini par la paroi interne, passant à travers la paroi interne pour traverser le lit et en ressortant par la paroi externe, des moyens de mesure de température sont disposés au niveau de la paroi externe.

10

14 - Dispositif selon l'une des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que des moyens de mesure de température sont répartis dans le lit de catalyseur.

15 15 - Dispositif selon l'une des revendications 8 à 14, caractérisé en ce que la position du point fictif est contrôlé par un algorithme de type PID, commande par modèle interne, commande prédictive, ou commande non linéaire.

16 - Dispositif selon l'une des revendications 8 à 15, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 20 - au moins un moyen de mesure de la température T_Y de la partie de la zone où il y a combustion au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz,
- au moins un moyen de mesure de la température T_N de la partie de la zone où il n'y a pas combustion au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz,
- au moins 2 moyens de mesure des températures T_j du lit situés aux points P_j entre les
- 25 moyens de mesure de T_Y et T_N au niveau de la paroi par laquelle sort le gaz, et situés de part et d'autre d'un niveau P_0 dans la zone de combustion qui correspond au point le plus bas du front de flamme à obtenir dans les conditions normales de fonctionnement et dit valeur consigne de référence,
- un moyen pour le calcul de la position d'un point fictif correspondant à un point du front de
- 30 flamme, à partir des mesures de température T_j , T_Y , T_N obtenues aux points P_j , et pour la comparaison de ladite position avec la valeur consigne de référence,
- un moyen pour la régulation des conditions opératoires de la zone de combustion relié au moyen de calcul précédent et aux moyens pour modifier au moins une condition opératoire.

35

1/2

FIG.1

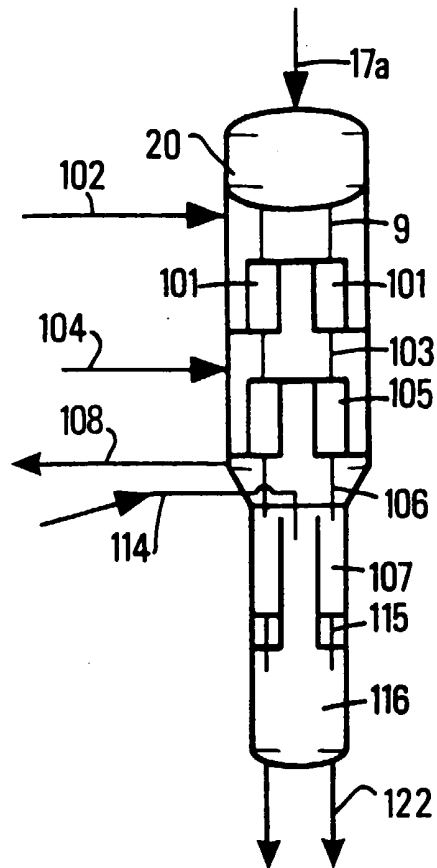


FIG.2

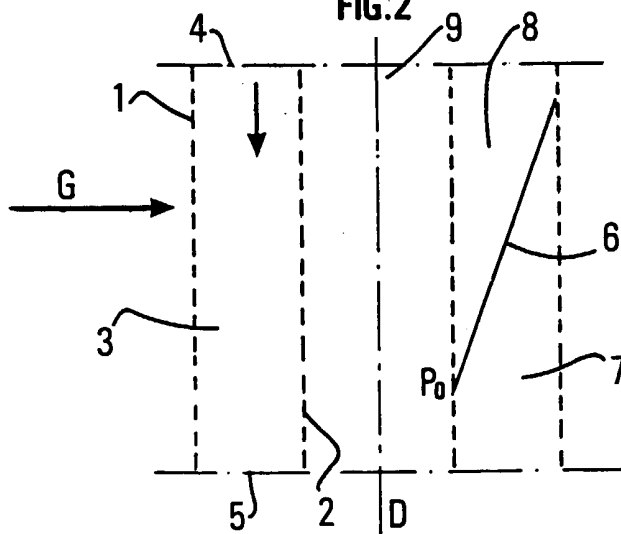
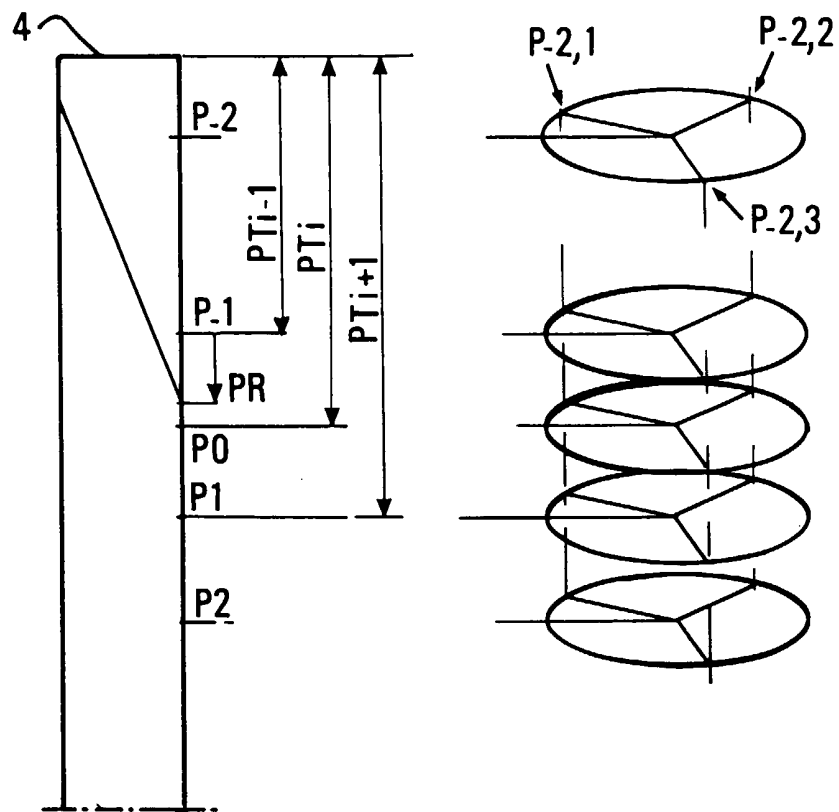


FIG.3



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 542622
FR 9704661

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US 4 872 970 A (BOYLE JOSEPH P) ---	
A	US 5 053 371 A (WILLIAMSON ROBERT R) ---	
A	FR 2 642 330 A (INST FRANCAIS DU PETROL) ---	
A	EP 0 258 137 A (INST FRANCAIS DU PETROL) ---	
D,A	EP 0 378 482 A (INST FRANCAIS DU PETROL) -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B01J C10G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
2 décembre 1997		Thion, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		