

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 août 2003 (07.08.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/064562 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

C10J

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/BE03/00011

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :

STANASILA, Virgil, Corneliu [RO/RO]; Boulevard
Ion Mihalache 70-84, Bloc 45 - Et.7 - App. 25, Sector
1, R- Bucharest 782311 (RO). STANASILA, Octavian,
Nicolae [RO/RO]; Aleea Faurei 8, Vila 9 - App. 11, Sector
1, R- BUCHAREST 784091 (RO).

(22) Date de dépôt international :

29 janvier 2003 (29.01.2003)

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataires : VAN MALDEREN, Joëlle etc.; OFFICE
VAN MALDEREN, Place Reine Fabiola 6/1, B-1083
BRUXELLES (BE).

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

02447013.0

29 janvier 2002 (29.01.2002) EP

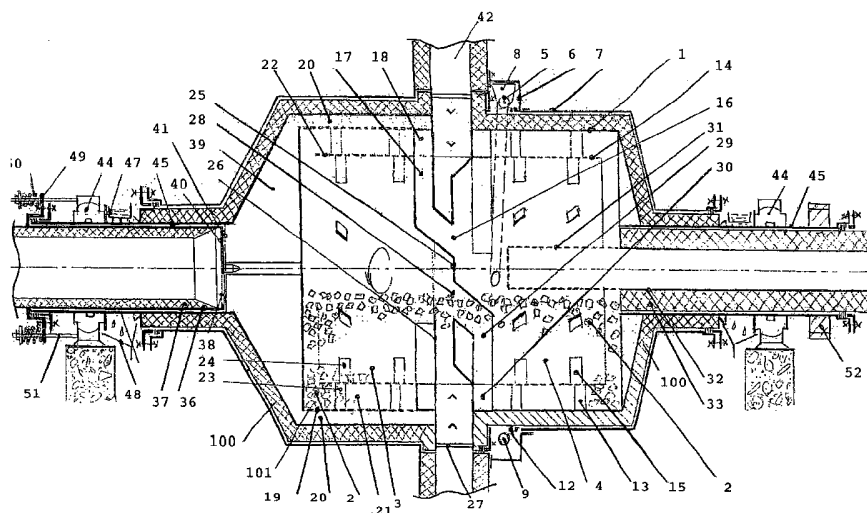
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : N.V.
CLAVES CONSULT [BE/BE]; Ommegangstraat 7-9,
B-9690 Kluisbergen (BE).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND INSTALLATION FOR GASIFYING COMBUSTIBLE MATERIALS

(54) Titre : PROCEDE ET INSTALLATION POUR GAZEIFIER DES MATIERES COMBUSTIBLES



(57) Abstract: The invention relates to a method of gasifying raw materials comprising combustible components. The inventive method is characterised in that the heating of the raw materials and endothermic drying, pyrolysis and gasification reactions by vapour take place in at least a first compartment (4), or reactor, of a horizontal rotary cylindrical furnace (1). According to the invention, the thermochemical treatments, which are performed in the reactor, receive solely sensible heat which is conveyed by a solid heat-transfer medium (2) that is cooled in said reactor by between 40 and 70 °C to a temperature which is less than 900 °C and less than the melting temperature of the ash generated. The aforementioned solid heat-transfer medium (2) is itself heated by a part of the gaseous fuel, which is supplied by the reactor, in a second compartment (3) of the horizontal rotary cylindrical furnace, called the heater, said heat-transfer medium (2) being moved continuously between the two compartments (3, 4) during operation. The invention also relates to an installation that is used to carry out said method.

[Suite sur la page suivante]



WO 03/064562 A2



SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de gazéification de matières premières présentant des constituants combustibles caractérisé en ce qu'un chauffage des matières premières ainsi que des réactions endothermiques de séchage, pyrolyse et gazéification par ladite vapeur se déroulent dans au moins un premier compartiment (4) d'un four cylindrique horizontal rotatif (1), appelé réacteur, où des traitements thermochimiques reçoivent de la chaleur exclusivement sensible, cédée par un solide caloporteur (2) qui est par là refroidi par 40 à 70 °C à une température située au-dessous de 900 °C et au-dessous de la température de fusion des cendres générées, ledit solide caloporteur (2) étant lui-même chauffé par une partie du combustible gazeux fourni par le réacteur dans un deuxième compartiment (3) dudit four cylindrique horizontal rotatif, appelé réchauffeur, tout en présentant un déplacement continu du caloporteur (2) entre les deux compartiments (3,4) lors du fonctionnement. L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre du procédé.

5

PROCEDE ET INSTALLATION POUR GAZEIFIER DES MATIERES
COMBUSTIBLES

10 Objet de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à un procédé autonome thermiquement pour gazéifier des matières premières coupées en petits morceaux de granulométrie 5 à 10 mm, mélangées selon des proportions quelconques et
15 contenant des substances combustibles présentant une humidité pouvant atteindre 25%, de façon à obtenir un combustible gazeux de qualité supérieure (par exemple de PCI compris entre 10 et 30 MJ/m³) et dépourvu de l'azote de l'atmosphère.

20 [0002] Les matières premières peuvent être des charbons de diverses qualités, des stériles carbonifères de lavage ou de filtre-presse, des déchets hospitaliers et hôteliers, des carcasses de véhicules et pneus usagés, des matières plastiques, des déchets de tapis, de cellulose et
25 de papier, des déchets d'abattoir, des farines animales, des déchets végétaux tels que des écorces, feuilles, semences, des huiles usées, etc.

[0003] L'invention se rapporte également à l'installation pour la mise en œuvre du procédé.

30

Arrière-plan technologique et état de la technique

[0004] De nombreux procédés et installations pour gazéifier des combustibles solides sont connus dans l'état de la technique.

[0005] Par exemple, le brevet US-A-5 762 010 décrit une solution pour la pyrolyse et la gazéification de déchets ayant un pouvoir calorifique et une humidité quelconque. L'élément caloporteur, tant pour le séchage de
5 déchets que pour la pyrolyse des déchets séchés, est une masse granulaire, séparable desdits déchets et à recirculation extérieure par bandes transporteuses et élévateurs. L'inconvénient majeur est constitué par les chocs thermiques auxquels la masse granulaire est soumise,
10 lorsqu'elle est mise en contact avec les matières premières. Pendant le processus endothermique de pyrolyse et de gazéification, ces chocs conduisent au bris des granules en petits morceaux, qui se retrouvent partiellement dans les cendres, ce qui nécessite des ajouts
15 en continu de granules coûteux et dommageables pour la technologie. Un autre inconvénient réside dans le transport horizontal et vertical des granules parmi les éléments d'outillage composant l'installation, ce qui limite la température maximale des granules et multiplie le nombre
20 d'élévateurs et composantes en mouvement de l'installation.

[0006] On connaît également le procédé SIEMENS, selon lequel on réalise une pyrolyse à 450 °C de déchets secs, en consommant un combustible provenant de l'extérieur, la chaleur étant transférée grâce à un système
25 récupération, c'est-à-dire par l'intermédiaire de surfaces de chauffe séparant les différents agents thermiques (chauffés et chauffants), en imposant des températures très élevées (au-dessus de 900°C) pour les gaz chauffants. Le désavantage de ce procédé consiste dans l'utilisation de
30 matériaux réfractaires coûteux et dans la récupération ultérieure de la chaleur sensible des gaz de combustion par des installations coûteuses, de volume important.

[0007] Le document US-A-5 311 830 propose une pyrolyse idéale, mais sans gazéification du carbone contenu

dans le coke provenant de la pyrolyse des déchets, en admettant l'apport thermique nécessaire au processus au moyen de surfaces rigides qui séparent les matières premières en évolution des agents gazeux chauffants. Un tel
5 transfert de chaleur nécessite un investissement lourd, sans résoudre la réduction du carbone du coke engendrée par la pyrolyse.

[0008] Le brevet US-A-4 718 358 propose l'utilisation de micro-ondes, comme source d'entretien de
10 la pyrolyse et de la gazéification des déchets, alors que le brevet US-A-4 831 944 propose l'utilisation de plasma comme source primaire de chaleur. Ces deux procédés sont d'un coût prohibitif et donc dépourvus d'intérêt économique.

15 [0009] Dans le brevet US-A-5 678 496, les déchets sont chargés sur des chariots se déplaçant dans deux tunnels parallèles raccordés selon un "U". Il s'agit d'une solution coûteuse n'assurant qu'un échange de chaleur de faible intensité. Les brevets US-A-5 010 828 et US-A-6 067
20 916 utilisent de l'oxygène pur, ce qui est économiquement prohibitif et fait que le pouvoir calorifique du gaz combustible produit soit réduit à une valeur comprise entre 30 et 80% du PCI du gaz de pyrolyse et gazéification par la vapeur d'eau, sous des conditions idéales.

25 [0010] La demande de brevet récente US-A1-2001/0006 036 se rapporte à la gazéification de pneumatiques de voiture en caoutchouc, introduits entiers dans une chambre de gazéification. Le fait qu'on gazéifie des objets de grandes dimensions détermine une surface spécifique
30 d'attaque des réactifs très petite (rapportée à l'unité de masse), ce qui engendre des durées importantes pour le déroulement des procédé.

Buts de l'invention

[0011] L'invention vise à s'affranchir des principaux inconvénients de l'état de la technique susmentionnés.

- 5 [0012] En particulier, l'invention a pour but d'éviter l'utilisation de granules affectés fortement par les chocs thermiques et conduisant à la formation d'écorces.

- [0013] L'invention a pour but complémentaire de ne
10 plus nécessiter un déplacement de caloporteur solide par bandes transporteuses horizontales, ni par élévateurs, et sans limitation de température du caloporteur.

- [0014] L'invention a pour but complémentaire d'éviter le transfert de chaleur par récupération au moyen
15 de parois de séparation.

- [0015] L'invention a encore pour but d'utiliser comme source primaire d'énergie la matière première elle-même au stade final de son évolution, ce qui réduirait de plusieurs dizaines de fois les coûts par rapport à
20 l'utilisation de micro-ondes ou de plasma.

- [0016] L'invention vise enfin à produire une combustion du carbone résiduel du coke résultant de la pyrolyse et de la gazéification partielle par la vapeur d'eau des matières premières, en évitant l'utilisation de
25 l'oxygène comme dans l'état de la technique.

Principaux éléments caractéristiques de l'invention

- [0017] Le procédé et l'installation de gazéification de matières premières présentant des constituants
30 combustibles, avec production de gaz de pyrolyse et vapeur d'eau, séparément ou sous forme de mélange, conformément à la présente invention, réalisent d'une part le chauffage de ces matières premières et d'autre part, les réactions endothermiques de séchage, pyrolyse et gazéification par la

vapeur d'eau dans un premier compartiment d'un four cylindrique horizontal rotatif, nommé "réacteur". On a éventuellement deux compartiments dans le cas où on souhaite la séparation des gaz et de la vapeur d'eau. Les
5 traitements thermochimiques susmentionnés utilisent exclusivement la chaleur sensible, cédée par un solide caloporteur constitué d'une masse d'anneaux réfractaires cylindriques de Rashig de diamètre égal à leur longueur (8 à 10 mm) et d'épaisseur de paroi de 1 à 1,5 mm, de
10 préférence en acier, résistant jusqu'à 900°C sous atmosphère réductrice ou faiblement oxydante.

[0018] L'invention permet avantageusement de s'affranchir des effets négatifs causés habituellement par les chocs thermiques sur les granules réfractaires, en
15 assurant un autonettoyage de la surface cylindrique intérieure du four et offrant une surface spécifique d'échange de chaleur nettement supérieure. La masse d'anneaux de Rashig métalliques, nommés par la suite "anneaux", est refroidie de 40 à 70 °C au-dessous de 900°C
20 et de la température de fusion des cendres produites. Cette masse est chauffée par une partie du carbone fourni dans un autre compartiment du four cylindrique horizontal rotatif, appelé "réchauffeur". Le réacteur et le réchauffeur sont donc conjoints dans un seul four et disposés sur un seul
25 axe, entraîné par un moteur.

[0019] L'invention est relative à un procédé de gazéification de matières premières présentant des constituants combustibles, avec production de gaz de pyrolyse et de vapeur d'eau, séparément ou sous forme de
30 mélange, ledit procédé comprenant au moins les étapes suivantes :

- prévoir un four rotatif horizontal, comprenant au moins un premier compartiment, dit 'réacteur' et au moins un

- deuxième compartiment, dit 'réchauffeur', ledit four étant disposé dans une carcasse statique,
- introduire un solide caloporteur qui est essentiellement une pluralité de granules ou similaires en matériau réfractaire, dans ledit four,
 - introduire des matières premières dans ledit réacteur, pour former un mélange du caloporteur avec les matières premières,
 - déplacer de façon continue ledit caloporteur entre les deux compartiments, lors de la rotation du four,
 - établir des traitements thermochimiques, c'est-à-dire un chauffage des matières premières ainsi que des réactions endothermiques de séchage, pyrolyse et gazéification par ladite vapeur des matières premières, ledit chauffage et lesdites réactions se déroulant dans ledit réacteur, où lesdites traitements thermochimiques reçoivent de la chaleur exclusivement sensible, cédée par ledit caloporteur, ledit caloporteur étant lui-même chauffé dans le réchauffeur, par au moins une partie du coke fourni par le réacteur, comme produit desdites traitements thermochimiques.

[0020] Selon une forme d'exécution préférée de l'invention, ledit solide caloporteur est refroidi dans ledit réacteur, par 40 à 70°C à une température située au-dessous de 900°C et au-dessous de la température de fusion des cendres générées dans le réchauffeur.

[0021] De préférence, ledit solide caloporteur est constitué d'une masse d'anneaux métalliques de Rashig, essentiellement cylindriques.

[0022] Lesdites anneaux présentent de préférence un diamètre et une longueur de 8 à 10 mm et une épaisseur de parois de 1 à 1,5 mm, de préférence en acier réfractaire,

et sont résistant jusqu'à 900°C sous atmosphère réductrice ou faiblement oxydante.

[0023] Selon une forme d'exécution préférée du procédé de l'invention, l'introduction dans le four des
5 matières premières est contrôlée par une écluse, qui déverse avec une fréquence variable, lesdites matières dans un canal toroïdal fixe de préférence de section rectangulaire, solidaire de la carcasse statique du four et de préférence non isolée thermiquement du réacteur, les
10 matières premières y étant collectées par au moins une pelle-raclette disposée à l'extrémité d'au moins un conduit solidaire du réacteur avec une courbure axiale imposée par la carcasse du four, ladite pelle-raclette dirigeant les matières premières à l'intérieur du conduit, où celles-ci
15 tombent par gravité dans le réacteur pour former un mélange avec le caloporteur, avec l'aide d'au moins une vis à palettes individualisées et solidarisées à l'aide d'un câble, de préférence un câble multifilaire en acier flexible, mis en rotation par un moto-réducteur.

20 [0024] De préférence, les matières premières sont découpés en morceaux de granulométrie inférieure à 10 mm, de préférence comprise entre 5 et 10 mm, avant d'être introduits dans le four.

[0025] Selon une forme d'exécution préférée du
25 procédé de l'invention, le groupe moto-réducteur a une puissance d'environ 100W et est alimenté par des raccords fixes à partir d'un groupe redresseur-accumulateur de 24V, par l'intermédiaire de deux conducteurs isolés, solidarisés avec le four et alimentés via des contacteurs mobiles.

30 [0026] Selon une forme d'exécution préférée du procédé de l'invention, pour optimiser le transfert thermique et massique et pour diriger la circulation du mélange caloporteur-matières premières en traitement dans les deux compartiments du four, réchauffeur et réacteur, on

prévoit deux cylindres perforés, i.e. ayant des orifices, lesdits cylindres étant situés respectivement à l'intérieur desdits compartiments, de même axe horizontal que le four et solidarisés au four dans sa zone médiane, un déplacement axial du mélange de l'intérieur desdits compartiments vers l'extérieur se déroulant de l'un côté desdits cylindres, et un déplacement axial du mélange de l'extérieur desdits compartiments vers l'intérieur se déroulant de l'autre côté desdits cylindres, , ainsi que le déplacement vertical de produits gazeux par les orifices des cylindres.

[0027] De préférence, pour remuer, agiter et pousser le mélange du caloporteur avec les matières premières axialement de l'intérieur vers l'extérieur ou vice versa, des compartiments dans un espace limité d'une part par le manteau desdits compartiments et chacun desdits cylindres perforés, on prévoit des palettes en matériaux réfractaire, solidarisées au manteaux desdits compartiments, disposées à égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons telles que lesdites palettes font avancer ledit mélange axialement de l'intérieur desdits compartiments vers l'extérieur desdits compartiments, lors de la rotation du four dans un premier sens de rotation.

[0028] De préférence, pour remuer, agiter et pousser le mélange d'anneaux et matières premières axialement de l'extérieur vers l'intérieur des compartiments dans un espace limité d'une part par chacun desdits cylindres perforés et d'autre part par l'axe du four, on prévoit des palettes en matériaux réfractaire, solidarisées audits cylindres perforés, disposées à égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons telles que lesdites palettes font avancer ledit mélange axialement de l'extérieur desdits compartiments vers l'intérieur desdits compartiments, lors de la rotation du four dans un premier sens de rotation..

[0029] Selon la forme d'exécution préférée du procédé de l'invention, les deux compartiments, réacteur et réchauffeur sont joints dans un seul four unitaire, disposés selon un même axe, entraînés par un seul moteur, 5 alors qu'une circulation continue, sans transporteurs horizontaux ou élévateurs mécaniques, soit réalisée entre réacteur et chauffeur de manière telle que les granules du caloporteur ne quittent jamais l'ensemble du four unitaire.

[0030] Selon une forme d'exécution préférée du 10 procédé de l'invention,

- dès que la matière première est mise en contact dans le réacteur avec ledit caloporteur, de préférence à une température d'environ 850 °C, le mélange caloporteur/matières premières est déplacé le long du 15 réacteur, dans le réacteur, poussé par les palettes dans l'espace compris entre le manteau du réacteur et le cylindre perforé se trouvant dans le réacteur, jusqu'à proximité de l'extrémité axiale extérieure du réacteur, où le mélange caloporteur-matières premières déjà 20 séchées et partiellement pyrolysées change de sens pour se déplacer en sens contraire, poussé alors par les palettes dans l'espace compris entre ledit cylindre perforé du réacteur et l'axe du four, jusqu'à l'extrémité axiale intérieure du réacteur, la matière 25 première y étant alors cokéfiée, complètement pyrolysée et l'ensemble caloporteur-coke résiduel, porté aux environs de 800 °C, étant déversé par une fenêtre, quand celle-ci se trouve sous le niveau du vrac, tombant par gravité dans une chambre, prolongée d'un canal, de 30 préférence s'étendant selon un arc d'environ 225°, dans lequel on forme un bouchon dudit mélange anneaux-coke déversé sous le vrac du caloporteur dans le réchauffeur;

- le coke brûle dans le réchauffeur, lors de son déplacement, poussé par les palettes dans un espace compris entre le manteau du réchauffeur et le cylindre perforé du réchauffeur, jusqu'à l'extrémité axiale
5 extérieure du réchauffeur, où il change de sens pour se déplacer en sens contraire, poussé alors par les palettes dans l'espace compris entre le cylindre perforé du réchauffeur et l'axe du four, jusqu'à l'extrémité axiale intérieure du compartiment;
- 10 - le carbone du coke est brûlé complètement, le caloporteur et des cendres résultant de cette combustion arrivent à la paroi médiane entre le réchauffeur et le réacteur, où, après avoir dépassé un seuil, les cendres sont majoritairement évacuées par une grille, les
15 granules du caloporteur relativement propres sont déversés par une fenêtre et tombent dans une chambre et ensuite dans un canal toroïdal de préférence s'étendant selon un arc d'environ 225° , pour être finalement conduits sous le vrac du réacteur, en bouclant ainsi le
20 cycle fonctionnel des anneaux et matières premières.

[0031] Selon une forme d'exécution préférée du procédé de l'invention, la voie unique de circulation définie par le cycles du caloporteur et des matières premières en traitement est remplacé par une pluralité de
25 voies de circulation, de préférence 3 ou 4, décalées uniformément.

[0032] De préférence, les gaz résultant de la pyrolyse des matières premières et la gazéification par la vapeur d'eau d'au moins une partie du carbone du coke sont
30 collectés par un tuyau muni de perforations, après que ces gaz ont été engendrés majoritairement sous le vrac, c'est-à-dire le mélange caloporteur/matières premières et ont

traversé nécessairement ce vrac, avant d'être dirigés vers une installation de traitement des gaz.

[0033] De préférence, en vue d'obtenir une agitation plus intense du mélange, une réduction de l'angle du talus
5 naturellement formé par le vrac, c'est-à-dire le mélange caloporteur/matières premières des compartiments du four et un nettoyage de la couche de cendres déposées sur les parois, on introduit dans la masse d'anneaux, jusqu'à 10% en masse, des corps cylindriques pleins, de la même forme
10 que ces anneaux et/ou des tétraèdres et prismes de la forme des pièces utilisées en ébavurage.

[0034] Pour produire la vapeur d'eau nécessaire à engendrer le dégazage et la réduction du carbone du coke résultant de la pyrolyse des matières premières, ainsi que
15 la vapeur nécessaire à réaliser le vapocracking en réacteur, les matières premières sont préférablement admises à une humidité allant jusqu'à 25%, ladite vapeur étant engendrée à la base du mélange caloporteur/matières premières et amenée à traverser le mélange entier, en même
20 temps que les gaz qui se déplacent au travers de la masse de coke dont le carbone doit être réduit.

[0035] De préférence dans le procédé de l'invention :

- pour assurer la combustion, à l'intérieur du vrac du
25 réchauffeur, de l'air comburant préchauffé à environ 800 °C dans un préchauffeur/ échangeur est introduit par un conduit fixe pourvu d'une isolation thermique et une fenêtre qui assure l'accès seulement à une fraction, de préférence 9 sur 36, d'une pluralité de canaux radiaux, limités par des plateaux radiaux, l'accès aux autres
30 canaux étant bloqué par un fond;

- le long des canaux radiaux sont présents des orifices, de préférence de Ø 5 mm, nettoyés par le courant continu d'air comburant ;
- l'air comburant, en contact avec le coke, provoque la combustion des résidus carbonés, en engendrant la chaleur nécessaire pour chauffer le caloporteur à une température passant de 800 à 850 °C environ ;
- les gaz de la combustion complète sont évacués par une grille;
- 10 - les gaz de combustion sont renvoyés à l'échangeur, où ils sont refroidis de 880 à 180 °C environ, tout en chauffant l'air comburant de 10 à 800 °C environ.

[0036] L'invention est aussi relatée à une installation pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- Un four rotatif ayant un axe de rotation qui est essentiellement horizontal, ledit four étant disposé dans une carcasse statique et ledit four comprenant au moins deux compartiments, appelés respectivement réchauffeur et réacteur, pour recevoir un mélange d'un caloporteur, c'est-à-dire une pluralité de granules réfractaires, avec des matières premières.;
- Des moyens pour introduire des matières premières et/ou des granules dudit caloporteur dans le four,
- Des moyens pour faire circuler, lors de la rotation du four, ledit caloporteur entre lesdits compartiments.
- Des moyens pour introduire de l'air comburant dans le réchauffeur.

30 [0037] Dans l'installation selon l'invention, lesdits moyens pour introduire des matières premières et/ou des granules du caloporteur comprennent de préférence :

- un canal toroïdal fixe de préférence de section rectangulaire, solidaire de ladite carcasse statique du four et non isolée thermiquement du réacteur, pour recevoir les matières premières dans le four,
 - 5 - à l'intérieur dudit canal toroïdal fixe, au moins un conduit solidaire du réacteur avec une courbure axiale imposée par la carcasse du four, et une pelle-raclette disposée à l'extrémité dudit conduit, pour collecter des matières premières et les introduire dans ledit conduit,
 - 10 - à l'intérieur dudit conduit, une vis à palettes individualisées et solidarisées à l'aide d'un câble, de préférence en acier flexible,
 - un groupe moto-réducteur, pour mettre ledit câble en rotation.
- 15 [0038] Le groupe moto-réducteur peut avoir une puissance d'environ 100W et être alimenté par des raccords fixes à partir d'un groupe redresseur-accumulateur de 24V, par l'intermédiaire de deux conducteurs isolés, solidarisés avec le four et alimentés via des contacteurs mobiles.
- 20 [0039] Selon une forme d'exécution préférée de l'installation de l'invention, ladite installation comprend deux cylindres perforés, i.e. ayant des orifices, lesdits deux cylindres étant situés respectivement à l'intérieur desdits deux compartiments, de même axe horizontal que le
- 25 four et solidarisés au four, assurant un déplacement axial du mélange formé par le caloporteur et les matières primaires, d'abord vers l'extérieur et puis vers l'intérieur desdits compartiments, ainsi que le déplacement vertical des produits gazeux par les orifices des
- 30 cylindres.
- [0040] Selon une forme d'exécution préférée de l'installation de l'invention, ladite installation comprend des palettes en matériau réfractaire, solidarisées au

manteaux des compartiments, disposées à égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons telles que lesdites palettes font avancer ledit mélange axialement de l'intérieur desdits compartiments vers l'extérieur desdits
5 compartiments, lors de la rotation du four dans un premier sens de rotation..

[0041] Selon une forme d'exécution préférée de l'installation de l'invention, ladite installation comprend des palettes en matériau réfractaire, solidarisiées audits
10 cylindres perforés, disposées à égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons telles que lesdites palettes font avancer ledit mélange axialement de l'extérieur desdits compartiments vers l'intérieur desdits compartiments, lors de la rotation du four dans ledit
15 premier sens de rotation.

[0042] Selon une forme d'exécution préférée de l'installation de l'invention, les moyens pour faire circuler ledit caloporteur d'un compartiment à l'autre, comprennent :

- 20 - une paroi entre les deux compartiments, réchauffeur et réacteur, ladite paroi comprenant une première fenêtre, et une deuxième fenêtre,
- une première chambre, prolongée par un premier canal, ladite première fenêtre donnant accès à ladite première
25 chambre et audit premier canal, ledit premier canal donnant accès au réchauffeur,
- une deuxième chambre, prolongée par un deuxième canal, ladite deuxième fenêtre donnant accès à ladite deuxième chambre et audit deuxième canal, ledit deuxième canal
30 donnant accès au réacteur.

[0043] De préférence, l'installation de l'invention comprend un tuyau central, muni de perforations, pour évacuer des gaz du réacteur.

[0044] Selon une forme d'exécution préférée de l'installation de l'invention, lesdits moyens pour introduire de l'air comburant comprennent :

- un conduit fixe, de préférence pourvu d'une isolation thermique, menant l'air comburant vers l'intérieur du réchauffeur,
- une pluralité de plateaux radiaux solidaires au four rotatif, formant une pluralité de canaux radiaux, qui s'étendent entre le manteau du four et le manteau du réchauffeur, ledit manteau du réchauffeur étant pourvu d'orifices pour admettre l'air comburant à l'intérieur dudit réchauffeur,
- entre le conduit fixe et les canaux radiaux, un fond fixe bloquant l'accès à une partie des canaux radiaux, et pourvu d'une fenêtre, donnant accès à l'autre partie desdits canaux radiaux,
- une grille pour évacuer les cendres produits dans le réchauffeur ainsi que les gaz de combustion.

[0045] Selon une forme d'exécution préférée de l'installation de l'invention, ladite installation comprend :

- un foyer pour brûler un combustible extérieur,
- un échangeur de chaleur pourvu de ventilateurs,
- une connexion entre l'échangeur de chaleur et le réchauffeur, pour introduire des gaz comburants dans le réchauffeur.

[0046] Selon une forme d'exécution préférée de l'installation de l'invention, le four rotatif est disposé sur au moins deux paliers, un premier palier se trouvant côté réchauffeur et un second se trouvant côté réacteur, et le conduit fixe est pourvue d'au moins un épaulement, sur lesquels appuient une pluralité de ressorts hélicoïdaux, lesdits ressorts étant serrés sur des tiges, liées à la

partie fixe du palier, pour minimaliser les espaces libres entre le conduit fixe d'alimentation en air comburant et le four.

[0047] Ci-dessous, on donnera un exemple préféré de mise en œuvre de l'invention, en corrélation avec les figures 1 à 5.

Brève description des figures

[0048] La figure 1 représente une vue en coupe verticale axiale de l'installation de four à pyrolyse.

10 [0049] La figure 2 représente une vue en coupe transversale du réacteur à deux voies.

[0050] La figure 3 représente un schéma de principe de l'installation de four.

15 [0051] La figure 4 démontre le déroulement en plan de l'ensemble à deux voies de fig. 2.

[0052] La figure 5 illustre l'évolution avec le déplacement des canaux de communication entre le réacteur et le réchauffeur, dans une ensemble à quatre voies.

20 Description détaillée d'une forme d'exécution préférée de l'invention

[0053] Un four rotatif 1, métallique, réfractaire, cylindrique et horizontal, possède deux compartiments remplis à 40% avec des anneaux de Rashig 2, Ø 8x1,25, longueur ≈ 8 mm, en acier réfractaire et dont la température est comprise en régime de fonctionnement entre 800 et 850 °C. Ces anneaux sont par exemple chauffés dans un compartiment 3, dit "de chauffage" ou "réchauffeur". Lesdits anneaux transfèrent la chaleur sensible qu'ils ont reçue dans un deuxième compartiment 4, dit "réacteur". Les deux compartiments sont disposés l'un à côté de l'autre lelong de l'axe de rotation du four.

25

30

[0054] La matière première, constituée de morceaux de granulométrie 5 à 10 mm, est introduite par un conduit curviligne 5, solidaire du four, avec une courbure imposée par le four, où ladite matière première tombe par gravité, avec un débit contrôlé par une écluse, d'abord dans un espace toroïdal 6 fixe, à section rectangulaire, lié à la carcasse extérieure statique 7 du four.

[0055] La matière première est collectée par une pelle-raclette 8 liée de façon rigide à la tête d'entrée du conduit 5, dans laquelle la charge continue sa chute gravitationnelle pendant la rotation du four (typiquement à 4-6 rotations par minute), et poussée simultanément par une vis 9 constituée de palettes individuelles, solidarisées à l'aide d'un câble multifilaire 10 en acier flexible, mis en rotation par un motoréducteur 11 d'environ 100 W de puissance. Le motoréducteur est alimenté via des raccords fixes par un groupe redresseur-accumulateur de 24 V, et par l'intermédiaire de deux conducteurs isolés 12 solidarisés au four, alimentés par deux contacteurs.

[0056] L'extrémité aval du conduit 5 permet l'introduction de la matière première dans le compartiment 4, par mise en contact avec les anneaux de Rashig à 850°C, animés par la rotation d'un mouvement d'agitation continue. Le mélange matière première-anneaux se déplace au long de la paroi interne du compartiment 4, poussé par des palettes 13 dans l'espace compris entre le manteau 100 du réacteur 4 et un cylindre perforé 14. Le manteau 100 du réacteur 4 est identique au manteau du four 1. Les palettes 13 ont une inclinaison telle que ces palettes poussent le mélange vers l'extérieur du réacteur, lors de la rotation du four dans un premier sens de rotation.

[0057] Au voisinage de l'extrémité du compartiment 4, le mélange d'anneaux et de matières premières déjà séchées, dégazées et partiellement pyrolysées change de

direction et se déplace en sens contraire à celui mentionné ci-dessus, étant à nouveau poussé par un ensemble de palettes 15. Jusqu'à l'autre extrémité du compartiment 4, la matière première est cokéfiée, complètement pyrolysée et le carbone du coke ainsi produit partiellement gazéifié par la vapeur résultant du séchage. Les palettes 15 ont une inclinaison telle qu'elles font avancer le mélange axialement de l'extérieur du réacteur 4 vers l'intérieur lors de la rotation du four dans ledit premier sens de rotation.

[0058] L'ensemble des anneaux et de coke résiduel, aux environ de 800°C, est alors déversé par une fenêtre 16, lorsque celle-ci se trouve sous le niveau du vrac et tombe dans une chambre 17, prolongée par un canal 18, s'étendant sur un arc de cercle d'environ 225°, dans lequel on forme un bouchon de mélange d'anneaux et de coke qui est déversé sous le vrac 2 d'anneaux du compartiment 3. Grâce à l'air comburant porté à 800 °C, qui entre par les orifices 19 d'un ensemble de canaux 20 à la périphérie du compartiment 3, le coke brûle pendant son déplacement avec ses anneaux respectifs dans un espace 21, limité par la périphérie métallique du compartiment réchauffeur 3, c'est-à-dire le manteau 101 du réchauffeur 3, et un cylindre perforé 22. Le coke y est poussé par un ensemble de palettes 23 jusqu'à l'extrémité du compartiment 3 où il change de sens de déplacement. A ce moment, le coke est poussé par un autre ensemble de palettes 24. Le carbone du coke est alors brûlé complètement et les anneaux de même que les cendres résultantes arrivent au niveau de la paroi médiane 25 essentiellement verticale, séparant les compartiments 3 et 4, après le passage d'un seuil 26.

[0059] Puis, les cendres descendent pour leur plus grande partie et sont évacuées par une grille 27, tombant entre les anneaux agités au-dessus de la grille 27 par la

rotation du four. Les anneaux, alors relativement propres, sont déversés par une fenêtre 28 et tombent par gravité dans une chambre 29 et puis dans un canal toroïdal 30 qui s'étend sur un arc de 225°. Les anneaux sont enfin amenés
5 sous le vrac du compartiment 4, et bouclent ainsi leur cycle fonctionnel.

[0060] Pour simplifier la représentation du four, la circulation des anneaux de Rashig entre les compartiments a été présentée pour une seule voie de circulation sur la
10 figure 1. Les fours industriels peuvent cependant avoir avantageusement 3 ou 4 voies de ce type, décalées, pour uniformiser la répartition de la matière première au sein de la masse d'anneaux et de coke, respectivement dans les compartiments 4 et 3. S'il existe une seule bouche
15 d'alimentation, l'introduction de la matière première se fait sur un quart d'une rotation complète du four, et pendant le reste, il n'y pas de matière première introduite, ce qui engendre des non-uniformités d'évolution de la matière. Avec deux voies, l'alimentation est
20 réalisée sur la durée de deux quarts de rotation, en atténuant l'effet des non-uniformités. Avec quatre voies, l'alimentation et l'évolution des matières sont encore plus uniformisés.

[0061] La figure 2 représente la forme d'exécution à
25 deux voies. Les couleurs gris (ou les cercles 'o') et blanche (croix 'x') indiquent la voie des anneaux pour les deux chambres (grise et blanche) du compartiment de l'un côté de la paroi centrale 25. Il existent deux chambres à la partie postérieure de la paroi centrale. Les anneaux
30 entrées dans une des chambres 'vues' parcourent plus d'un quart de la périphérie du four dans un canal adjacent à la paroi centrale, puis le canal étant éloigné de la paroi sur un autre quart du cercle, pour laisser place au canal de l'autre chambre, jusqu'à la sortie des anneaux et avant de

rencontrer les matières premières fraîches entrées dans le four. Par l'utilisation gris et blanc sur le dessin, on signale l'unité entre la chambre grise et le canal gris et de même, l'unité de la chambre blanche et le canal blanc.

5 Par exemple, on voit l'unité entre la chambre 29 et les conduits par lesquels on déplace les anneaux collectés dans la chambre. Ces conduits occupent deux places : près de la paroi centrale du four ou plus loin.

Dans la forme d'exécution de la figure 2, on a deux
10 conduits 5, pourvus de deux pelle-raclettes 8, et deux vis 9. La figure 4 montre le déroulement en plan de l'installation à deux voies.

[0062] La figure 5 illustre schématiquement le déroulement en plan d'un ensemble à quatre voies. On
15 constate que le mélange d'anneaux réfractaires et de matières premières en traitement est pris seulement dans la partie supérieure du vrac et il est introduit à la base ou partie inférieure du vrac du compartiment voisin, pour optimiser les processus.

20 [0063] Lors de la mise en contact de matières premières se trouvant à 20-30 °C et d'anneaux réfractaires à 850 °C, on les sèche vigoureusement et on les préchauffe, toujours brutalement; il en est de même de la dévolatilisation et la gazéification partielle. Dans cette
25 période, on peut éventuellement obtenir le collage de la matière première en évolution, mais le chauffage rapide, au-dessus de 700 °C et l'agitation continue de l'ensemble assurent le nettoyage des anneaux. De même, avant d'être déversées par la fenêtre 28, les cendres dont
30 la température de fusion est au-dessus de 900 °C, sont légèrement séparées des anneaux agités.

[0064] Pour obtenir une agitation plus intensive du mélange, pour réduire la pente du talus spontané de vrac dans les compartiments 3 et 4 et pour nettoyer les cendres

déposées sur les parois, on introduit dans la masse d'anneaux, à concurrence de maximum 10% en masse, des cylindres pleins et/ou des tétraèdres de la même forme que les pièces utilisées pour l'ébavurage.

5 [0065] Des gaz sont obtenus surtout par la pyrolyse, mais également par la gazéification par la vapeur d'eau d'une partie du carbone du coke. Ils sont engendrés presque intégralement sous le vrac et sont obligés de le traverser, en se réchauffant ainsi au-dessus de 750 °C, jusqu'à leur
10 collecte par un tuyau 31 présentant des perforations, qui les conduit vers un tuyau 32 fixe, à parois pleines, avec une isolation thermique 33, d'où ils sont dirigés vers une installation de traitement des gaz, connue en soi. Les goudrons qui sont engendrés pendant la pyrolyse sont
15 chauffés tant que le vrac qui les retient est parcouru par ces gaz, en créant des conditions pour leur vapocracking et donc la réduction du contenu en goudrons.

[0066] L'air comburant consommé dans le compartiment 3 est amené par un ventilateur 34 (fig. 3), qui le prélève
20 dans l'atmosphère et l'envoie vers un préchauffeur 35 et de là dans le four rotatif 1 à une température de 800 °C, au niveau du compartiment 3, par un conduit fixe 36 muni d'une isolation thermique 37 et une ouverture 38. Celle-ci assure l'accès de l'air uniquement dans une partie, de préférence
25 9 de 36 canaux radiaux 20 limités par des plaques radiaux 39. L'accès aux 27 autres canaux est bloqué par un fond 40. La fenêtre 38 est pratiquée dans ce fond 40 qui est soudé avec le tuyau 36. L'existence d'un petit jeu entre le fond 40 et les bords 41 des plaques 39 permet d'assurer une
30 étanchéité presque parfaite, ce qui permet à l'air d'entrer seulement dans 9 des 20 canaux susmentionnés.

[0067] On pratique des orifices 19 de Ø 5mm le long des canaux 20, c'est-à-dire dans le manteau extérieure 101

du compartiment réchauffeur 3. Lesdits orifices sont nettoyés par le courant d'air qui le traverse périodiquement. L'air brûlant, en contact avec le coke, provoque la combustion du résidu de carbone engendrant de la chaleur, cédée surtout aux anneaux réfractaires qui sont chauffés à 800-850 °C, mais également aux gaz de combustion complète qui sont formés et évacués par la grille 27, surtout dans les zones libres d'anneaux.

[0068] Via un conduit de raccord 42 (figure 3), les gaz de combustion complète sont conduits vers l'échangeur 35 où ils sont refroidis de ± 880 °C aux environs de 180 °C, température à laquelle ils sont aspirés par un échappement 43, tout en chauffant de 10 à 800 °C l'air comburant.

[0069] Le four s'appuie sur deux paliers 44, par l'intermédiaire d'un axe 45, à l'intérieur duquel se trouve le conduit 36 d'amenée de l'air comburant à 800 °C. Toujours selon cet axe, du compartiment 4, sort le conduit 32 d'évacuation du combustible gazeux engendré.

[0070] Pour la protection des paliers, on a prévu deux zones 46 de refroidissement de l'axe avec de l'eau de distribuée par des plateaux 47, et collectée par un système 48. On a prévu pour l'étanchement axial du conduit 36 des pièces 49 solidaires du conduit et repoussées élastiquement par des ressorts hélicoïdaux 50, comprimés par des tiges 51 raccordées au bâti du palier 44 du côté du compartiment 3.

[0071] L'entraînement du four rotatif est fait par un moto-réducteur électrique, qui agit sur l'axe 45 du côté du réacteur 4, par l'intermédiaire d'un volant 52.

[0072] La mise en fonction de l'installation commence par le chargement des anneaux de Rashig au moyen d'un système 53 d'alimentation en matières premières (figure 2). Après remplissage à 40% du compartiment 4 au moyen de ces anneaux, l'excès d'anneaux est déversé dans le

compartiment 3, où il est accumulé jusqu'à l'obtention
similaire d'un taux de remplissage de 40% du compartiment
3. Quand les deux compartiments sont remplis de la même
manière, les anneaux peuvent circuler d'un compartiment à
5 l'autre. Ensuite, on met en fonction un foyer 54 où l'on
brûle un combustible gazeux extérieur, consommé seulement
au (re)démarrage de l'installation (figure 3). Grâce aux
ventilateurs 34 et 43 en marche à un régime réduit, les gaz
aspirés par le ventilateur 43 sont chauffés progressivement
10 par les gaz du foyer 54, qui chauffent aussi
progressivement l'air traversant l'échangeur 35 et qui
entre dans le compartiment 3 du four. Le processus de
chauffage continue jusqu'à la température de 750-800 °C
dans les deux compartiments 3 et 4. A ce moment, le foyer
15 54 est mis hors fonction, la consommation de combustible
gazeux extérieur est complètement arrêtée et le four est
préparé pour être alimenté avec les matières premières et
pour fonctionner en régime. Pour accroître le rendement
énergétique du four, les gaz combustibles engendrés seront
20 refroidis de 700 à 100 °C et les gaz de combustion de 180°C
à 100°C, en préchauffant la matière première.

[0073] Les principaux avantages du four à pyrolyse
selon l'invention sont les suivants:

- le procédé peut être adapté pour la valorisation
25 énergétique de diverses matières premières secondaires
produites dans l'industrie telles que sciure de bois,
charbon inférieur, stérile carbonifère de filtre-presse,
etc., ainsi que des déchets variés présentant des
constituants combustibles;
- 30 - le procédé concerne des phénomènes à forte libération
d'énergie et la séparation complète des gaz combustibles
produits de ceux de la combustion, avec absence de
cendres volatiles;

- les installations conformément à l'invention sont hautement écologiques, en réduisant les émissions de CO₂ de 30% par rapport à celles des installations similaires existantes, tout en produisant comme uniques déchets des cendres en quantité minime, concentrées et non dispersées par les gaz ;
 - les installations qui appliquent le procédé de l'invention sont fiables, complètement automatisables et compactes, occupant des petites surfaces (par exemple, la surface d'un terrain pour une installation qui traite 10 tonnes/heure de matières premières est estimée à environ 150 m², sans compter les éventuels stockages);
 - les installations de gazéification selon à l'invention peuvent être placées dans des endroits isolés, en utilisant un petit groupe électrique, peu d'eau et du combustible seulement pour les démarrages, en assurant en revanche un combustible gazeux de bonne qualité, à partir de matières premières d'obtention locale ;
 - lesdites installations ont une faible consommation de puissance électrique, par exemple en dessous de 150 kW pour une installation qui traite 10 tonnes/heure de matières premières, avec une consommation pratiquement nulle de combustible extérieur, et avec une main d'œuvre exploitation limitée (maximum 2 ouvriers par équipes qui se succèdent) ;
 - le rendement de l'installation selon à l'invention dépasse 86 % ;
 - le retour sur investissement d'une installation selon l'invention peut être réalisé en 5 mois maximum.
- 30 [0074] L'invention atténue fortement les désavantages mentionnés de l'état de la technique :
- on remplace les granules par des anneaux métalliques réfractaires, de préférence du type de Rashig,

pratiquement pas affectés par les chocs thermiques, avec des propriétés nettement supérieures de raclage, tout en évitant la formation des écorces;

- 5 - le déplacement du caloporteur solide ne nécessite plus ni bandes transporteuses horizontales, ni élévateurs et ni limitations de température, le déplacement étant réalisé par le four rotatif lui-même, avec prélèvement et déversement optimisés, dans un flux de va-et-vient continu ;
- 10 - le transfert de chaleur n'est pas fait par récupération au moyen de parois de séparation, mais par l'intermédiaire d'une masse d'anneaux réfractaires alternativement chauffée et puis utilisée comme source de chaleur sensible par contact direct avec les matières
15 premières en traitement, ce qui intensifie le transfert thermique de plusieurs centaines de fois par rapport aux autres solutions connues ;
- 20 - la source primaire d'énergie est la matière première elle-même dans son état au terme de son traitement, ce qui réduit de plusieurs dizaines de fois les coûts par rapport à l'utilisation des micro-ondes ou de la plasma ;
- 25 - la combustion du carbone résiduel du coke, résultant de la pyrolyse et de la gazéification partielle à la vapeur d'eau des matières premières, est réalisée avec de l'air fortement préchauffé par les gaz de combustion brûlants évacués, sans aucun contact avec le combustible gazeux engendré, conservé après un traitement thermochimique et en évitant l'utilisation de l'oxygène.

REVENDICATIONS

1. Procédé de gazéification de matières premières présentant des constituants combustibles, avec
5 production de gaz de pyrolyse et de vapeur d'eau, séparément ou sous forme de mélange, ledit procédé comprenant au moins les étapes suivantes :
- prévoir un four (1) rotatif horizontal, comprenant au moins un premier compartiment, dit 'réacteur' (4) et au
10 moins un deuxième compartiment, dit 'réchauffeur' (3), ledit four étant disposé dans une carcasse statique (7),
 - introduire un solide caloporteur (2) qui est essentiellement une pluralité de granules ou similaires en matériau réfractaire, dans ledit four,
 - 15 - introduire des matières premières dans ledit réacteur (4), pour former un mélange du caloporteur avec les matières premières,
 - déplacer de façon continue ledit caloporteur entre les deux compartiments (3,4), lors de la rotation du four,
 - 20 - effectuer des traitements thermochimiques, c'est-à-dire un chauffage des matières premières ainsi que des réactions endothermiques de séchage, pyrolyse et gazéification par ladite vapeur des matières premières, ledit chauffage et lesdites réactions se déroulant dans
 - 25 ledit réacteur (4), où lesdites traitements thermochimiques reçoivent de la chaleur exclusivement sensible, cédée par ledit caloporteur (2), ledit caloporteur (2) étant lui-même chauffé dans le réchauffeur (3), par au moins une partie du coke fourni
 - 30 par le réacteur (4), comme produit desdites traitements thermochimiques.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit solide caloporteur (2) est

refroidi dans ledit réacteur (4), par 40 à 70 °C à une température située au-dessous de 900 °C et au-dessous de la température de fusion des cendres générées dans le réchauffeur (3).

5 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit solide caloporteur (2) est constitué d'une masse d'anneaux métalliques de Rashig, essentiellement cylindriques.

 4. Procédé selon la revendication 3, dans
10 lequel lesdites anneaux présentent un diamètre et une longueur de 8 à 10 mm et une épaisseur de parois de 1 à 1,5 mm, de préférence en acier réfractaire, et sont résistant jusqu'à 900 °C sous atmosphère réductrice ou faiblement oxydante.

15 5. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que l'introduction dans le four des matières premières est contrôlée par une écluse, qui déverse avec une fréquence variable, lesdites matières dans un canal toroïdal fixe (6) de préférence de section
20 rectangulaire, solidaire de la carcasse statique du four et de préférence non isolée thermiquement du réacteur (4), les matières premières y étant collectées par au moins une pelle-raclette (8) disposée à l'extrémité d'au moins un conduit (5) solidaire du réacteur avec une courbure axiale
25 imposée par la carcasse du four, ladite pelle-raclette (8) dirigeant les matières premières à l'intérieur du conduit (5), où celles-ci tombent par gravité dans le réacteur (4) pour former un mélange avec le caloporteur (2), avec l'aide d'au moins une vis (9) à palettes individualisées et
30 solidarisées à l'aide d'un câble (10), de préférence un câble multifilaire en acier flexible, mis en rotation par un moto-réducteur (11).

 6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel les matières premières sont découpés en morceaux de

granulométrie inférieure à 10 mm, de préférence comprise entre 5 et 10 mm, avant d'être introduits dans le four.

7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le groupe moto-réducteur (11) a une puissance d'environ 100 W et est alimenté par des raccords fixes à partir d'un groupe redresseur-accumulateur de 24 V, par l'intermédiaire de deux conducteurs isolés (12), solidarisés avec le four et alimentés via des contacteurs mobiles.

10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, pour optimiser le transfert thermique et massique et pour diriger la circulation du mélange caloporteur-matières premières en traitement dans les deux compartiments (3,4) du four, réchauffeur et réacteur, on prévoit deux cylindres perforés (22,14), i.e. ayant des orifices, lesdits cylindres étant situés respectivement à l'intérieur desdits compartiments (3,4), de même axe horizontal que le four et solidarisés au four (1) dans sa zone médiane, un déplacement axial du mélange de l'intérieur desdits compartiments (3,4) vers l'extérieur se déroulant de l'un côté desdits cylindres (22,14), , et un déplacement axial du mélange de l'extérieur desdits compartiments (3,4) vers l'intérieur se déroulant de l'autre côté desdits cylindres (22,14), , ainsi que le déplacement vertical de produits gazeux par les orifices des cylindres (22,14).

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que pour remuer, agiter et pousser le mélange du caloporteur avec les matières premières axialement de l'intérieur vers l'extérieur ou vice versa, des compartiments (3,4) dans un espace limité d'une part par le manteau desdits compartiments (3,4) et chacun desdits cylindres perforés (22,14), on prévoit des palettes (23,13) en matériaux réfractaire, solidarisées au manteaux

desdits compartiments (3,4), disposées à égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons telles que lesdites palettes (23,13) font avancer ledit mélange axialement de l'intérieur desdits compartiments (3,4) vers l'extérieur desdits compartiments, lors de la rotation du four dans un premier sens de rotation.

10 10. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que pour remuer, agiter et pousser le mélange d'anneaux et matières premières axialement de l'extérieur vers l'intérieur des compartiments (3,4) dans un espace limité d'une part par chacun desdits cylindres perforés (22,14) et d'autre part par l'axe du four (1), on prévoit des palettes (24,15) en matériaux réfractaire, solidarisées audits cylindres perforés (22,14), disposées à 15 égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons telles que lesdites palettes (24,15) font avancer ledit mélange axialement de l'extérieur desdits compartiments (3,4) vers l'intérieur desdits compartiments, lors de la rotation du four dans un premier sens de rotation..

20 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que les deux compartiments, réacteur (4) et réchauffeur (3) sont joints dans un seul four unitaire (1), disposés selon un même axe, entraînés par un seul moteur, alors qu'une circulation 25 continue, sans transporteurs horizontaux ou élévateurs mécaniques, soit réalisée entre réacteur et chauffeur de manière telle que les granules du caloporteur (2) ne quittent jamais l'ensemble du four unitaire.

30 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que :

- dès que la matière première est mise en contact dans le réacteur (4) avec ledit caloporteur, de préférence à une température d'environ 850 °C, le mélange caloporteur/matières premières est déplacé le long du

- réacteur, dans le réacteur (4), poussé par les palettes (13) dans l'espace compris entre le manteau du réacteur (4) et le cylindre perforé (14) se trouvant dans le réacteur, jusqu'à proximité de l'extrémité axiale
- 5 extérieure du réacteur (4), où le mélange caloporteur-matières premières déjà séchées et partiellement pyrolysées change de sens pour se déplacer en sens contraire, poussé alors par les palettes (15) dans l'espace compris entre ledit cylindre perforé (14) du
- 10 réacteur et l'axe du four, jusqu'à l'extrémité axiale intérieure du réacteur (4), la matière première y étant alors cokéfiée, complètement pyrolysée et l'ensemble caloporteur-coke résiduel, porté aux environs de 800 °C, étant déversé par une fenêtre (16), quand celle-ci se
- 15 trouve sous le niveau du vrac, tombant par gravité dans une chambre (17), prolongée d'un canal (18), de préférence s'étendant selon un arc d'environ 225°, dans lequel on forme un bouchon dudit mélange anneaux-coke déversé sous le vrac du caloporteur (2) dans le
- 20 réchauffeur (3);
- le coke brûle dans le réchauffeur (3), lors de son déplacement, poussé par les palettes (23) dans un espace (21) compris entre le manteau (101) du réchauffeur (3) et le cylindre perforé (22) du réchauffeur, jusqu'à
- 25 l'extrémité axiale extérieure du réchauffeur (3), où il change de sens pour se déplacer en sens contraire, poussé alors par les palettes (24) dans l'espace compris entre le cylindre perforé (22) du réchauffeur (3) et l'axe du four, jusqu'à l'extrémité axiale intérieure du
- 30 compartiment (3);
- le carbone du coke est brûlé complètement, le caloporteur (2) et des cendres résultant de cette combustion arrivent à la paroi médiane (25) entre le

réchauffeur et le réacteur, où, après avoir dépassé un seuil (26), les cendres sont majoritairement évacuées par une grille (27), les granules du caloporteur relativement propres sont déversés par une fenêtre (28) et tombent dans une chambre (29) et ensuite dans un canal toroïdal (30) de préférence s'étendant selon un arc d'environ 225°, pour être finalement conduits sous le vrac (2) du réacteur (4), en bouclant ainsi le cycle fonctionnel des anneaux et matières premières.

10 13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que la voie unique de circulation définie par le cycles du caloporteur et des matières premières en traitement est remplacé par une pluralité de voies de circulation, de préférence 3 ou 4, décalées uniformément.

15 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les gaz résultant de la pyrolyse des matières premières et la gazéification par la vapeur d'eau d'au moins une partie du carbone du coke sont collectés par un tuyau (31) muni de perforations, après que ces gaz ont été engendrés majoritairement sous le vrac, c'est-à-dire le mélange caloporteur/matières premières et ont traversé nécessairement ce vrac, avant d'être dirigés vers une installation de traitement des gaz.

25 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, en vue d'obtenir une agitation plus intense du mélange, une réduction de l'angle du talus naturellement formé par le vrac, c'est-à-dire le mélange caloporteur/matières premières des compartiments du four (3,4) et un nettoyage de la couche de cendres déposées sur les parois, on introduit dans la masse d'anneaux (2), jusqu'à 10% en masse, des corps cylindriques pleins, de la même forme que

ces anneaux et/ou des tétraèdres et prismes de la forme des pièces utilisées en ébavurage.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour
5 produire la vapeur d'eau nécessaire à engendrer le dégazage et la réduction du carbone du coke résultant de la pyrolyse des matières premières, ainsi que la vapeur nécessaire à réaliser le vapocracking en réacteur, les matières premières sont admises à une humidité allant jusqu'à 25%,
10 ladite vapeur étant engendrée à la base du mélange caloporteur/matières premières et amenée à traverser le mélange entier, en même temps que les gaz qui se déplacent au travers de la masse de coke dont le carbone doit être réduit.

15 17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que :

- pour assurer la combustion, à l'intérieur du vrac du réchauffeur (3), de l'air comburant préchauffé à environ 800 °C dans un préchauffeur/ échangeur (35) est
20 introduit par un conduit fixe (36) pourvu d'une isolation thermique (37) et une fenêtre (38) qui assure l'accès seulement à une fraction, de préférence 9 sur 36, d'une pluralité de canaux radiaux (20), limités par des plateaux radiaux (39), l'accès aux autres canaux
25 étant bloqué par un fond (40) ;
- le long des canaux radiaux (20) sont présents des orifices (19), de préférence de Ø 5 mm, nettoyés par le courant continu d'air comburant ;
- l'air comburant, en contact avec le coke, provoque la
30 combustion des résidus carbonés, en engendrant la chaleur nécessaire pour chauffer le caloporteur (2) à une température passant de 800 à 850 °C environ ;

- les gaz de la combustion complète sont évacués par une grille (27);
 - les gaz de combustion sont renvoyés à l'échangeur (35), où ils sont refroidis de 880 à 180 °C environ, tout en
- 5 chauffant l'air comburant de 10 à 800 °C environ.

18. Installation pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- Un four rotatif (1) ayant un axe de rotation qui est
- 10 essentiellement horizontal, ledit four étant disposé dans une carcasse statique (7) et ledit four (1) comprenant au moins deux compartiments (3,4), appelés respectivement réchauffeur et réacteur, pour recevoir un
- 15 mélange d'un caloporteur (2), c'est-à-dire une pluralité de granules réfractaires, avec des matières premières.;
- Des moyens pour introduire des matières premières et/ou des granules dudit caloporteur (2) dans le four (1),
 - Des moyens pour faire circuler, lors de la rotation du four (1), ledit caloporteur entre lesdits compartiments
- 20 (3,4).
- Des moyens pour introduire de l'air comburant dans le réchauffeur (3).

19. Installation selon la revendication 18, dans laquelle lesdits moyens pour introduire des matières

25 premières et/ou des granules du caloporteur comprennent :

- un canal toroïdal fixe (6) de préférence de section rectangulaire, solidaire de ladite carcasse statique (7) du four (1) et non isolée thermiquement du réacteur (4), pour recevoir les matières premières dans le four,
- 30 - à l'intérieur dudit canal toroïdal fixe (6), au moins un conduit (5) solidaire du réacteur (4) avec une courbure axiale imposée par la carcasse du four, et une pelle-raclette (8) disposée à l'extrémité dudit conduit (5),

pour collecter des matières premières et les introduire dans ledit conduit (5),

- à l'intérieur dudit conduit (5), une vis (9) à palettes individualisées et solidarisées à l'aide d'un câble (10), de préférence en acier flexible,
- un groupe moto-réducteur (11), pour mettre ledit câble en rotation.

20. Installation selon la revendication 19, caractérisé en ce que le groupe moto-réducteur (11) a une puissance d'environ 100 W et est alimenté par des raccords fixes à partir d'un groupe redresseur-accumulateur de 24 V, par l'intermédiaire de deux conducteurs isolés (12), solidarisés avec le four et alimentés via des contacteurs mobiles.

21. Installation selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, comprenant deux cylindres perforés (22,14), i.e. ayant des orifices, lesdits deux cylindres étant situés respectivement à l'intérieur desdits deux compartiments (3,4), de même axe horizontal que le four et solidarisés au four (1), assurant un déplacement axial du mélange formé par le caloporteur et les matières primaires, d'abord vers l'extérieur et puis vers l'intérieur desdits compartiments (3,4), ainsi que le déplacement vertical des produits gazeux par les orifices des cylindres (22,14).

22. Installation selon la revendication 21, comprenant des palettes (23,13) en matériau réfractaire, solidarisées au manteau (100, 101) des compartiments (3,4), disposées à égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons telles que lesdites palettes (23,13) font avancer ledit mélange axialement de l'intérieur desdits compartiments (3,4) vers l'extérieur desdits compartiments, lors de la rotation du four dans un premier sens de rotation..

23. Installation selon la revendication 21, comprenant des palettes (24,15) en matériau réfractaire, solidarisées audits cylindres perforés (22,14), disposées à égales distances ou en groupes et avec des inclinaisons
5 telles que lesdites palettes (24,15) font avancer ledit mélange axialement de l'extérieur desdits compartiments (3,4) vers l'intérieur desdits compartiments, lors de la rotation du four dans ledit premier sens de rotation.

24. Installation selon l'une quelconque des
10 revendications 18 à 23, dans laquelle les moyens pour faire circuler ledit caloporteur (2) d'un compartiment à l'autre, comprennent :

- une paroi (25) entre les deux compartiments, réchauffeur (3) et réacteur (4), ladite paroi comprenant une
15 première fenêtre (16), et une deuxième fenêtre (28),
- une première chambre (17), prolongée par un premier canal (18), ladite première fenêtre (16) donnant accès à ladite première chambre (17) et audit premier canal (18), ledit premier canal (18) donnant accès au
20 réchauffeur (3),
- une deuxième chambre (29), prolongée par un deuxième canal (30), ladite deuxième fenêtre (28) donnant accès à ladite deuxième chambre (29) et audit deuxième canal (30), ledit deuxième canal (30) donnant accès au
25 réacteur (4)

25. Installation selon l'une quelconque des revendications 18 à 24, comprenant un tuyau central (31), muni de perforations, pour évacuer des gaz du réacteur (4).

26. Installation selon l'une quelconque des
30 revendications 18 à 25, dans laquelle lesdits moyens pour introduire de l'air comburant comprennent :

- un conduit fixe (36), de préférence pourvu d'une isolation thermique (37), menant l'air comburant vers l'intérieur du réchauffeur (3),
- une pluralité de plateaux radiaux (39) solidaires au four (1) rotatif, formant une pluralité de canaux radiaux (20), qui s'étendent entre le manteau (100) du four et le manteau (101) du réchauffeur (3), ledit manteau (101) du réchauffeur (3) étant pourvu d'orifices (19) pour admettre l'air comburant à l'intérieur dudit réchauffeur (3),
- entre le conduit fixe (36) et les canaux radiaux (20), un fond fixe (40) bloquant l'accès à une partie des canaux radiaux (20), et pourvu d'une fenêtre (38), donnant accès à l'autre partie desdits canaux radiaux (20),
- une grille (27) pour évacuer les cendres produits dans le réchauffeur (3) ainsi que les gaz de combustion.

27. Installation selon l'une quelconque des revendications 18 à 26, comprenant :

- un foyer (54) pour brûler un combustible extérieur,
- un échangeur de chaleur (35) pourvu de ventilateurs (34,43),
- une connexion (36) entre l'échangeur de chaleur (35) et le réchauffeur (3), pour introduire des gaz comburants dans le réchauffeur (3).

28. Installation selon la revendication 26, dans laquelle le four rotatif est disposé sur au moins deux paliers (44), un premier palier se trouvant côté réchauffeur et un second se trouvant côté réacteur, et dans laquelle le conduit fixe (36) est pourvue d'au moins un épaulement (49), sur lesquels appuient une pluralité de ressorts hélicoïdaux (50), lesdits ressorts étant serrés sur des tiges (51), liées à la partie fixe du palier (44),

pour minimaliser les espaces libres entre le conduit fixe (36) d'alimentation en air comburant et le four (1).

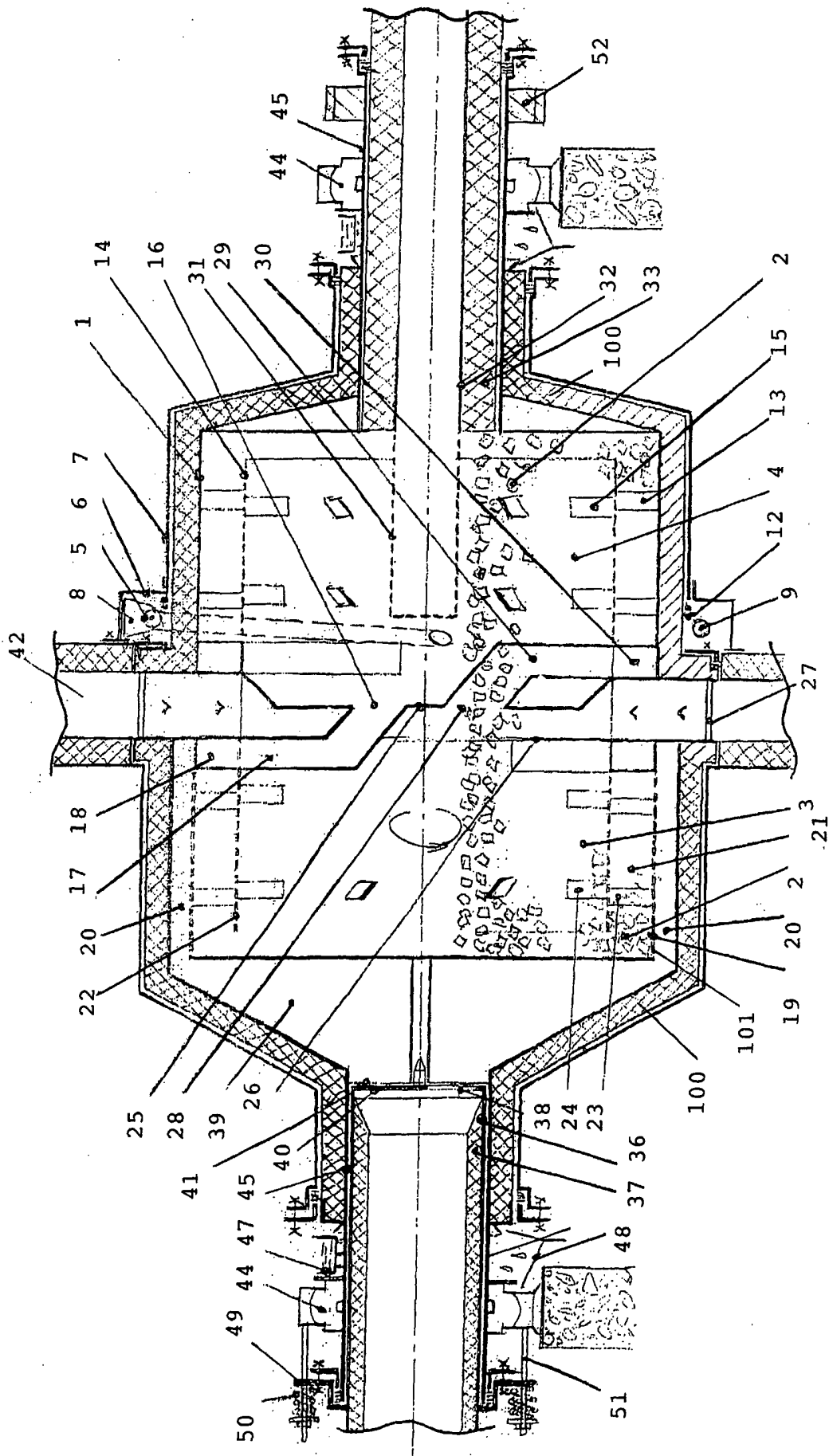


FIG. 1

2/4

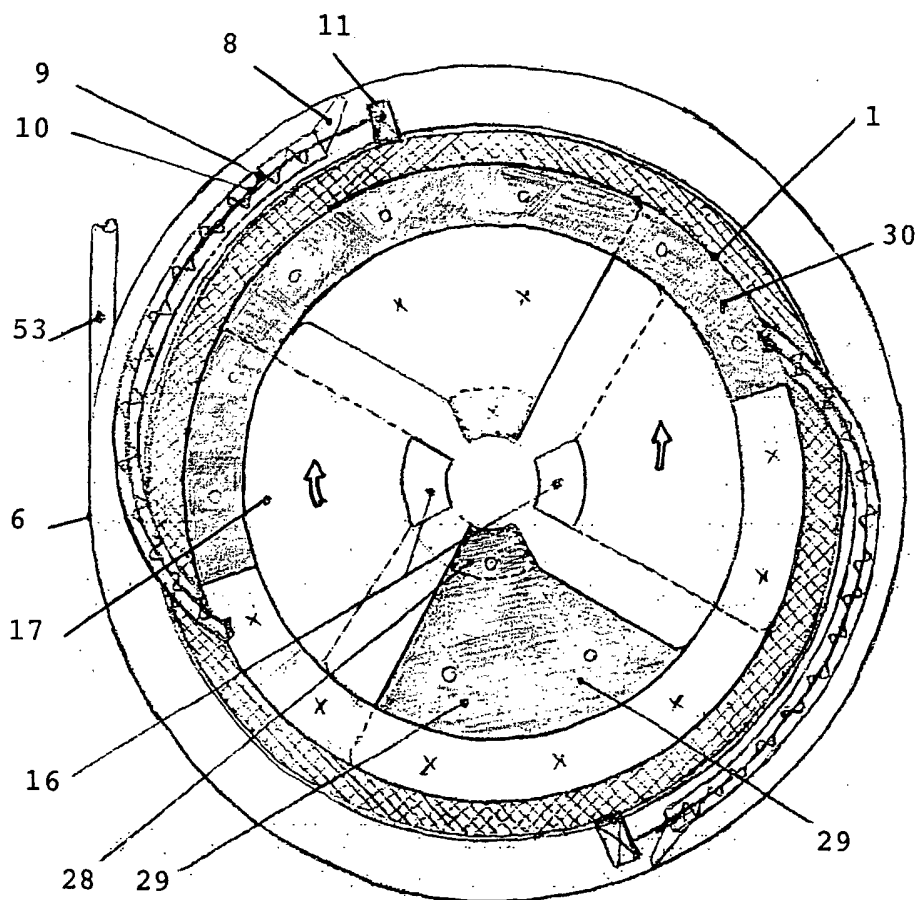


FIG. 2

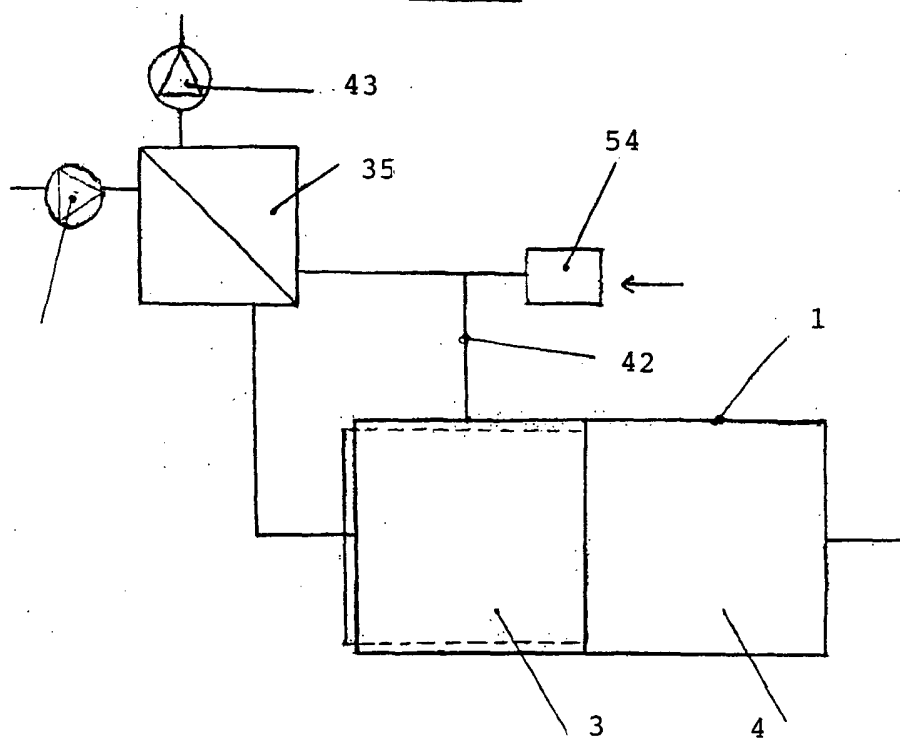


FIG. 3

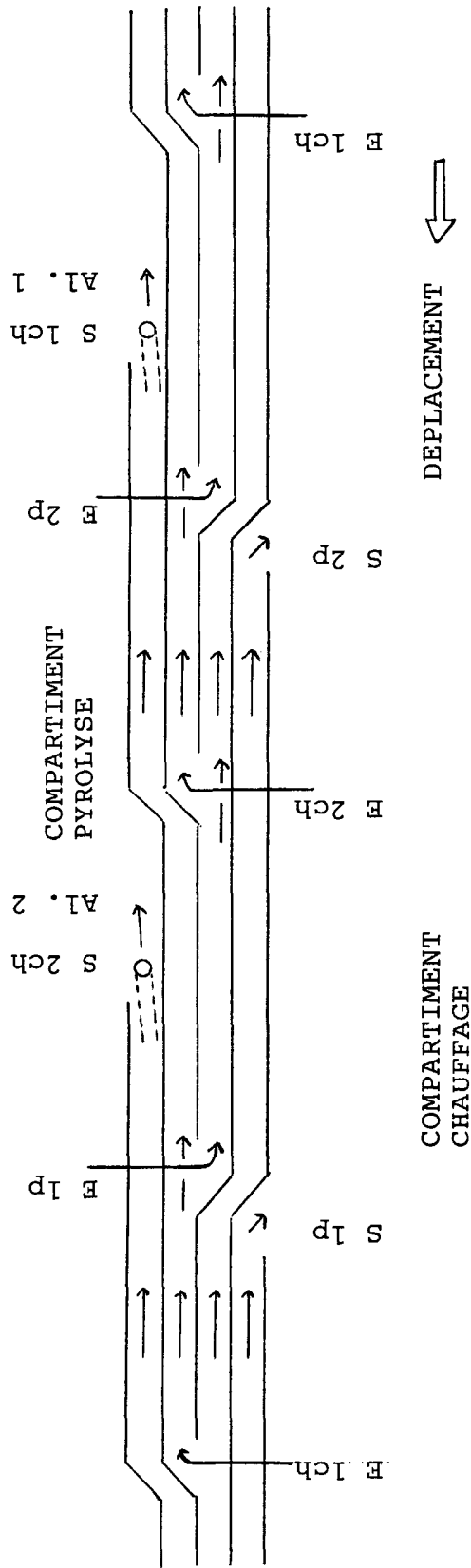


FIG. 4

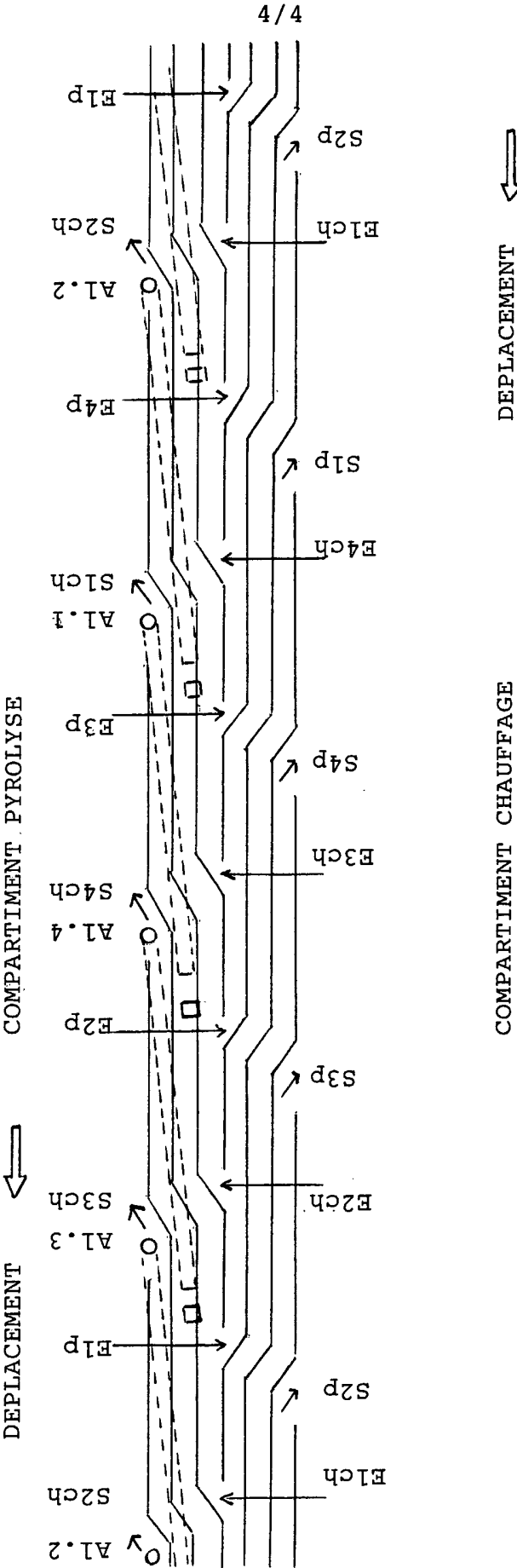


FIG. 5