

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 551 183

(21) N° d'enregistrement national :

83 08393

(51) Int Cl⁴ : F 23 C 6/04.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 20 mai 1983.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 9 du 1^{er} mars 1985.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : RHONE-POULENC CHIMIE DE BASE. — FR.

(72) Inventeur(s) : Philippe Bernard et François Prudhon.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Henri Martin, Rhône-Poulenc Recherches.

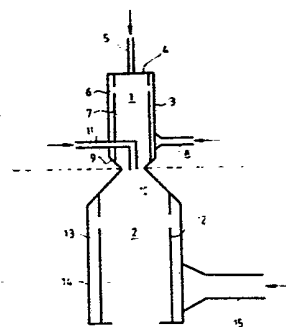
(54) Procédé et dispositif de combustion propre s'appliquant notamment au brûlage des combustibles lourds.

(57) La présente invention a trait à un procédé de combustion propre. Il se caractérise par le fait que :

a. On introduit, dans une première zone 1, un courant gazeux comburant selon des trajectoires hélicoïdales symétriques par rapport à leur axe commun et on introduit un courant de fluide combustible, de sorte à réaliser une première phase de combustion dispersante;

b. On force l'écoulement résultant à travers un passage restreint 10, dans une seconde zone, de manière à lui donner la forme d'un écoulement puits-tourbillon symétrique;

c. On introduit la substance combustible à traiter dans la zone en dépression relative dudit écoulement puits-tourbillon et l'on provoque une seconde combustion grâce à un second courant gazeux comburant 15, dans la seconde zone 2, les quantités de gaz comburant et combustible introduits dans la première zone étant suffisantes pour provoquer la vaporisation de la substance à traiter à l'entrée de la seconde zone.



FR 2 551 183 - A1

PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMBUSTION PROPRE S'APPLIQUANT
NOTAMMENT AU BRULAGE DES COMBUSTIBLES LOURDS

La présente invention a trait à un procédé et un dispositif de combustion propre et s'applique notamment au brûlage des combustibles lourds.

Par combustibles lourds, on entend notamment :

- soit un combustible issu de la distillation d'un pétrole brut tel qu'un fuel 4 ou 5 selon norme ASTM (Burner Fuel Specification D 396 - cf Perry et Chilton Chemical Engineers Handbook - Fifth Edition 9.9) ou ce pétrole brut lui-même,

- soit une émulsion,

- soit une suspension partiellement ou totalement combustible d'un solide dans un liquide ou un gaz.

Par combustion propre, on entend une combustion sans émission finale de particules carbonées.

On sait que ce défaut représente un inconvénient majeur lors de l'utilisation des combustibles lourds. Il se traduit par le fait que l'on observe la formation de résidus solides s'ajoutant aux cendres éventuelles.

Car, jusqu'à ce jour, ce problème n'a pu être résolu de manière satisfaisante à la connaissance de la demanderesse.

Or, la demanderesse a revendiqué, dans le brevet français publié sous le N° 2 257 326, un procédé de mise en contact de substances se présentant sous des phases différentes selon lequel au moins une phase sert à former un écoulement puits-tourbillon à symétrie axiale et au moins une phase est introduite selon l'axe de symétrie dudit écoulement puits-tourbillon, jusque dans la zone en dépression relative dudit écoulement puits-tourbillon, la quantité de mouvement des éléments de volume de l'écoulement puits-tourbillon par rapport à celle des éléments de volume de la phase axiale étant telle que ledit écoulement puits-tourbillon provoque à la fois la désintégration, la dispersion et la prise en charge de la phase axiale et son traitement éventuel par l'écoulement puits-tourbillon.

Dans le brevet français, publié sous le N° 2 276 086, on a revendiqué un procédé et un dispositif pour la génération de gaz chauds en réalisant une combustion dans la zone en dépression

relative d'un écoulement hélicoïdal symétrique.

On a donc naturellement pensé à alimenter le dispositif selon le premier brevet avec un gaz chaud obtenu selon le procédé du second.

Mais l'on conçoit que l'on se soit heurté à des problèmes technologiques, en particulier dans le domaine des températures élevées.

C'est ce qui a amené la demanderesse à revendiquer, dans l'EP 7 846, une nouvelle disposition des éléments qui revient à faire, in situ, la génération des gaz chauds dans une première zone en imposant aux dits gaz la forme d'un écoulement puits-tourbillon et à introduire la matière à traiter dans la zone en dépression relative de cet écoulement, de manière à éviter de soumettre les parties sensibles du dispositif à l'action prolongée des gaz chauds.

Cette solution a permis l'utilisation de températures supérieures à celles de résistance des aciers classiques, conduisant à des résultats remarquables en ce qui concerne la distribution de taille des gouttes obtenues et par suite la vitesse de vaporisation de ces gouttes.

Or, il est connu que la mise en oeuvre des combustibles lourds se heurte à des problèmes dus à l'inhomogénéité de la pulvérisation, ce qui se traduit en particulier par la formation de particules noires (suie, cénosphères...).

L'objet de la présente invention est de pallier ces inconvénients.

Selon le procédé de l'invention :

a) on introduit, dans une première zone, un courant gazeux comburant selon des trajectoires hélicoïdales symétriques par rapport à leur axe commun et on introduit un courant de fluide combustible, de manière à réaliser une première phase de combustion dispersante ;

b) on force l'écoulement résultant à travers un passage restreint, dans une seconde zone, de manière à lui donner la forme d'un écoulement puits-tourbillon symétrique ;

c) on introduit la substance combustible à traiter dans la zone en dépression relative dudit écoulement puits-tourbillon et l'on provoque une seconde combustion grâce à un second courant gazeux

comburant hélicoïdal dans la seconde zone, les quantités de gaz comburant et combustible introduits dans la première zone étant suffisantes pour provoquer la vaporisation de la substance à traiter à l'entrée de la seconde zone.

Pratiquement, on donne à la substance combustible introduite dans la seconde zone une vitesse initiale faible, de préférence inférieure à 10 m/s et si possible à 5 m/s, de manière à ne pas devoir trop augmenter la quantité de mouvement initiale de la phase gazeuse chaude dispersante, le rapport de la quantité de mouvement de ladite phase gazeuse chaude dispersante à celle de la substance combustible étant au moins égal à 100 mais se situant généralement, de préférence, entre 1.000 et 10.000.

La pulvérisation a ainsi lieu par transfert de la quantité de mouvement et on obtient une dispersion isorépartie à l'entrée de la seconde zone pratiquement instantanée en un spectre de fines particules qui se trouvent ainsi dans les meilleures conditions de vaporisation homogène et rapide. L'on qualifiera cette pulvérisation de pulvérisation vaporisante.

Selon l'invention, on évite ainsi l'écueil d'une mauvaise dispersion d'une substance difficilement inflammable et une combustion incomplète à haute température.

La présente invention permet ainsi une qualité de pulvérisation qui conduit à une combustion propre des combustibles lourds, ce qui, comme déjà dit, n'était pas possible jusqu'à ce jour.

Eventuellement, le second courant gazeux est introduit tangentiellement pour former un courant hélicoïdal que l'on peut rendre puits-tourbillon par un passage restreint délimitant la deuxième zone. Dans ce cas, une matière à traiter peut être introduite axialement dans la zone en dépression relative de ce second écoulement. Cette substance est, par exemple, une solution ou suspension minérale, à base de carbonates synthétiques ou naturels, de silices, de silico-aluminates, mais elle peut aussi être de nature organique, ce peut aussi être une eau résiduelle à dépolluer.

Le premier courant gazeux servant à réaliser l'écoulement puits-tourbillon est avantageusement constitué par de l'air.

Le premier combustible introduit peut être amené soit sous forme gazeuse, soit sous forme d'un nuage de pulvérisation qui est obtenu

par tout moyen connu tel que buse de pulvérisation du type de celle décrite dans l'ouvrage de MASTERS (Spray Drying), soit par un dispositif du type à écoulement puits-tourbillon.

Ce premier combustible est choisi de préférence pour sa facilité de combustion.

Il est donc situé dans la gamme des combustibles coûteux, eu égard aux combustibles lourds, et on aura donc intérêt à en réduire la proportion par rapport au dit combustible lourd.

Le deuxième combustible qui est à traiter, tel que fuel lourd ou suspension combustible, est introduit axialement dans la zone en dépression relative de l'écoulement puits-tourbillon issu de la première zone, de manière à favoriser l'effet de succion dû à ladite zone en dépression relative.

Le second combustible est généralement un combustible correspondant aux types 4 et 5 des normes ASTM.

Le second écoulement puits-tourbillon symétrique est obtenu à l'aide d'un gaz comburant tel que l'air.

--- Les courants hélicoïdaux introduits dans une zone le sont avantageusement sous faible pression, de préférence à une pression inférieure à 10^5 Pa par rapport à la pression régnant directement en aval de ladite zone lorsque ladite pression est égale à la pression atmosphérique.

Le procédé selon l'invention peut être mis en oeuvre par un dispositif selon l'EP 7846 qui comprend (Fig. 1)

- une première chambre (1) de combustion correspondant à la zone 1

- une chambre de mise en contact et de combustion (2) correspondant à la zone 2.

La chambre (1) présente une enveloppe (3) fermée à sa partie amont par une plaque de fond (4), un espace annulaire (6) délimité intérieurement par une paroi perforée (7), un passage restreint (10), au moins un conduit (8) d'amenée tangentielle d'une phase gazeuse et un moyen d'injection du carburant (5) à l'intérieur de la chambre (1), l'enveloppe (3) se terminant en aval par un convergent (9) dans lequel aboutit, selon l'axe de symétrie de rotation de la chambre (1), un dispositif d'injection (11), sensiblement au niveau du passage restreint (10), la chambre de mise en contact (2)

prolongeant en aval la chambre (1) selon le même axe de symétrie de rotation et étant pourvue d'une paroi perforée (12) définissant un espace annulaire (13) avec son enveloppe (14), espace dans lequel aboutit au moins une entrée tangentielle (15).

Ce dispositif peut également comprendre (Fig. 2) une seconde chambre de traitement (16) d'une substance introduite par un second dispositif d'injection (17) disposé sensiblement au niveau d'un second passage restreint (18).

Dans la chambre (1), on génère un gaz chaud par combustion d'un premier combustible.

Au niveau du passage restreint (10) séparant la chambre (1) de la chambre (2), on introduit la matière à traiter et on utilise l'effet puits-tourbillon localisé en aval du passage restreint pour disperser le combustible en très fins éléments de volume.

Dans un cas simple où les gaz comburants sont constitués par de l'air et où le premier combustible est un hydrocarbure gazeux, les conditions normales de marche pour ce dispositif sont les suivantes :

- la température minimale de pulvérisation vaporisante du combustible lourd est compris entre 150 et 300° C, à l'issue de la zone d'isorepartition,
- la température de la phase gazeuse issue de la zone 1 est compris entre 400 et 1000°C.
- le rapport massique de la quantité d'air introduit dans la zone 2, par rapport à celle de l'air introduit dans la zone 1, est compris entre 1 et 100, cette dernière valeur étant fonction de la température finale visée en zone 2
- le rapport massique de la quantité de combustible introduit dans la zone 1, par rapport à celle introduite dans la zone 2, est compris entre 0,01 et 0,1.

Bien entendu, ces conditions de marche pourront être modifiées en fonction :

- de la nature du courant gazeux comburant introduit dans la zone 1 : par exemple oxygène au lieu d'air,
- de la nature du combustible introduit dans la zone 1 : par exemple hydrogène. Dans le cas où on vise une température dans la zone 1 plus élevée, de l'ordre de 1000 à 2500°C notamment lorsqu'on

utilise l'oxygène comme comburant, on met en oeuvre préférentiellement le dispositif illustré à la Fig. 3 qui présente une chambre 1, dans laquelle débouchent tangentielllement les entrées 19 reliant la chambre 1 à des tores de distribution 20 alimentés par des tubulures 21.

Le refroidissement de la chambre 1 est assuré par une circulation de liquide de refroidissement comprenant un espace annulaire de circulation 22 autour de la chambre 1.

Cet espace annulaire de circulation 22 peut être remplacé par un ensemble tubulaire 23 creusé dans l'épaisseur des parois de la chambre 1, comme illustré à la Fig. 4, en particulier à petite échelle.

La température de la phase gazeuse, issue de la seconde zone, va dépendre largement de l'application envisagée.

Enfin, toutes ces conditions dépendront également de la nature du combustible à vaporiser.

EXEMPLE 1

A l'aide du dispositif illustré Fig. 1, on a réalisé les essais résumés dans le tableau suivant :

ESSAIS	1	2	3	4	5	6	7	8
Air dans la zone:								
1 (A1) kg/h	62.2	59.2	58.2	57.9	66.5	56.2	56.6	54.4
Air dans la zone:								
2 (A2) kg/h	1450	1450	1239	1450	1417	1054	1100	1047
A2/A1	23,3	24,5	21,3	25	21,3	18,8	19,4	19,2
T1 (*) ° C	835	815	800	680	775	970		950
T2 (**) ° C	1225	1140	1300	1140	1200	1270	1120	
Débits kg/h								
Combustible léger:								
(o)	19.5		20.9	13.7	23.8			
Combustible lourd:								
(oo)		15				8	12.5	19.9

T1 (*) = température zone 1

T2 (**) = température zone 2 mesurée dans l'axe de la chambre 2
c'est-à-dire dans la flamme

(o) = 2 selon normes ASTM

(oo) = 4 selon normes ASTM

Lors de l'essai 8, on a réhomogénéisé en température le gaz issu du système afin de pouvoir faire un bilan thermique.

Données expérimentales

	<u>Zone 1</u>	<u>Zone 2</u>
Débits d'air entrant en kg/heure (mesurés)	54,4	1047
Débits de combustible en kg/heure	1,5 évalués	19,9 mesurés
Températures de sortie en ° C (mesurées)	950	850

Calcul de la température de sortie par bilan sur la zone 2

Entrée : $54,4 \text{ kg/h} \times 1,096 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \times 950^\circ\text{C} =$
 $56\,641 \text{ kJ/heure}$

Génération : $19.9 \text{ kg/h} \times 41\,840 \text{ kJ/kg} = 832\,616 \text{ kJ/h}$

Sortie : $1123 \text{ kg/h} \times 1,075 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \times t \text{ } ^\circ\text{C}$
d'où $t^\circ\text{C} = 735^\circ\text{C}$

La température mesurée au centre de la canalisation de sortie des gaz est de 850°C , ce qui compte tenu des imprécisions expérimentales sur les mesures est tout à fait en accord avec une élévation de température de 735°C pour un gaz préalablement surpressé.

L'intérêt de la présente invention peut être facilement appréhendé de la manière suivante :

- lorsque la combustion dans la chambre (1) a lieu, la paroi interne de la chambre (2) est toujours froide et très propre et le reste durant toute l'expérience ;
- lorsque l'on coupe l'alimentation du combustible dans la zone (1), on observe :
 - que les parois de la chambre (2) se salissent très rapidement (chemisage de fuel liquide fondu noir), à mesure que la température des gaz de pulvérisation décroît,
 - que la flamme change d'aspect (devient plus éclairante) et que les gaz de combustion se chargent d'imbrûlés,
 - que l'on atteint facilement l'extinction dans la chambre (2).

Il est important de noter que, pour environ 20 kg/h de combustible totalement brûlés, la chambre (2) a pour dimensions :

- diamètre : 180 mm

- longueur : 500 mm

et que, en paroi froide, il se dégage donc de l'ordre de 63.10^6 kJ/h.m^3 , valeur très élevée par rapport à celles qui caractérisent les brûleurs classiques. De telles dimensions sont normalement incompatibles avec une combustion de combustible lourd, surtout à de tels débits, en présence de paroi froide ce que la coupure d'alimentation du combustible en zone(1) confirme d'ailleurs systématiquement.

Le dispositif permet donc la combustion "propre" d'un combustible lourd (type N° 4 ASTM) avec un appoint de combustible dans la chambre (1), de l'ordre de 1 à 10 % en masse (par rapport au combustible lourd)

EXEMPLE 2

On a déterminé les conditions opératoires :

Pour 1000 kg/h de nonadécane : chaleur de vaporisation =
356 kJ/kg à 25° C

chaleur de combustion =
44 279 kJ/kg

Ces conditions sont rassemblées dans le tableau ci-après :

:Quantité :	:	:	:	:
: d'air :	1000 kg/h	:1500kg/h:	2000 kg/h	:2500kg/h:
:introduit :	:	:	:	:
:en zone 1 :	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:Température:	:	:	:	:
:minimum à :	:	:	:	:
:l'issue de :	:	:	:	:
:la zone :	239°C	: 227°C :	219°C	: 213°C :
:d'isorepar-:	:	:	:	:
:tition :	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:Température:	:	:	:	:
:minimum à :	:	:	:	:
:l'issue de :	878°C	: 651°C :	535°C	: 464°C :
:la zone 1 :	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:Quantité de:	:	:	:	:
: C ₃ H ₈ :	:	:	:	:
:introduit :	22 kg/h	:23,4kg/h:	25,7 kg/h	:27,1kg/h:
:en zone 1 :	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:Température:	:	:	:	:
:visée à :	:	:	:	:
:l'issue de :	500°C:700°C:900°C:	:	500°C:700°C:900°C:	:
:la zone 2 :	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:Quantité :	:	:	:	:
:d'air :	:	:	:	:
:introduit :	83T/h:57T/h:42T/h:	:	82T/h:56T/h:42T/h:	:
:en zone 2 :	:	:	:	:
:	:	:	:	:

Ce système permet de générer des gaz chauds ne contenant pas ou très peu de particules solides à partir de combustibles les moins nobles et on imagine facilement les retombées économiques dans des applications telles que : séchage, chauffage, production de vapeur et électricité, et en général toute utilisation de combustibles "lourds", résidus de distillations, suspensions combustibles, etc...

On observe, en effet, une "flamme de gaz" beaucoup moins lumineuse (c'est-à-dire contenant moins de particules solides rayonnantes) lorsqu'on réalise la pulvérisation vaporisante du combustible par du gaz chaud que dans le cas où l'on se contente d'une simple pulvérisation dans l'air de combustion.

Par ailleurs, le dispositif d'introduction du combustible principal impose peu de perte de charge à son écoulement. Il permet donc l'injection d'un mélange constitué de plusieurs phases (bouillies ou transports pneumatiques denses) ou de plusieurs de ces mélanges copulvérisés (introduction coaxiale par exemple) ce qui présente les avantages suivants par rapport aux techniques actuelles

1) très peu de pression motrice nécessaire ($< 3.10^5$ Pa par exemple si la combustion a lieu aux environs de la pression atmosphérique), donc dispositifs simples de pompage non soumis à l'abrasion

2) pas de système d'ajutage pulvérisant soumis à une abrasion forte

3) possibilité de co-injection de produit traitant in situ, dans la flamme même, les éventuels sous-produits indésirables naissant dans la combustion (SO_2 par exemple).

Les produits co-injectés (tels que carbonates très fins) peuvent l'être :

- séparément : solution, bouillie, transport pneumatique
- ou en mélange : suspension stabilisée.

4) possibilité de traitement, par des gaz chauds, de mélanges à base de charbon, ces gaz contenant de l'oxygène, en vue soit de la combustion totale du carbone, soit de sa combustion partielle en présence d'oxydants de ce carbone visant à sa "gazéification" (vapeur d'eau et/ou gaz carbonique par exemple).

Un schéma possible de ce traitement de gazéification est illustré

à la figure 5 où P est un dispositif selon l'invention, adapté à ce type d'alimentation (schéma de principe figure 6).

Dans une zone préliminaire P, on réalise une combustion à l'oxygène d'un hydrocarbure $C_m H_n$, en présence éventuelle de CO_2 .

Au niveau du passage restreint caractérisant le dispositif selon l'invention, on introduit une matière carbonée solide telle que charbon broyé, soit humide, soit mis en transport pneumatique par du CO_2 , ou tout autre moyen.

A la figure 5 sont explicités les débits respectifs d'alimentation des zones P et A : pour 1 de carbone, on introduit $W C_m H_n$, XO_2 , $Y CO_2$, ZH_2 , $C_m H_n$ désignant soit de l'hydrogène, soit un hydrocarbure.

Dans la zone A, on réalise la gazéification de la matière carbonée solide par le CO_2 introduit et les gaz de combustion issus de la zone préliminaire P. On peut éventuellement introduire dans la zone A d'autres réactifs tels que l'hydrogène par exemple.

Enfin, dans la zone B, on réalise une trempe rapide par un tiers corps tel que de l'eau.

Ce système permet de produire un gaz de synthèse dont la composition dépend des conditions opératoires de P et de A.

REVENDICATIONS

- 1) Procédé de combustion propre, caractérisé par le fait que :
 - a) on introduit, dans une première zone, un courant gazeux comburant selon des trajectoires hélicoïdales symétriques par rapport à leur axe commun et on introduit un courant de fluide combustible, de sorte à réaliser une première phase de combustion dispersante,
 - b) on force l'écoulement résultant à travers un passage restreint, dans une seconde zone, de manière à lui donner la forme d'un écoulement puits-tourbillon symétrique,
 - c) on introduit la substance combustible à traiter dans la zone en dépression relative dudit écoulement puits-tourbillon et l'on provoque une seconde combustion grâce à un second courant gazeux comburant, dans la seconde zone, les quantités de gaz comburant et combustible introduits dans la première zone étant suffisantes pour provoquer la vaporisation de la substance à traiter à l'entrée de la seconde zone.
- 2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la substance combustible est introduite dans la seconde zone à une vitesse initiale inférieure à 10 m/s, avantageusement à 5 m/s, le rapport de la quantité de mouvement de la phase gazeuse dispersante à celle de la substance combustible étant au moins égal à 100 et, de préférence compris entre 1.000 et 10.000.
- 3) Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que les courants hélicoïdaux introduits dans une zone sont à une pression relative inférieure à 10^5 Pa, par rapport à la pression régnant directement en aval du système de ladite zone lorsque ladite pression est égale à la pression atmosphérique.
- 4) Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'il comprend une première chambre de combustion (1) qui présente une enveloppe (3) fermée à sa partie amont par une plaque de fond (4), un espace annulaire (6) délimité intérieurement par une paroi perforée (7), un passage restreint (10), au moins un conduit (8) d'amenée tangentielle d'une phase gazeuse et un moyen d'injection du carburant (5)

à l'intérieur de la chambre (1), l'enveloppe (3) se terminant en aval par un convergent (9) dans lequel aboutit, selon l'axe de rotation de la chambre (1), un dispositif d'injection (11), sensiblement au niveau du passage restreint (10), la chambre de mise en contact (2) prolongeant en aval la chambre (1) selon le même axe de symétrie de rotation et étant pourvue d'une paroi perforée (12) définissant un espace annulaire (13) avec son enveloppe (14), espace dans lequel aboutit au moins une entrée tangentielle (15).

5) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait qu'il comprend une seconde chambre de traitement (16) d'une substance introduite par un second dispositif d'injection (17) disposé sensiblement au niveau d'un second passage restreint (18).

6) Dispositif selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé par le fait qu'il présente une chambre 1 dans laquelle débouchent tangentiellement des entrées 19 reliant la chambre 1 à des tores de distribution 20 et 21, le refroidissement de la chambre 1 étant assuré par une circulation de liquide dans un espace annulaire (22) autour de la chambre (1).

7) Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, avec le dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que :

- la température minimale de pulvérisation vaporisante du combustible lourd conduit à une température comprise entre 150 et 300° C à l'issue de la zone d'isorepartition
- la température de la phase gazeuse issue de la première zone est comprise entre 400 et 1.000° C
- le rapport massique de la quantité d'air introduit dans la zone 2, par rapport à celle de l'air introduit dans la zone 1, est compris entre 1 et 100
- le rapport massique de la quantité de combustible introduit dans la zone 1, par rapport à celle du combustible introduit dans la zone 2, est compris entre 0,01 et 0,1.

8) Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 3 au traitement de produits par injection d'un mélange constitué de plusieurs phases.

9) Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 3 au traitement de produits par injection de plusieurs mélanges co-pulvérisés.

10) Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 3 au traitement de mélanges à base de charbon.

FIG. 1

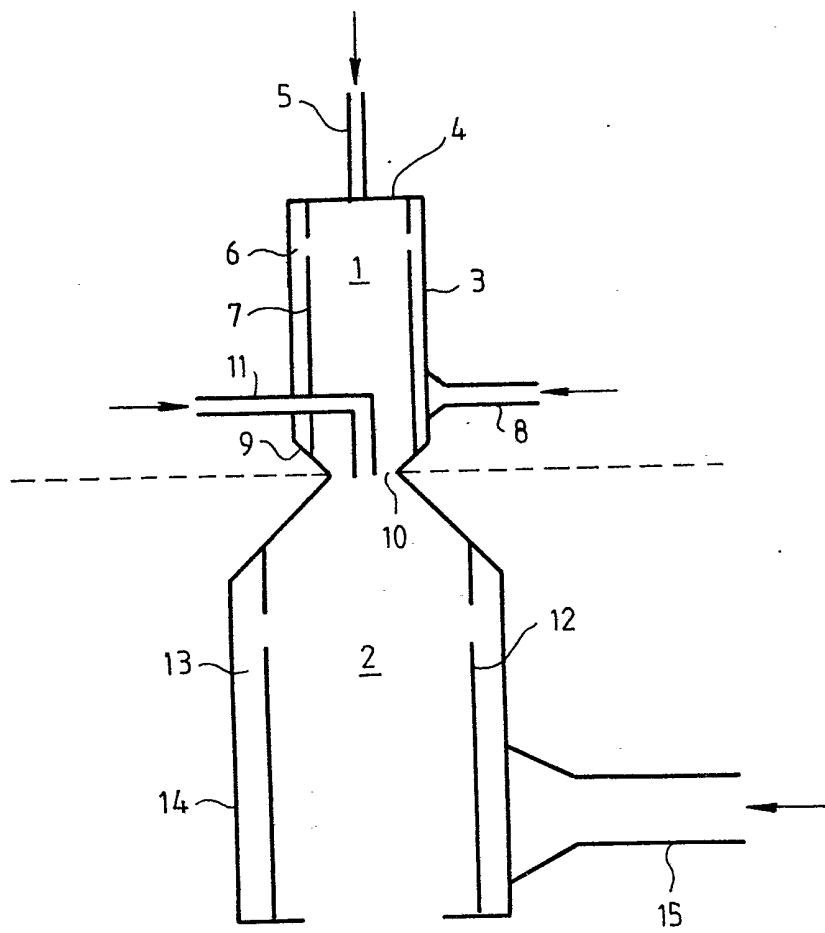


FIG. 3

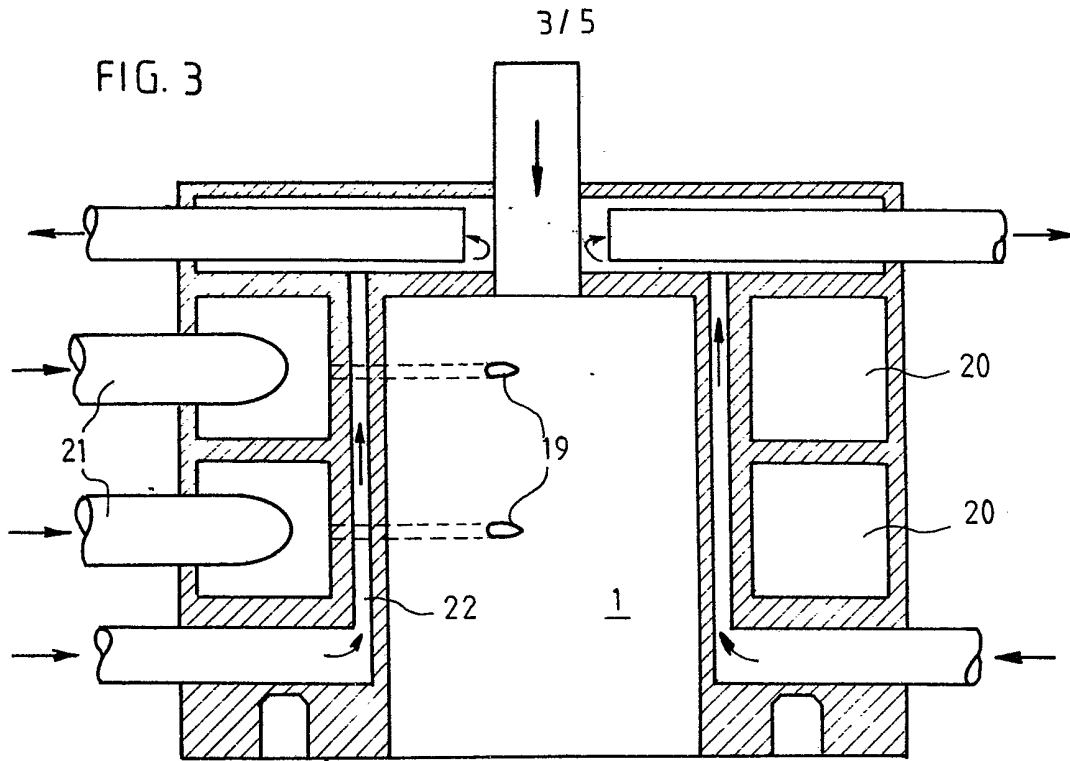


FIG. 4

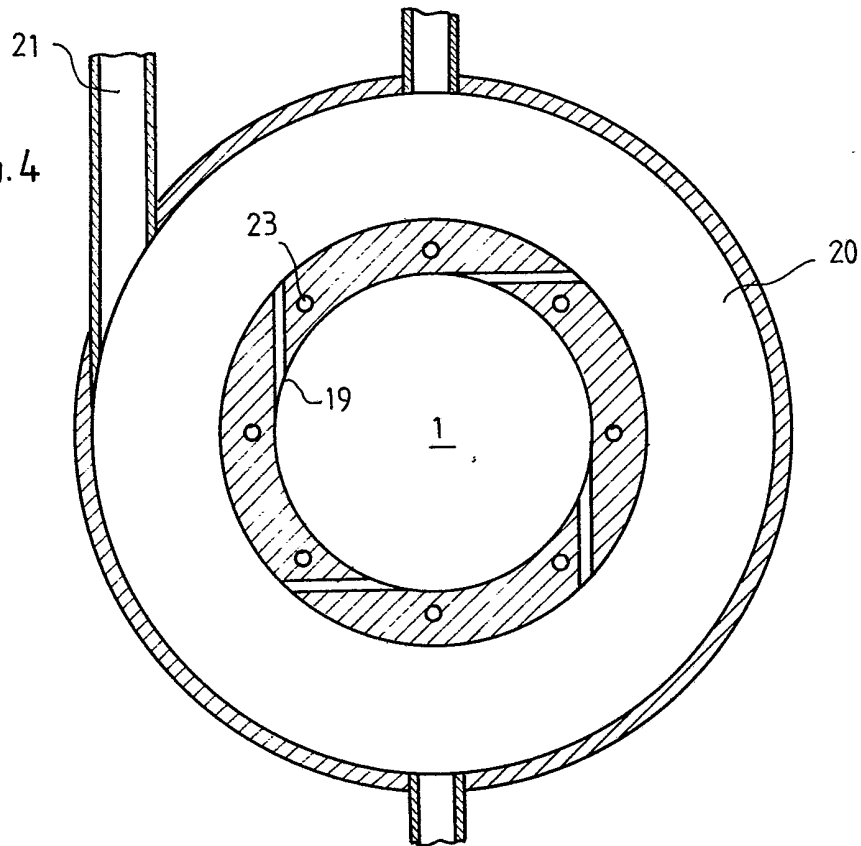


FIG. 5

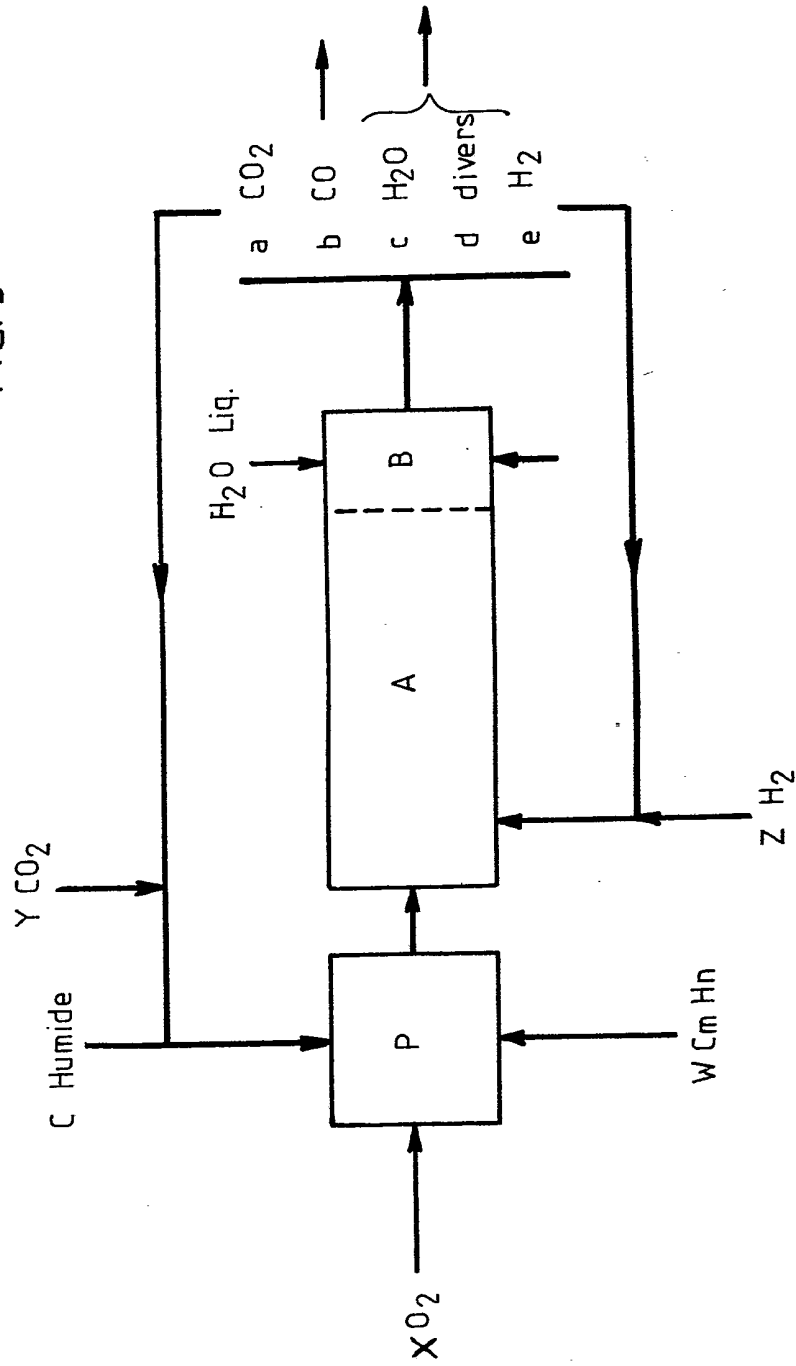


FIG. 6

