

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 81400881.9

51 Int. Cl.³: **C 10 G 1/02**

22 Date de dépôt: 02.06.81

30 **Priorité: 02.06.80 MA 19064**

43 **Date de publication de la demande:**
09.12.81 Bulletin 81/49

84 **Etats contractants désignés:**
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

71 **Demandeur: BUREAU DE RECHERCHES ET DE**
PARTICIPATIONS MINIERES
5-7 Charia Moulay al Hassan
Rabat(MA)

72 **Inventeur: Saadi, Moussa**
5, rue Al Battani
Rabat-Agdal(MA)

72 **Inventeur: Bouchta, Rabah**
14, rue Thami Lamdouar
Rabat(MA)

72 **Inventeur: Cha, Chang Yul**
7541 Terry Court
Golden Colorado 80401(US)

72 **Inventeur: Sdiqi, Mohamed**
137, avenue John Kennedy
Rabat(MA)

72 **Inventeur: Barodi, Bachir**
Route des Zaers Km 5/5 Lot Tazi
Rabat-Souissi(MA)

74 **Mandataire: Peucelle, Chantal et al,**
Cabinet Plasseraud 84, rue d'Amsterdam
F-75009 Paris(FR)

54 **Perfectionnements aux procédés de pyrolyse et de traitement des résidus de pyrolyse.**

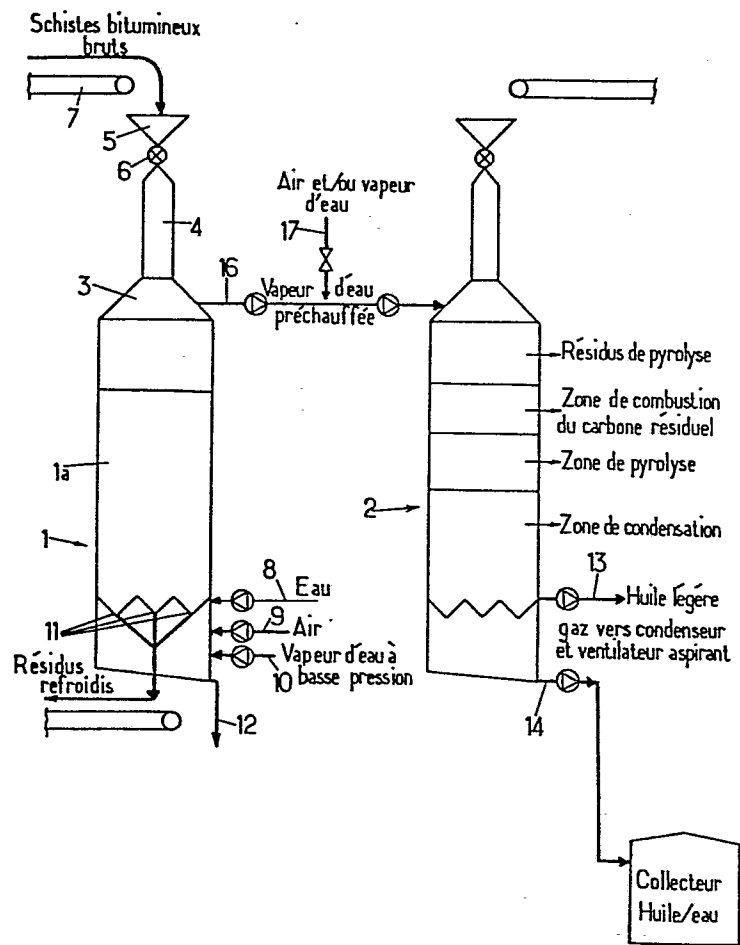
57 **Selon le procédé de l'invention, on associe au moins**
deux fours (1 et 2).

On réalise dans le four 2 une opération de pyrolyse et,
simultanément dans le four 1, une opération de traitement de
résidus chauds de pyrolyse avec déchargement des résidus
refroidis et chargement d'une nouvelle masse de matériaux.

Ce procédé permet de réaliser des processus de pyrolyse
en semi-continu.

EP 0 041 460 A2

./...



"Perfectionnements aux procédés de pyrolyse et de traitement des résidus de pyrolyse"

L'invention est relative à des perfectionnements aux procédés de pyrolyse et de traitement des résidus de pyrolyse.

Elle se rapporte plus particulièrement à un procédé de pyrolyse de matériaux susceptibles de fournir par décomposition thermique des hydrocarbures liquides ou gazeux, et au traitement des résidus obtenus à l'issue d'un tel procédé.

D'une manière générale, les matériaux mis en oeuvre dans ce type de procédé renferment de la matière organique sous forme de kérogène, bitume ou asphalte, et sont constitués, notamment, par des roches bitumineuses ou asphaltiques, lignites, charbons ou analogues.

Leur pyrolyse fournit, en plus des hydrocarbures, de l'eau et des résidus carbonés.

La combustion de ces résidus carbonés est couramment utilisée pour fournir la chaleur nécessaire à la pyrolyse.

Il en est ainsi, par exemple, dans le procédé appelé NTU (NEVADA-TEXAS-UTAH), décrit dans le brevet US 1 469 628, dans lequel la combustion interne des résidus carbonés est assurée par injection d'air au sommet du four de pyrolyse.

Pour entretenir la combustion de ces résidus, on a proposé, par exemple, selon le brevet US 1 536 696, d'injecter dans le four de pyrolyse un mélange d'air et de gaz recyclés.

Mais, d'une manière générale, la mise en oeuvre de ces procédés se heurte à de nombreux inconvénients. On peut constater, notamment, une pyrolyse incomplète des matériaux dans la partie inférieure du four, et un déroulement insatisfaisant du processus de pyrolyse, avec notamment, en raison de la température élevée des gaz de sortie, une formation indésirée de coke dans les conduits des gaz qui sont pro-

duits et une condensation incomplète des huiles.

Enfin, du point de vue économique, le caractère discontinu de ces procédés constitue un inconvénient majeur. En effet, à la fin d'une opération de pyrolyse on doit procéder à l'évacuation des résidus chauds, puis à leur refroidissement, et au chargement du four pour une nouvelle pyrolyse, ce qui réduit d'autant la période d'utilisation du four et, par conséquent, la production d'huiles.

En outre, le traitement de ces masses chaudes de résidus entraîne des difficultés et des risques de manipulation. Leur encombrement et la poussière créée constituent autant de problèmes auxquels on se heurte lors de la mise en oeuvre des procédés classiques.

En recherchant des moyens permettant de remédier au moins en partie aux inconvénients des procédés de l'art antérieur et notamment de réaliser une opération de pyrolyse en semi-continu, les inventeurs se sont intéressés aux résidus chauds tels qu'obtenus à l'issue d'une pyrolyse.

Les travaux effectués ont alors montré qu'en traitant ces résidus selon des conditions particulières, il était possible de mettre à profit leur chaleur pour des opérations de pyrolyse en cours dans d'autres fours et en même temps de préparer le four même dans lequel ces résidus peuvent être traités pour une nouvelle opération de pyrolyse.

L'invention a donc pour but de fournir un procédé de traitement de matériaux du type évoqué ci-dessus permettant d'effectuer des pyrolyses en semi-continu et, par là, d'un grand intérêt économique.

Elle vise également à fournir un procédé de mise en oeuvre aisée pour le traitement et l'évacuation des résidus de pyrolyse et pour la préparation d'un four pour une nouvelle opération de pyrolyse.

Selon un autre aspect, elle vise également à fournir un procédé dans lequel la chaleur des résidus de

pyrolyse est mise à profit pour d'autres opérations de
pyrolyse.

Le procédé selon l'invention est caractérisé en ce qu'on associe au moins deux fours dont on coordonne le fonctionnement de manière à réaliser
5 simultanément, dans un four, une opération de pyrolyse des matériaux et dans un autre four une opération de traitement des résidus chauds tels qu'obtenus à l'issue d'une opération de pyrolyse, ce traitement comportant le déchargement des résidus et le chargement des matériaux bruts ainsi que
10 la récupération de la chaleur des résidus de pyrolyse par la circulation au travers d'au moins la majeure partie de leur masse d'un gaz oxydant, avantageusement d'air, et d'eau pulvérisée, le mélange résultant de gaz oxydant chauffé et de vapeur d'eau étant admis dans un four en phase de
15 pyrolyse et étant utilisé pour entretenir la combustion des résidus carbonés formés lors de la pyrolyse de la charge de matériaux de ce four.

La mise en oeuvre de ces dispositions permet avantageusement, tout en traitant les résidus de
20 pyrolyse et en récupérant leur chaleur pour une pyrolyse en cours, d'apprêter un four pour une nouvelle opération de pyrolyse.

Ces opérations, d'une part, de traitement de résidus de pyrolyse avec déchargement des résidus et chargement d'une nouvelle masse de matériaux dans un four, d'autre
25 part, de pyrolyse dans un autre four, se succèdent en alternance, ce qui permet un fonctionnement en semi-continu de l'installation.

En effet, le seul temps mort correspond
30 à la période d'amorçage de la combustion dans un four de pyrolyse. Naturellement, cette période d'arrêt sera d'autant moins significative qu'on multiplie le nombre de fours en fonctionnement. Ces dispositions de l'invention permettent donc d'augmenter considérablement le temps d'utilisation des
35 fours et, par conséquent, la production d'huiles.

En outre, le mode de traitement selon l'invention des résidus de pyrolyse présente au moins un double avantage.

5 D'une part, les résidus sont traités dans le four même où l'on vient de réaliser la pyrolyse et ne sont évacués, progressivement, qu'une fois refroidis. Ces dispositions permettent ainsi avantageusement d'éviter les problèmes des procédés antérieurs résultant du déchargement en vrac des résidus encore chauds. D'autre part, l'in-
10 vention fournit les moyens, tout en refroidissant avantageusement ces résidus avant de les évacuer, d'en récupérer leur chaleur qui sera mise à profit pour améliorer un processus de pyrolyse en cours.

On observera de plus que le passage
15 d'air chaud et de vapeur d'eau dans la masse de matériaux bruts en cours de chargement permet avantageusement un préchauffage de ces derniers, ce qui correspond à un gain de temps et d'énergie vis-à-vis de la réaction de pyrolyse à laquelle sera ultérieurement soumise cette charge.

20 En outre, les dispositions de l'invention permettent d'utiliser des fours de construction similaire, avantageusement les fours classiques de pyrolyse qui seront donc mis en oeuvre alternativement pour une opération de pyrolyse puis pour le traitement des résidus de pyrolyse
25 avec chargement de matériaux bruts et déchargement des résidus.

Selon une disposition avantageuse de l'invention, on recycle, dans un four de traitement de résidus chauds, au moins une partie de l'eau formée lors de la pyrolyse d'une charge de matériaux, aux fins de formation de vapeur d'eau
30 utilisable pour entretenir la combustion des résidus carbonés dans une autre opération de pyrolyse.

Avantageusement, cette eau de pyrolyse ne nécessite aucun traitement préalable avant d'être injectée dans un four en cours de traitement de résidus.

35 D'une manière favorable, l'injection de

l'eau de pyrolyse comme évoquée ci-dessus, permet, au contact des résidus chauds, l'élimination des composés organiques polluants contenus dans cette eau.

5 Selon une autre disposition de l'invention, le déchargement des résidus refroidis, dont question ci-dessus, est effectué en laissant une couche de résidus dans la partie inférieure du four. Cette disposition permet d'éviter au moins la majeure partie des problèmes rencontrés avec les procédés antérieurs, associés aux hautes températures des gaz de sortie.

10 Cette couche de résidus s'avère, en effet, utile pour réduire la température des gaz de sortie et permet d'éviter ainsi la "cuisson" (ou cooking) de l'huile et, par conséquent, le dépôt de coke dans les conduits des gaz produits ainsi que la condensation incomplète des huiles.

15 La mise en oeuvre de cette disposition permet également de réaliser une pyrolyse complète de toute la charge de matériaux bruts, sans pour autant risquer de détériorer le fond du four.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui suit et en se reportant à la figure unique sur laquelle on a représenté un groupe de deux fours dans lesquels on effectue respectivement, d'une part, une opération de traitement de résidus de pyrolyse et, d'autre part, une opération de pyrolyse.

25 L'installation de traitement représentée sur la figure comporte deux fours 1 et 2 de même construction.

30 Dans leur forme, la plus générale, il s'agit d'éléments cylindriques verticaux en acier, fer ou analogues dont la partie supérieure en forme de tronc de cône 3 se prolonge par un élément tubulaire vertical 4, pourvu à son extrémité d'une trémie 5 avec un système 6 d'alimentation réglable en matériaux provenant d'un canal d'alimentation 7 .

35 Le four 1 renferme une masse 1a de résidus de pyrolyse.

Trois conduits 8,9 et 10, munis de vannes, respectivement d'alimentation en eau pulvérisée, air et vapeur d'eau à basse pression, débouchent dans la partie inférieure du four 1, qui renferme un dispositif de décharge-
5 ment, formé de conduits d'évacuation 11, des résidus de pyrolyse refroidis, et dont s'échappe un conduit 12 d'évacuation de l'eau qui n'a pas été entraînée, à travers le four 1, vers le four 2.

Le four 2 comporte dans sa partie inférieure un
10 conduit 13 d'évacuation des huiles légères sous forme de vapeur et de gaz vers un condenseur et un ventilateur aspirant non représentés et un conduit 14 amenant l'eau de pyrolyse et les huiles liquides vers un collecteur non représenté.

Ce four 2 renferme une masse de schistes bitumineux
15 à pyrolyser.

Les fours 1 et 2 peuvent communiquer, par le jeu de vannes, par le conduit 16. Un conduit 17 d'amenée d'air et/ou de vapeur d'eau débouche dans le conduit 16.

Le fonctionnement des fours 1 et 2 est coordonné de
20 manière à réaliser simultanément, dans le four 1, le traitement des résidus chauds 12 (avec refroidissement de ces résidus, déchargement des résidus refroidis, et chargement d'une nouvelle masse de schistes bruts), et dans le four 2, la pyrolyse de la masse 15 de schistes.

La coordination du fonctionnement de chacun des
25 fours entraîne un contrôle de différents paramètres, tels que les débits d'air et d'eau pulvérisée, la température, afin d'éviter toute pyrolyse des matériaux nouvellement chargés ainsi que les vitesses de chargement et de déchargement, l'avancement du refroidissement dans un four et l'avancement du
30 front de combustion dans l'autre four.

Ces différents paramètres peuvent être aisément réglés par l'homme de l'art et ce, notamment, en fonction de la nature et de la quantité de matériaux traités.

En début de fonctionnement, le four 1 renferme la
35 masse de résidus chauds tels qu'obtenus à l'issue d'une opération de pyrolyse.

De l'air et de l'eau pulvérisée sont uniformément injectés, en continu, par les conduits 8 et 9.

Ces conduits se trouvent dans la partie inférieure du four. D'une manière générale l'emplacement des différents conduits dépend du système de déchargement utilisé.

Au contact de la masse chaude de résidus, l'air est chauffé et l'eau est transformée en vapeur d'eau tandis que la partie inférieure de la masse de résidus est refroidie. Le mélange d'air chaud et de vapeur d'eau traverse en remontant le four 1 et s'engage dans le conduit 16 pour être admis dans le four 2 dans lequel a démarré une opération de pyrolyse.

La taille des gouttelettes d'eau doit être suffisamment petite pour pouvoir être entraînées par l'air à travers la masse de résidus à refroidir.

Au début du refroidissement des résidus, on injecte également de la vapeur d'eau à basse pression par le conduit 11 aux fins de balayage des gaz des hydrocarbures éventuellement encore présents dans la masse 1a de résidus de pyrolyse. Cette disposition permet, en outre, notamment d'éviter tout risque d'explosion avec l'air introduit également dans le four 1.

Avantageusement, la vapeur d'eau en circulant à travers la masse 1a des résidus de pyrolyse peut réagir avec le carbone éventuellement présent dans cette masse, conduisant à la formation de monoxyde de carbone et d'hydrogène, qui pourront être avantageusement introduits, comme apport de combustible, dans le four 2 qui se trouve en période d'amorçage de la combustion, au commencement du refroidissement de la masse 1a du four 1.

La circulation d'air, d'eau pulvérisée et, le cas échéant, de vapeur d'eau à basse pression au travers de la masse 1a de résidus, est établie dans des conditions permettant le plus large contact possible avec cette masse chaude, afin d'en récupérer sa chaleur.

On établit également avantageusement ces conditions

afin que le débit total d'air et d'eau injectés, au niveau du four 2, par le conduit 16, soit de l'ordre de 1 à 5 m³/mn/m² de section, de préférence de l'ordre de 2,5 m³/mn/m² de section.

5 La quantité d'eau dans le mélange injecté représente avantageusement de l'ordre de 10 à 80% en volume, de préférence, de l'ordre de 50%.

Ces dispositions permettent un déroulement satisfaisant de l'opération de pyrolyse dans le four 2.

10 Si nécessaire, on effectue un apport en air et/ou vapeur d'eau, provenant d'une source extérieure, par le conduit 17.

L'eau qui n'est pas entraînée par l'air à travers le four 1 est continuellement évacuée par le conduit 12, puis
15 recyclée.

Le déchargement des résidus de pyrolyse refroidis est effectué par le dispositif de conduits 11.

Ce déchargement peut être effectué, avec un dispositif approprié, en continu, ou par étapes, à intervalles réguliers, les conditions étant réglées en fonction de la coordination
20 établie avec les autres opérations en cours dans l'installation de traitement. De préférence, on conserve, dans le four 1, une couche de résidus suffisante pour servir de protection au système de déchargement lorsque le front de combustion
25 atteindra cette zone. Comme déjà indiqué, cette couche permet d'éviter, au moins en grande partie, les problèmes associés aux températures élevées des gaz de sortie évoqués plus haut.

Le fonctionnement du four 1 comporte également le
30 chargement de schistes bitumineux bruts. Ce chargement peut être effectué en continu, ou par étapes, durant le déchargement, ou immédiatement après ou encore entre deux étapes de chargement. Là encore, les conditions mises en oeuvre sont choisies de manière à permettre un déroulement coordonné des
35 différentes opérations en cours dans l'ensemble de l'installation.

De manière avantageuse, afin d'augmenter le rendement de la pyrolyse en huiles, on charge les matériaux bruts selon une distribution granulométrique donnée.

Cette distribution est telle que la colonne de schistes, une fois le chargement terminé, se présente suivant plusieurs couches ayant un faible écart de granulométrie suivant une section donnée de four ce qui permet de réduire notamment, les pertes en huiles, les phénomènes résultant d'un cheminement préférentiel du flux gazeux dans la masse et les pertes de charge à travers le four.

La granulométrie de la couche supérieure est plus spécialement choisie afin de faciliter l'amorçage de la combustion des schistes au début de la pyrolyse.

A cet égard, une granulométrie δ en mm de l'ordre de $0 < \delta < 13$, de préférence de 4 à 8 mm s'avère avantageuse.

Dans un mode avantageux de réalisation de l'invention, on effectue le chargement de manière à former successivement quatre couches a, b, c et d, de granulométrie en mm respectivement comprise entre environ 0 et 13 pour a, de 75 à 150 pour b, de 13 à 75 pour c et de 75 à 150 pour d.

La granulométrie de la masse de résidus refroidis laissée dans la partie inférieure du four comme couche de protection est de l'ordre de 75 à 150 mm.

Les proportions respectives de ces différentes couches doivent assurer un déroulement satisfaisant du procédé de pyrolyse.

Avantageusement, le chargement est effectué de manière à ce que la couche a représente environ 1 à 3% du volume total de la charge, de préférence de l'ordre de 2%, la couche b, environ 3 à 5%, de préférence de l'ordre de 4%, la couche c, environ 45 à 50%, de préférence de l'ordre de 48%, la couche d, environ 40 à 45%, de préférence de l'ordre de 42%, la masse de résidus refroidis laissée au fond du four 1 représentant avantageusement environ 3 à 5%, avantageusement de l'ordre de 4%.

Tout en réalisant les opérations évoquées ci-dessus, dans le four 1, on soumet, simultanément, dans le four 2, une charge 15 de schistes bitumineux à une opération de pyrolyse.

Cette charge est avantageusement formée, en début de pyrolyse, de couches de granulométries différentes, telles que les couches a, b, c et d ci-dessus.

La pyrolyse est réalisée selon le procédé dit
5 à combustion interne, c'est-à-dire que la chaleur nécessaire pour la décomposition des schistes est fournie par la combustion des résidus carbonés provenant de cette pyrolyse.

Pour l'amorçage de cette pyrolyse, on utilise du fuel, du gaz ou de l'huile de schistes.

10 L'avancement du front de combustion se fait du haut vers le bas du four.

De manière schématique, on peut distinguer au cours de la pyrolyse, tout d'abord une zone formée de résidus de pyrolyse ou cendres, puis une zone de combustion des résidus
15 carbonés qui se déplace au cours de la pyrolyse vers le bas du four, une zone de pyrolyse se déplaçant également vers le bas du four et une masse de schistes bruts qui sera atteinte d'abord par le front de pyrolyse, puis par le front de combustion.

20 Les conditions mises en oeuvre pour la réalisation de la pyrolyse sont choisies de manière à permettre la décomposition des schistes souhaitée en hydrocarbures liquides ou gazeux. Cette pyrolyse s'accompagne de formation d'eau récupérée par la canalisation 14. Selon une disposition avantageuse de l'invention, l'eau de pyrolyse est recyclée en totalité ou en partie vers le four 1, sans subir de traitement
25 préalable.

L'eau et les huiles liquides sont alors envoyées vers un collecteur par le conduit 14 et les huiles légères
30 sous forme de vapeur et les gaz, par la canalisation 13, vers des systèmes de condensation et de traitement.

La combustion des résidus carbonés est entretenue par l'injection d'air chaud et de vapeur d'eau provenant
avantageusement du four 1.

35 Cette disposition permet donc de récupérer la chaleur des résidus de pyrolyse pour la réalisation d'une autre

opération de pyrolyse.

L'utilisation de vapeur d'eau dans l'opération de pyrolyse présente l'avantage d'empêcher des fortes montées de température.

5 En outre, la réaction de la vapeur d'eau avec les résidus carbonés permet un avancement rapide du front de combustion. Avantagement, sa réaction avec le monoxyde de carbone permet d'accroître la production d'hydrogène.

10 D'une manière générale, il apparaît également que l'utilisation de vapeur d'eau permet de réduire les pertes d'huiles par craquage thermique.

Dans le procédé de l'invention, on met en oeuvre les fours aussi bien sous pression négative que sous pression positive. Ces fours peuvent être construits en surface ou en
15 souterrain, et peuvent être de toute forme appropriée pour la réalisation des processus ci-dessus.

A titre illustratif, on rapporte, dans l'exemple ci-après, des conditions de mise en oeuvre du procédé de l'invention à l'aide d'une installation du type de celle représentée
20 sur la figure. Les fours 1 et 2 de cette installation sont de forme générale cylindrique, la hauteur de leur partie cylindrique étant de 30 m et leur diamètre de 12 m. Le four 1 renferme environ 4500 tonnes de résidus chauds tels qu'obtenus à l'issue d'une pyrolyse d'une charge de schistes bitumineux et le four
25 2 renferme environ 5000 tonnes de schistes à pyrolyser renfermant 70 litres d'hydrocarbures (par rapport à l'essai Fisher) et ayant un pouvoir calorifique supérieur à 950 kc/kg de schistes.

Les conditions de fonctionnement de chacun des fours sont réglées de manière à réaliser dans le four 1 le
30 refroidissement de la masse de résidus chauds sur une période de 5 jours et, simultanément, dans le four 2, la pyrolyse de la charge brute de schistes bitumineux en 5, 4 jours.

Le refroidissement des résidus chauds est effectué par injection de 52 kgs d'eau/mn par le conduit 8, 142 m³ d'air/mn
35 par le conduit 9. La circulation au travers de la masse

de résidus du four 1 est réalisée par un système d'aspiration auquel est relié le four 2. Les conditions de cette circulation sont réglées de manière à obtenir un débit total d'air et d'eau dans le conduit 16, à l'entrée du four 2, de $210\text{m}^3/\text{mn}$. Le cas échéant, on injecte de la vapeur d'eau par le conduit 17 à raison de $74\text{m}^3/\text{mn}$.

On procède au chargement de schistes bruts et au déchargement des résidus refroidis en même temps, toutes les 4 heures, durant 30 minutes.

On évacue ainsi 150 tonnes de résidus refroidis tandis qu'on charge autant de schistes bruts à pyrolyser.

Le déchargement est arrêté de manière à laisser au fond du four une masse de résidus refroidis qui représentera 4% du volume total de la charge. La granulométrie de ces résidus est de 76 à 152 mm.

On procède au chargement de manière à disposer de bas en haut, tout d'abord une couche de schistes de granulométrie de 76 à 152 mm, représentant 42% du volume total de la charge, au-dessus, une couche avec une granulométrie de 12 à 76 mm représentant 48%, puis une couche avec une granulométrie de 76 à 152 mm représentant 4% et enfin une couche représentant 2% du volume total de la charge, ayant une granulométrie de 13 mm ou inférieure.

La pyrolyse dans le four 2 est effectuée sur une charge de schistes formée de couches selon les proportions et la granulométrie évoquées ci-dessus pour le four 1.

Après deux jours et demi de fonctionnement de l'installation, avec un débit d'air et de vapeur d'eau de $2,5\text{ m}^3/\text{mn}/\text{m}^2$ de section dans le four 2, le front de combustion se situe au milieu du four 2, la zone de séparation entre les schistes bruts et les résidus au milieu du four 1.

Dans le four 1, la température moyenne des schistes est de 90°C , la température maximum des résidus est de 500°C et la température moyenne au bas du four est de 65°C .

Dans le four 2, la température moyenne des résidus est de 250°C , la température maximum du front de combustion

de 900°C, la température moyenne de la zone de pyrolyse de 450°C, la température moyenne de la zone de condensation de 90°C et la température moyenne des résidus dans le bas du four de 65°C. A l'issue de la pyrolyse, on obtient un
5 rendement en hydrocarbures de 85% (par rapport à l'essai Fisher).

A la fin de la pyrolyse des schistes dans le four bitumineux et de la combustion des résidus carbonés dans le four 2, d'une part, et du traitement des résidus de pyrolyse effectué dans le four 1 d'autre part, ce four 1 renfermant alors
10 une nouvelle charge de schistes à pyrolyser, les caractéristiques de fonctionnement des deux fours peuvent être inversés. On amorce alors la pyrolyse de la nouvelle charge du four 1 et; de manière cordonnée, on procède au refroidissement des
15 résidus chauds de pyrolyse qui se trouvent dans le four 2.

Naturellement, les fours de l'installation sont équipés des éléments nécessaires pour la réalisation des différentes opérations des fours 1 et 2 rapportés ci-dessus.

Dans l'exemple qui précède, on a décrit l'application du
20 procédé de l'invention à un couple de deux fours pouvant fonctionner de manière alternée selon les deux modes décrits ci-dessus. Dans le cas où un plus grand nombre de fours sera utilisé, ces fours seront reliés, de manière appropriée afin de fonctionner en coordination. En particulier, ils pourront
25 être montés en série et fonctionner alternativement, par exemple, selon le schéma suivant.

Une opération de pyrolyse d'une charge de matériaux peut être réalisée dans un four, l'eau de pyrolyse étant récupérée au moins en partie et après pulvérisation, utilisée pour
30 l'opération de refroidissement des résidus effectuée dans un deuxième four dans lequel a été réalisée antérieurement une opération de pyrolyse.

Le mélange d'air chaud et de vapeur récupérés à la sortie du deuxième four de la série est introduit dans un troisième
35 four de la série fonctionnant en mode de pyrolyse etc....

D'autres modes de fonctionnement des fours de manière cordonnée pourront être aisément envisagés par l'homme de l'art.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de pyrolyse de matériaux susceptibles de fournir des hydrocarbures, caractérisé en ce qu'on associe au moins deux fours dont on coordonne le fonctionnement de manière à réaliser simultanément, dans un four (2), une opération de pyrolyse des matériaux et dans un autre four (1), une opération de traitement des résidus chauds tels qu'obtenus à l'issue d'une opération de pyrolyse, ce traitement comportant le déchargement des résidus et le chargement des matériaux bruts ainsi que la récupération de la chaleur des résidus de pyrolyse par la circulation au travers d'au moins la majeure partie de leur masse d'un gaz oxydant, avantageusement d'air, et d'eau pulvérisée, le mélange de gaz oxydant chauffé et de vapeur d'eau résultant étant admis dans un four en phase de pyrolyse et étant utilisé pour entretenir la combustion des résidus carbonés formés par pyrolyse des matériaux du four, et qu'en fin d'opération, aux fins de réalisation du procédé en semi-continu, on inverse le mode de fonctionnement des fours.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on recycle l'eau formée lors de la pyrolyse des matériaux vers le four (1) de traitement des résidus de pyrolyse.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le débit total d'air et d'eau à l'entrée du four 2 est de l'ordre de 1 à 5 m³/mn/m² de section, de préférence de l'ordre de 2,5, le mélange renfermant de 10 à 80% en volume d'eau, de préférence de l'ordre de 50%.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on procède au déchargement des résidus de pyrolyse refroidis en continu ou par étapes à intervalles réguliers.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'on conserve dans le four 1 une quantité de résidus suffisante pour servir de protection lorsque la charge brute introduite dans le four sera soumise à la pyrolyse au regard des problèmes associés aux températures élevées des gaz de sortie,

tels que le cooking des huiles, les dépôts de coke et la condensation incomplète des huiles.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte le chargement

5 de matériaux pyrolysables bruts, en continu, ou par étapes durant le déchargement, ou immédiatement après ou encore entre deux étapes de chargement.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on réalise la charge des maté-

10 riaux afin de former des couches successives ayant un faible écart de granulométrie suivant une section donnée du four.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on utilise comme combustible

15 complémentaire pour l'amorçage de la combustion des matériaux dans le four 2, de l'hydrogène et du monoxyde de carbone produits dans le four 1 par réaction de la vapeur d'eau avec le carbone contenu dans les résidus de pyrolyse.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications

20 précédentes, caractérisé en ce qu'on met en oeuvre comme matériaux pyrolysables en hydrocarbures, des matériaux renfermant de la matière organique sous forme de kérogène, bitume ou asphalte, tels que des roches bitumineuses ou asphaltiques, des lignites ou des charbons.

