(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 574 810**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **85 18253**

(51) Int Cl⁴ : C 10 B 53/00, 15/00; F 27 B 3/04.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 10 décembre 1985.

(30) Priorité : US, 19 décembre 1984, n° 683,591.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 25 du 20 juin 1986.

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

(71) Demandeur(s) : *KOPPELMAN Edward.* — US.

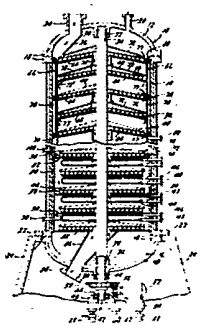
(72) Inventeur(s) : Edward Koppelman.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Novapat - cabinet Chereau.

(54) Réacteur à soles multiples et procédé de traitement thermique de matières carbonées.

(57) Un réacteur à soles multiples et un procédé de traitement thermique de matériaux organiques carbonés dans des conditions de pression et de température contrôlées comprend un récipient sous pression 10 contenant des soles annulaires superposées 64 constituées d'une série de soles supérieures inclinées vers le bas dans la direction de la périphérie du réacteur qui définissent une zone de préchauffage et d'une série de soles inférieures espacées des précédentes qui définissent une zone de réaction. Le réacteur comporte à son sommet un orifice d'admission 24 pour l'introduction du matériau sous pression et le matériau est transféré par des bras de raclage 48 en étant dirigé alternativement vers l'intérieur et vers l'extérieur, et descend en cascade pour traverser la zone de préchauffage et la zone de réaction. Le produit de réaction amélioré est extrait du fond 88 alors que l'eau résiduelle et le gaz produit sont extraits du sommet de la zone de préchauffage. Les gaz de réaction chauds produits dans la zone de réaction passent à contre-courant de manière à effectuer un préchauffage du matériau dans la zone de préchauffage et la libération et l'extraction de son humidité.



FR 2 574 810 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne un réacteur à soles multiples et un procédé de traitement thermique de matières carbonées.

Le réacteur à soles multiples et le procédé de la présente invention sont applicables dans leurs grandes lignes au traitement de matières carbonées organiques contenant une humidité résiduelle sous pression contrôlée et température élevée afin d'effectuer leurs modifications physiques et/ou chimiques et obtenir un produit de réaction pouvant être utilisé en carburant. Plus particulièrement, la présente invention a pour objet un réacteur et un procédé grâce auxquels des matières carbonées contenant des quantités appréciables d'humidité à l'état brut sont soumises à des conditions de température et de pression élevées, d'où il résulte une réduction importante de la teneur en humidité résiduelle du produit solide de la réaction en dehors de la restructuration chimique thermique souhaitée de la matière organique de manière à lui conférer de meilleures propriétés physiques, dont une plus grande valeur calorifique sur la base à sec.

La rareté et le coût croissant des sources classiques

d'énergie, dont le pétrole et le gaz naturel, ont été à l'origine de la recherche de nouvelles sources dont la présence est abondante telles que les charbons du type lignite, les charbons subitumineux, les matières cellulosiques telles que la tourbe, les déchets de matériaux cellulosiques tels que la sciure de bois, l'écorce, les déchets de bois, les branches et morceaux provenant des scieries; divers déchets agricoles tels que les tiges de cotonniers, les coques de noix, les coques de grains ou analogues, et la pulpe des déchets solides municipaux. Malheureusement, on ne peut utiliser directement de tels matériaux, qui pourraient servir d'alternative, comme carburant à pouvoir calorifique élevé. C'est pour cette raison qu'on a proposé dans le passé divers procédés permettant de les transformer dans une forme mieux adaptée à leur emploi comme carburant, par augmentation de leur pouvoir calorifique sur la base à sec, tout en augmentant leur stabilité vis-à-vis des intempéries du transport et du stockage.

A titre de dispositifs et procédés typiques de l'art antérieur, on peut citer ceux décrits dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 052 168, dans lequel des charbons du type lignite sont restructurés chimiquement par un traitement thermique contrôlé, fournissant un produit carboné solide amélioré, qui est stable et résiste aux intempéries tout en ayant un meilleur pouvoir calorifique, lequel se rapproche de celui du charbon bitumineux; dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 127 391 dans lequel des fines bitumineuses de récupération provenant des opérations classiques de nettoyage et de lavage du charbon sont traitées thermiquement pour fournir des produits agglomérés ressemblant au coke qui peuvent être utilisés directement comme carburant solide; et dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 129 420 dans lequel des matières cellulosiques naturelles telles que la tourbe, ainsi que des déchets de matières cellulosiques, sont améliorées par un procédé de

restructuration thermique contrôlée afin de fournir des produits carbonés solides ou ressemblant au coke qui peuvent être utilisés comme carburant solide ou, après mélange avec d'autres carburants solides, comme boue pétrolière. Un réacteur et un procédé permettant d'effectuer l'amélioration de ces matériaux carbonés, du type décrit dans les brevets américains venant d'être cités, fait l'objet du brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 4 126 519 dans lequel une boue liquide constituée du matériau d'alimentation est introduite dans un réacteur incliné et progressivement chauffée de manière à former un produit de réaction solide, sensiblement sec, ayant un meilleur pouvoir calorifique. La réaction est exécutée sous pression et température élevées et contrôlées en tenant compte en outre du temps de séjour de manière à obtenir le traitement thermique souhaité, lequel peut comprendre la vaporisation de la quasi-totalité de l'humidité du matériau ainsi que d'au moins une partie des constituants organiques volatils tout en subissant une restructure chimique partielle contrôlée ou pyrolyse. La réaction est exécutée dans un environnement non oxydant et le produit solide de la réaction est ensuite refroidi pour être porté à une température à laquelle il peut être déchargé et mis en contact avec l'atmosphère sans combustion ou dégradation.

Alors qu'on a trouvé que les procédés et dispositifs décrits dans les brevets américains venant d'être cités assurent un traitement satisfaisant de divers matériaux carbonés et bruts afin de produire un produit de réaction solide amélioré, il reste un besoin pour un réacteur et un procédé qui permettent d'obtenir un rendement, une souplesse, une simplicité et facilité de commande encore meilleurs lors d'un traitement thermique continu de ces matériaux carbonés bruts humides, contribuant ainsi à la réalisation de nouvelles économies dans la transformation et la production de carburants solides à haute énergie à titre de remplacement ou d'alternative des sources classiques d'énergie.

Les bénéfices et avantages de la présente invention dans l'un de ses modes de réalisation sont obtenus dans un réacteur à soles multiples comprenant un récipient sous pression qui définit une chambre renfermant une pluralité de soles annulaires superposées constituées d'une série de soles supérieures inclinées vers le bas dans la direction de la périphérie de la chambre qui définissent une zone de séchage ou de préchauffage dans laquelle l'humidité et l'eau combinée chimiquement du matériau d'alimentation sont extraites. Au-dessous des soles supérieures se trouve une série de soles inférieures définissant une zone de réaction incorporant un moyen de chauffage pour effectuer le chauffage du matériau d'alimentation et le porter à une température élevée sous une pression contrôlée supérieure à la pression atmosphérique pendant une durée suffisante pour vaporiser au moins une partie des substances volatiles et former des gaz de réaction et un produit de réaction solide présentant un meilleur pouvoir calorifique sur une base exempte d'humidité. Les gaz de réaction chauds formés dans la zone de réaction procèdent en s'élevant à un échange de chaleur avec le matériau d'alimentation dans la zone de séchage à la manière d'un contre-courant, effectuant au moins une condensation partielle des parties condensables sur le matériau d'alimentation entrant, un préchauffage par libération de la chaleur latente de vaporisation et en outre la libération de l'eau chimiquement combinée dans le matériau d'alimentation qui est extraite des soles inclinées sous pression vers un endroit situé à l'extérieur du réacteur.

Le récipient de réaction comporte un arbre rotatif s'étendant au centre, qui comprend une pluralité de bras de raclage situés à un endroit contigu à la surface supérieure de chacune des soles et dont la rotation provoque un transfert progressif du matériau d'alimentation dans le sens radial de chaque sole, selon un mouvement dirigé alternativement vers l'intérieur et vers l'extérieur, pour effectuer

une chute en cascade du matériau entre une sole et la suivante. Des déflecteurs annulaires sont de préférence disposés dans la zone de séchage du réacteur au-dessus des soles et des bras de raclage pour confiner la circulation à contre-courant des gaz de réaction chauds dans une zone immédiatement contiguë au matériau d'alimentation se trouvant sur de telles soles et améliorer le contact et le transfert de chaleur entre le matériau et les gaz.

Le produit solide de la réaction est extrait de la partie inférieure du réacteur et transféré à une chambre de refroidissement dans laquelle il est refroidi à une température à laquelle il peut être déchargé pour être mis en contact avec l'atmosphère sans qu'il y ait des effets néfastes.

Le réacteur comporte un orifice de sortie dans sa partie supérieure pour l'extraction des gaz de réaction sous pression sous forme de gaz pouvant être utilisé, le cas échéant, à la combustion et au chauffage de la zone de réaction du réacteur. La partie supérieure du réacteur comporte également un orifice d'entrée grâce auquel le matériau d'alimentation carboné brut ou des mélanges de ce matériau sont introduits, par l'intermédiaire d'un sas sous pression, dans la chambre de réaction et sur la sole la plus élevée de la zone de séchage.

Selon une variante de réalisation du dispositif de la présente invention, le séchage et le préchauffage du matériau d'alimentation sont effectués dans un réacteur constituant un premier étage situé à l'extérieur du réacteur à soles multiples, et le matériau d'alimentation préchauffé et partiellement déshumidifié résultant est ensuite introduit dans le réacteur à soles multiples, définissant la zone de réaction similaire à la zone de réaction comprenant la partie inférieure du réacteur composite à soles multiples venant d'être décrit. Il est en outre envisagé dans les deux modes de réalisation du dispositif que des

dispositifs de nettoyage appropriés, tels que des brosses métalliques, soient employées pour extraire toute accumulation d'incrustations des surfaces extérieures des déflecteurs annulaires afin de maintenir un rendement optimum pour le fonctionnement du dispositif. Il est en outre envisagé que les éléments tubulaires d'échange de chaleur ou les éléments électriques de chauffage soient enfermés à l'intérieur de boucliers conducteurs et soient également soumis au nettoyage afin de maintenir optimum leurs caractéristiques de transfert de chaleur.

Selon la présente invention, les matériaux humides carbonés organiques d'alimentation sont introduits dans une zone de préchauffage séparée du réacteur ou combinée avec celui-ci, dans laquelle le matériau est préchauffé par un courant des gaz de réaction circulant à contre-courant afin d'être porté à une température comprise entre environ 150° et environ 260°C. Simultanément, l'humidité se condensant sur le matériau froid d'entrée ainsi que l'humidité libérée à la suite de son chauffage sont enlevées du matériau d'alimentation et extraites sous pression de la zone de préchauffage par l'intermédiaire d'un système de vidange. Le matériau d'alimentation à l'état partiellement déshydraté provenant de la zone de préchauffage descend à travers la zone de réaction et est porté à une température comprise entre environ 200°C et environ 650°C ou plus, sous une pression comprise entre environ 2,1 MPa et environ 21 MPa ou plus pendant une durée comprise généralement entre une valeur aussi petite qu'environ 1 minute et environ 1 heure ou plus afin d'effectuer la vaporisation d'au moins une partie des substances volatiles, formant une phase gazeuse et un produit de réaction solide.

La présente invention sera bien comprise lors de la description suivante faite en liaison avec les dessins ci-joints dans lesquels :

La figure 1 est une vue en coupe verticale d'un

réacteur à soles multiples construit selon les modes de réalisation préférés de la présente invention;

La figure 2 est une vue en coupe horizontale du réacteur de la figure 1, la coupe étant prise dans la section du réacteur, et la figure illustrant la disposition des tubes transversaux de l'échangeur de chaleur;

La figure 3 est une vue partielle en plan, en partie en coupe, des orifices de décharge ménagés dans une sole annulaire inclinée, située à l'intérieur de la zone supérieure de préchauffage du réacteur représenté en figure 1;

La figure 4 est un schéma du réacteur et des divers courants du procédé qui sont associés au traitement thermique des matériaux carbonés d'alimentation; et

La figure 5 est une vue partielle en élévation de côté, en partie en coupe, d'un réacteur à soles multiples, comportant un étage de préchauffage séparé et un étage de séchage séparé du réacteur selon une variante de réalisation de la présente invention.

En liaison maintenant avec les figures, et comme on peut le voir en figures 1 à 3, un réacteur à soles multiples selon un mode de réalisation de la présente invention comporte un récipient sous pression 10, comprenant une partie supérieure 12 en forme de dôme, une section centrale cylindrique circulaire 14 et une partie inférieure 16 en forme de dôme, ces parties étant fixées ensemble de manière à être étanches aux gaz au moyen de brides annulaires 18. Le réacteur est supporté dans une position sensiblement verticale au moyen d'une série de pattes 20 fixées à des parties en aboutement 22 qui sont reliées à la bride inférieure 18 de la section centrale du récipient. La partie supérieure 12 comporte un orifice d'admission à collerette 24 pour l'introduction dans le réacteur d'un matériau d'alimentation carboné humide en particules. Un déflecteur incliné 26 est mo en un endroit contigu à l'orifice d'admission 24 de manière à diriger le matériau vers la périphérie de la chambre de réaction. Un orifice de sortie à collerette 28 est situé au côté

opposé de la partie supérieure 12 pour faire sortir de la chambre les gaz de réaction sous pression, comme on le décrira ultérieurement en détail.Un bossage annulaire en une pièce 30 dirigé vers le bas est formé sur la partie centrale intérieure de la partie supérieure 12, dans lequel est disposé un roulement de manière à supporter l'extrémité supérieure d'un arbre tournant 34.

L'arbre 34 s'étend au centre de la partie intérieure du réacteur et est monté à son extrémité inférieure dans un bossage annulaire 36 formé dans la partie inférieure 16 par l'intermédiaire d'un roulement 38 et d'un joint 40 étanche aux fluides. L'extrémité de l'arbre 34 en saillie vers l'extérieur présente un demi-arbre 42 à gradin qui est assis, pour y être supporté, dans un palier de butée 44 monté dans un support 46.

Une multitude de bras de raclage 48, s'étendant radialement, sont fixés à l'arbre 34 et en saillie radiale sur celui-ci, à des intervalles espacés verticalement de cet arbre. En général, on peut utiliser deux, trois ou quatre bras dans la zone de préchauffage ou de séchage et jusqu'à six bras dans la zone de réaction. Typiquement, quatre bras disposés à environ 90 degrés sont fixés à chaque niveau de l'arbre. Une multitude de dents de raclage 50 disposées angulairement sont fixées aux côtés inférieurs des bras 48 et orientées en étant inclinées de manière à effectuer un transfert radial vers l'intérieur et vers l'extérieur du matériau d'alimentation le long des multiples soles en réponse à la rotation de l'arbre.

La rotation de l'arbre 34 et des bras de raclage est provoquée par un moyen de moteur 52 supporté sur un socle réglable 54 comportant un engrenage conique d'entraînement 56 fixé à son arbre de sortie et en prise avec un engrenage mené conique 58 fixé à l'extrémité inférieure de l'arbre. Le moteur 52 est de préférence du type à vitesse variable de manière à provoquer des vitesses de rotation de l'arbre

pouvant être modifiées de manière contrôlée .

Pour obtenir la dilatation et la contraction longitudinales de l'arbre et des variations dans la disposition verticale des bras de raclage en réponse aux changements de la température régnant dans le réacteur, la base 54 et l'extrémité de l'arbre 34 en saillie vers l'extérieur sont disposées sur des vérins ajustables 60 assistés par un cylindre 62 actionné par fluide de manière à faire varier sélectivement la hauteur de la base 54 et assurer une disposition appropriée des dents 50 de raclage par rapport à la surface extérieure des soles du réacteur.

Selon un agencement spécifique représenté en figure 1, l'intérieur du réacteur est divisé en une zone supérieure de préchauffage ou de déshumidification et une zone inférieure de réaction . La zone de préchauffage comporte une multitude de soles annulaires 64 inclinées et superposées, l'inclinaison se faisant dans la direction de la périphérie de la chambre de réaction. La zone supérieure de préchauffage comporte une garniture cylindrique circulaire 66 qui est distante radialement de la paroi 14 de la section centrale et à laquelle sont fixées les soles 64. L'extrémité la plus haute de la garniture 66 comporte une section 68 inclinée vers l'extérieur qui évite l'entrée de la matière carbonée d'alimentation dans l'espace annulaire formé entre la garniture et la paroi 14 de cette section. La sole 64 la plus haute, comme représenté en figure 1, est reliée à sa périphérie à la garniture 66 et s'étend vers le haut et vers l'intérieur dans la direction de l'arbre 34. La sole 64 se termine par un déflecteur circulaire 70, disposé vers le bas, qui définit une goulotte annulaire qu'emprunte le matériau d'alimentation pour tomber sur la partie intérieure de la sole annulaire située au-dessous. La sole 64 disposée au-dessous de la sole 64 plus élevée est fixée par des supports 72 à la garniture 66 suivant des intervalles espacés angulairement. La seconde sole

annulaire 64, comme on le voit le mieux en figure 3, comporte une pluralité d'ouvertures 73 sur sa périphérie, par l'intermédiaire desquelles le matériau d'alimentation est déchargé pour tomber sur la sole se trouvant au-dessous. Selon l'agencement correspondant, un matériau carboné humide d'alimentation, introduit par l'orifice d'admission 24, est dévié par le déflecteur 26 vers la périphérie extérieure de la sole 64 la plus haute, puis transféré vers le haut et vers l'intérieur au moyen des dents de raclage 50 jusqu'à une position située au-dessus du déflecteur circulaire 70, d'où il tombe sur la sole située au-dessous. D'une façon similaire, les dents de raclage 50 de la seconde sole servent au transfert du matériau d'alimentation dans la direction du bas et de l'extérieur le long de la surface supérieure de la sole pour qu'il soit finalement déchargé par les orifices 73 ménagés dans sa périphérie . Le matériau d'alimentation continue à se diriger vers le bas par chutes successives vers l'intérieur et vers l'extérieur, comme indiqué par les flèches en figure 1, pour finir par se décharger dans la zone inférieure de réaction.

Pendant sa descente, le matériau d'alimentation est amené à venir en contact avec le courant ascendant, circulant dans le sens opposé, des gaz de réaction chauds, ce qui provoque son échauffement jusqu'à une température comprise généralement entre 90 et 260°C. De manière à assurer un contact intime entre le matériau d'alimentation et les gaz de réaction, des déflecteurs annulaires 72 sont disposés aussitôt au-dessus des bras de raclage 48 sur au moins une partie des soles 64 de manière à confiner le courant gazeux à un endroit contigu à la surface supérieure des soles et en relation d'échange de chaleur avec le matériau. Un préchauffage du matériau d'alimentation est obtenu partiellement par condensation des parties condensables des gaz de réaction, tels que la vapeur, sur les surfaces du matériau froid entrant ainsi que par échange direct de

chaleur. Les liquides condensés ainsi que l'eau combinée chimiquement libérée du matériau s'écoulent vers le bas et vers l'extérieur le long des soles inclinées et sont extraits à la périphérie des soles où celles-ci sont reliées à leur extrémité extérieure à la garniture circulaire par l'intermédiaire d'une gouttière annulaire 74 comportant un tamis 76, tel qu'un tamis Johnson, sur son extrémité d'entrée, laquelle est continuellement balayée par un élément de grattage ou brosse métallique 77 montée sur la dent la plus extérieure du bras contigu. Les gouttières annulaires 74 communiquent avec des conduites 78 disposées dans l'espace annulaire formé entre la garniture 66 et la paroi 14 de la section centrale, et le liquide est extrait du récipient de réaction par un orifice de sortie de condensat 80, comme représenté en figure 1.

Les gaz de réaction refroidis s'élevant dans la zone de préchauffage finissent par être extraits de la partie supérieure 12 du récipient sous pression par l'orifice de sortie à collerette 28.

Le matériau d'alimentation préchauffé et partiellement déshydraté passe de la sole la plus basse de la zone de préchauffage à la sole annulaire la plus haute 82 de la zone de réaction sous une pression élevée contrôlée et est soumis à un nouveau chauffage pour le porter à des températures généralement comprises entre environ 200° et environ 650°C ou plus. Les soles annulaires 82 de la zone de réaction sont montées dans une position sensiblement horizontale et des soles alternées ont leur périphérie en relation pratiquement étanche avec une garniture circulaire cylindrique 84 en réfractaire de la paroi intérieure 14 de la section centrale. Les dents de raclage 50 des bras 48 de la zone de réaction provoquent également un mouvement du matériau d'alimentation dans la zone de réaction qui est alternativement dirigé radialement vers l'intérieur et vers l'extérieur à la manière d'une cascade, comme représenté par les

flèches de la figure 1. Le produit de réaction solide sensiblement exempt d'humidité et thermiquement amélioré est déchargé au centre de la sole 82 la plus basse pour tomber dans une goulotte conique 86 et être extrait du récipient sous pression par passage dans un orifice à collerette 88.

Dans le but de réduire encore la perte de chaleur à partir du récipient sous pression, la section cylindrique ainsi que la partie inférieure 16 sont munies d'une couche extérieure d'un isolant 90 constitué de l'un des types bien connus dans l'art. La section centrale comporte en outre de préférence une enveloppe extérieure 92 de manière à protéger l'isolant se trouvant au-dessous.

Le chauffage du matériau d'alimentation à l'intérieur de la zone de réaction peut être effectué par des éléments électriques disposés à l'intérieur, par une chemise entourant la périphérie de la paroi 14 de la section centrale dans laquelle on fait circuler un fluide d'échange de chaleur, ou, en variante, conformément à l'agencement représenté en figure 1 par un agencement circonférentiel d'échange de chaleur par tubes qui comprend un faisceau tubulaire hélicoïdal 94 disposé en un endroit contigu à la surface intérieure de la garniture en réfractaire 84 ainsi qu'un échangeur de chaleur transversal constitué d'une multitude de tubes 96 en forme de U, qui sont horizontalement en saillie dans le récipient sous pression, en un endroit situé immédiatement au-dessous des soles 82. Le faisceau tubulaire 94 de l'échangeur de chaleur circonférentiel est relié par un orifice d'admission à collerette 98 et un orifice de sortie à collerette 100 à une alimentation extérieure en fluide de transfert de chaleur tel que du gaz carbonique comprimé ou un fluide de transfert analogue. Les tubes 96, comme on peut le voir en figures 1 et 2, sont connectés à un collecteur d'admission et à un collecteur de sortie 102 et 104, respectivement, lesquels sont à leur tour connectés à un

orifice d'admission à collerette 106 et un orifice de sortie à collerette 108 s'étendant à travers la paroi du récipient sous pression. Les systèmes d'échangeur de chaleur circonférentiel et transversal peuvent être connectés à la même source de fluide d'échange de chaleur, ou en variante, conformément à un mode de réalisation préféré qui sera illustré schématiquement en figure 4, à des sources de chauffage séparées qui permettent une commande indépendante de chaque système de manière à obtenir le chauffage souhaité et la restructuration thermique du matériau d'alimentation dans la zone de réaction.

En fonctionnement et plus particulièrement en liaison avec le diagramme de circulation de la figure 4 des dessins, un matériau d'alimentation carboné humide est introduit à partir d'une trémie de stockage 110, par l'intermédiaire d'un sas sous pression 111, dans l'orifice d'admission 24 du récipient sous pression 10. Le matériau est transféré vers le bas par traversée de la zone supérieure de préchauffage 112 comme on l'a décrit précédemment, et en procédant à un échange de chaleur avec les gaz de réaction ascendants, de manière à effectuer un préchauffage du matériau à une température comprise généralement entre 90 et 260°C, de la manière décrite précédemment en liaison avec la figure 1. Ensuite, le matériau préchauffé, partiellement déshydraté, descend pour entrer dans la zone inférieure de réaction 114 du réacteur, dans laquelle il est chauffé à une température élevée, comprise généralement entre environ 200 et environ 650°C, pour effectuer une restructuration thermique contrôlée ou pyrolyse partielle du matériau, laquelle est accompagnée d'une vaporisation de la quasi-totalité de l'humidité résiduelle ainsi que des constituants organiques volatils et des produits de réaction de la pyrolyse. La pression à l'intérieur du réacteur est généralement régulée pour se trouver dans une plage allant d'environ 2,1 MPa à environ 21 MPa ou plus selon le type de

matériau d'alimentation utilisé et la restructuration thermique désirée afin d'obtenir le produit de réaction final solide souhaité. Le nombre de soles annulaires dans la zone de préchauffage et dans la zone de réaction du réacteur est fonction de la durée du traitement désiré de manière à obtenir un temps de séjour dans la zone de réaction qui est généralement compris entre une valeur aussi faible qu'environ 1 minute et environ 1 heure ou plus. Le produit solide amélioré thermiquement résultant est déchargé par l'orifice de sortie de produit 88 dans la section inférieure du réacteur, et est en outre refroidi dans un refroidisseur 116 pour être porté à une température à laquelle le produit de réaction solide peut être déchargé pour être mis en contact avec l'atmosphère sans combustion, ni effet néfaste. En général, le refroidissement du produit de réaction solide à une température inférieure à environ 260°C et plus généralement à des températures inférieures à environ 150°C, est convenable. La conduite de décharge sortant de l'orifice 88 comporte également un sas sous pression 118 que traverse le produit de réaction afin d'éviter la perte de la pression régnant dans le réacteur.

Les gaz refroidis de réaction sont soutirés de l'extrémité supérieure du réacteur par passage dans l'orifice de sortie 28 et traversant une soupape 120 pour entrer dans un condenseur 122. Dans le condenseur 122, les parties organiques et condensables des gaz de réaction sont condensés et extraites à titre de condensat formant un sous-produit. La partie non condensable du gaz est extraite et peut être enlevée et utilisée pour venir compléter les besoins en chauffage du réacteur. D'une façon similaire, la partie liquide extraite du réacteur dans la zone de préchauffage est enlevée par l'intermédiaire d'une valve appropriée 124 et extraite en tant qu'eau résiduelle. L'eau résiduelle contient fréquemment des constituants organiques dissous précieux et peut être traitée de nouveau pour en effectuer

leur extraction, ou en variante, l'eau résiduelle contenant les constituants organiques dissous peut être utilisée directement pour former une boue aqueuse renfermant des parties du produit de réaction solide fragmenté afin d'en faciliter le transport jusqu'à un endroit éloigné du réacteur.

De plus, le diagramme de circulation de la figure 4 représente schématiquement des systèmes auxiliaires de chauffage pour la remise en circulation du milieu fluidique de transfert de chaleur dans les sections circonférentielle et transversale d'échange de chaleur de la zone de réaction 114. Comme représenté, le système circonférentiel d'échange de chaleur comporte une pompe 126 pour la mise en circulation du fluide de transfert de chaleur dans un échangeur de chaleur ou four 128 afin d'en effectuer son réchauffement et sa décharge dans le faisceau tubulaire dans la zone de réaction. D'une façon similaire, le système transversal d'échange de chaleur comporte une pompe 130 de remise en circulation et un four 132 pour faire circuler et réchauffer le fluide de transfert de chaleur et le décharger dans les tubes en forme de U de la zone de réaction 114.

Le réacteur à soles multiples et le procédé venant d'être représentés et décrits conviennent particulièrement au traitement de matériaux carbonés ou de mélanges des matériaux du type généralement décrit ci-dessus, lesquels sont généralement caractérisés par une teneur en humidité relativement élevée à l'état brut d'alimentation. Le terme "carboné" employé dans la présente description désigne des matériaux qui sont riches en carbone et peuvent comprendre des dépôts naturels ainsi que des matériaux résiduels produits lors d'activités agricoles et forestières. Typiquement, de tels matériaux sont constitués de charbons subitumineux, de charbons du type lignite, de la tourbe, des déchets cellulosiques tels que la sciure de bois, l'écorce, des déchets de bois, des branches et fragments provenant des activités de sciage, des déchets agricoles tels que les

tiges de cotonier, les écorces de noix, les coques de riz, ou analogues, et la pulpe de déchets municipaux solides dont les agents métalliques de contamination ont été enlevés qui contiennent moins d'environ 50 % en poids d'humidité, et typiquement environ 25 % en poids d'humidité. Le réacteur à soles multiples, et les procédés décrits ici conviennent particulièrement au traitement et à l'amélioration de matériaux cellulosiques de ce type dans les conditions et avec les paramètres de traitement décrits dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique n° 4 052 168; n° 4 126 519; n° 4 129 420; n° 4 127 391; et n° 4 477 257 qu'on supposera ici connus.

Un exemple typique du fonctionnement du réacteur à soles multiples selon le mode de réalisation de la figure 1 pour l'amélioration d'un charbon subitumineux contenant approximativement 30 % en poids d'humidité à l'état brut fera maintenant l'objet d'une description. Le charbon brut d'alimentation est introduit à partir de la trémie 110,comme représenté en figure 4, par passage dans le sas sous pression 111 à une température d'environ 15°C et à la pression atmosphérique pour entrer dans le réacteur, lequel est maintenu à une pression d'environ 5,8 MPa. Le charbon est chauffé dans la zone de préchauffage 112 du réacteur à partir de la température d'environ 15°C pendant sa traversée en descente de la zone et entre dans la zone de réaction 114 à une température d'environ 260°C.L'eau résiduelle extraite de la zone de préchauffage est enlevée à une température d'environ 160°C et à une pression de 5,8 MPa, alors que le gaz de produit est également extrait de la partie supérieure de la zone de préchauffage à une température d'environ 160°C et une pression de 5,8 MPa. Le gaz réactionnel provenant de la zone de réaction entre dans la partie inférieure de la zone de préchauffage à une température d'environ 260°C et une pression de 5,8 MPa. Le produit de réaction solide résultant est extrait du fond de la zone de

réaction à une température d'environ 380°C et une pression de 5,8 MPa, à la suite de quoi, il est refroidi à une température d'environ 90°C et déchargé à la pression atmosphérique.

Un débit massique typique du matériau d'alimentation et des divers courants de produit en termes de kg/heure est de 23 160 kg/heure de matériau d'alimentation contenant 7 180 kg d'eau par heure. L'eau résiduelle récupérée est de 9 100 kg/heure, alors que le gaz comprend 2 500 kg/heure en plus de 148 kg/heure de vapeur. Le produit de réaction solide déchargé par le réacteur comprend 11 420 kg/heure et le gaz net après extraction des parties condensables comprend 2 500 kg/heure en plus des 148 kg/heure d'eau.

L'équilibre thermique du procédé précédent comprend le charbon brut humide contenant 786 x 10^6 J chargé dans le réacteur avec le produit de réaction solide refroidi à 90°C contenant 1350 x 10^6 J/heure. Le gaz de produit récupéré a un pouvoir calorifique de 1130 x 10^6 J/heure,alors que l'eau résiduelle chaude extraite contient 6 284 x 10^6 J/heure.

La séquence et les conditions du procédé précédent sont typiques du traitement de charbons subitumineux et on comprendra que les températures particulières régnant dans les diverses zones du réacteur, la pression employée et le temps de séjour du matériau d'alimentation à l'intérieur des diverses zones peuvent être modifiées pour obtenir l'amélioration thermique recherchée et/ou la restructuration chimique du matériau d'alimentation cellulosique en fonction de sa teneur initiale en humidité, de la construction chimique générale et de son contenu en carbone, ainsi que des caractéristiques désirées du produit de réaction solide qui est récupéré. Par conséquent, la zone de préchauffage du réacteur peut être commandée de manière à effectuer un préchauffage du matériau d'alimentation à la température ambiante pour la porter à une valeur élevée, généralement comprise entre

environ 90°C et environ 260°C, à la suite de quoi, lors de l'entrée dans la zone de réaction, il est porté à une température pouvant atteindre 650°C ou plus. La pression à l'intérieur du réacteur peut être également modifiée dans une plage allant d'environ 2,1 MPa à environ 21 MPa avec des pressions comprises entre environ 4,2 MPa et environ 10,5 MPa étant typiques.

Selon une variante de réalisation du dispositif de la présente invention, comme on le voit le mieux en figure 5, un autre agencement est illustré dans lequel la zone de préchauffage est définie par une chambre inclinée 134 qui est disposée avec son orifice supérieur de sortie connecté via une bride 136 à un orifice d'entrée à collerette 138 d'un réacteur à soles multiples 140 définissant la zone de réaction. La chambre 134 comporte à son extrémité inférieure un orifice d'entrée 142 par lequel pénètre le matériau carboné humide d'alimentation, lequel est transféré par un système d'alimentation du type à vis ou trémie 144 à sas sous pression pour être introduit dans l'extrémité inférieure de la chambre. Le matériau est transféré sous pression vers le haut de la chambre 134 par un convoyeur à vis 146 s'étendant sur sa longueur. L'extrémité supérieure du convoyeur est montée dans un chapeau d'extrémité 148 boulonné à l'extrémité supérieure de la chambre, et son extrémité inférieure l'est par l'intermédiaire d'un ensemble formant joint et palier 150 placé sur une bride boulonnée sur l'extrémité inférieure de la chambre. L'extrémité en saillie de l'arbre du convoyeur à vis 146 est reliée par un accouplement 152 à un moteur électrique 154 à vitesse variable.

L'extrémité supérieure de la chambre 134 comporte un orifice de sortie à collerette 156 qui est destiné à être équipé d'un disque de sécurité ou toute autre soupape appropriée de sécurité afin de libérer la pression régnant dans le système de réacteur pour une valeur excessive pré-réglée de la pression. La partie inférieure de la chambre inclinée

comporte un second orifice de sortie à collerette 158 relié au moyen d'un tamis perforé tel qu'un tamis du type Johnson à la paroi de la chambre 134, par l'intermédiaire duquel les gaz non condensables s'échappent du système. L'orifice de sortie 158 est connecté dans un agencement semblable à celui illustré en figure 4 à une soupape 120 et à un système de traitement et de récupération de gaz de produit.

Le préchauffage et la déshydratation partielle du matériau carboné qui est acheminé vers le haut de la chambre inclinée 134 sont effectués en réponse à la circulation à contre-courant des gaz de réaction déchargés vers l'extérieur du réacteur 140 par l'orifice d'entrée 138. Comme dans le cas du mode de réalisation décrit en liaison avec la figure 1, le préchauffage du matériau d'alimentation est obtenu partiellement par condensation des portions condensables du gaz de réaction tel que la vapeur sur les surfaces du matériau froid entrant ainsi que par échange direct de chaleur. Le préchauffage du matériau d'alimentation est généralement effectué de façon à porter sa température d'environ 90° à environ 260°C. Les liquides condensés et l'eau combinée chimiquement qui sont libérés pendant le préchauffage et le tassage du matériau carboné dans la chambre 134 s'écoulent vers le bas et sont extraits de la partie inférieure de la chambre par un orifice 160 de la même manière que celle décrite précédemment en liaison avec la figure 4, une vanne appropriée 124 étant montée pour le traitement et la récupération de l'eau résiduelle. La paroi de la chambre 134 contiguë à l'orifice 160 est équipée d'un tamis perforé approprié, tel qu'un tamis du type Johnson de manière à minimaliser l'échappement de la partie solide du matériau d'alimentation.

Le réacteur à soles multiples 140 représenté en figure 5 a une structure similaire à celle du réacteur de la figure 1, sauf toutefois que l'intérieur du réacteur définit

une zone de réaction et n'emploie pas les soles inclinées 64 qui sont représentées en figure 1 dans sa section supérieure de préchauffage. Le réacteur 140 comprend une partie supérieure 162 en forme de dôme qui est reliée à une section centrale cylindrique circulaire 164 en étant étanche au gaz grâce à des brides annulaires 166. Un bossage annulaire 168 est formé sur la partie centrale intérieure de la partie 162 de manière à recevoir un roulement 170 dans lequel est montée l'extrémité supérieure d'un arbre 172 supportant une multitude de bras de raclage 174 conformément à l'agencement déjà décrit en liaison avec la figure 1. Chaque bras comporte une pluralité de dents de raclage 176 disposées angulairement pour transférer radialement le matériau d'alimentation vers l'intérieur et vers l'extérieur de la pluralité de soles 178 espacées verticalement.

Selon l'agencement précédent, le matériau d'alimentation préchauffé et partiellement déshydraté qui est déchargé de l'extrémité supérieure de la chambre 134 entre dans le réacteur par l'intermédiaire de l'orifice d'admission à collerette 138, équipé d'une goulotte 180 pour la répartition du matériau sur la sole 178 la plus haute. En réponse à la rotation des bras de raclage, le matériau d'alimentation descend de façon alternée comme on l'a décrit précédemment et comme cela est représenté par les flèches en figure 5. Comme la partie inférieure du réacteur 140 est sensiblement identique à celle de la figure 1, aucune illustration spécifique n'en sera donnée. L'agencement d'entraînement et l'agencement de support qui sont illustrés en figure 1 peuvent être utilisés pour le support du réacteur 140.

Comme dans le cas de l'agencement de la figure 1, le réacteur 140 de la figure 5 comporte une garniture cylindrique 182 qui définit la paroi intérieure de la zone de réaction munie d'une couche extérieure d'isolant 184 entre la paroi 164. D'une façon similaire, la surface extérieure de la paroi et la partie supérieure en forme de dôme peuvent

être munies d'une couche isolante 186 de manière à minimaliser les pertes de chaleur.

Dans le mode de réalisation illustré en figure 5, le matériau d'alimentation situé sur la surface supérieure de chacune des soles 178 est chauffé par un dispositif électrique représenté schématiquement en 188, qui est pratiquement totalement enfermé à l'intérieur d'un bouclier annulaire conducteur 190 fixé au côté inférieur de la sole. Le bouclier 190 empêche le dépôt de goudrons et autres produits de la dégradation thermique sur les éléments chauffants,ce qui , dans le cas contraire, réduirait le rendement du transfert de chaleur. L'utilisation de ces boucliers 190 s'applique également au mode de réalisation illustré en figure 1 pour enfermer les tubes 94 et 96 et éviter là aussi le dépôt de carbone et autres corps étrangers.

Selon l'agencement de la figure 5, au moins les surfaces inférieures des boucliers annulaires 190 sont nettoyées par des éléments appropriés de grattage, de préférence des brosses métalliques ayant pour référence 192 qui sont fixées au bord supérieur des bras 174 et s'étendent radialement le long de ce bord. Par conséquent, la rotation de l'arbre 172 et des bras de raclage entraîne un nettoyage continu du côté inférieur des boucliers, maintenant un transfert efficace de la chaleur à partir des éléments chauffants qu'ils renferment.

Il est en outre envisagé qu'après un fonctionnement prolongé, une accumulation fâcheuse de goudrons et autres corps puisse se produire sur les surfaces intérieures du réacteur illustré en figures 1 et 5. Dans ce cas, l'intérieur du réacteur peut être nettoyé en cessant temporairement l'introduction du matériau d'alimentation et après que le dernier produit ait traversé l'orifice de sortie, de l'air est introduit à l'intérieur du réacteur, effectuant l'oxydation et l'enlèvement des dépôts carbonés qui se sont accumulés.

Selon l'agencement illustré en figure 5, le réacteur 140 comportera également de préférence un orifice de sortie à collerette 194 dans sa section supérieure en forme de dôme, cet orifice étant destiné à être connecté à un système de libération de la pression ou un disque de sécurité d'une manière similaire à l'orifice de sortie 156 de la chambre 134.

Les conditions de fonctionnement du réacteur illustré en figure 5 sont sensiblement identiques à celles qu'on a décrites précédemment en liaison avec le réacteur de la figure 1, pour donner un produit amélioré, chimiquement restructuré et partiellement pyrolysé.

L'appréciation de certaines des valeurs de mesures indiquées ci-dessus doit tenir compte du fait qu'elles proviennent de la conversion d'unités anglo-saxonnes en unités métriques.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1 - Réacteur à soles multiples pour traitement thermique de matériaux carbonés organiques sous pression, caractérisé en ce qu'il comprend un récipient sous pression (10) définissant une chambre qui comporte une multitude de soles annulaires superposées (64) constituées d'une série de soles supérieures inclinées vers le bas dans la direction de la périphérie de la chambre et d'une série de soles inférieures espacées du dessous des précédentes, un moyen d'admission (24) dans la partie supérieure du récipient pour introduire un matériau d'alimentation carboné humide sous pression sur la sole la plus haute, des moyens de raclage (48) disposés au-dessus de chaque sole pour transférer radialement le matériau d'alimentation le long de chaque sole dans une direction dirigée alternativement vers l'intérieur et vers l'extérieur afin d'effectuer une descente en cascade du matériau entre une sole et la sole suivante située au-dessous, un moyen d'orifice de sortie (28) dans la partie supérieure du récipient pour extraire les gaz de réaction sous pression de la chambre, des moyens de déflecteur (72) surplombant les soles supérieures et les moyens de grattage pour diriger la circulation ascendante , à contre-courant, des gaz de réaction contigus au matériau d'alimentation et en relation de transfert de chaleur avec celui-ci, un moyen de vidange (74) disposé en communication avec les soles supérieures pour extraire tout liquide présent dessus sous pression à partir de la chambre, des moyens de chauffage (94, 96) dans la chambre disposés dans la région des soles inférieure pour chauffer le matériau d'alimentation se trouvant dessus et le porter à une température élevée pendant une durée suffisante pour vaporiser au moins une partie des substances volatiles et former des gaz de réaction et un produit de réaction et un moyen de décharge (86) dans la partie inférieure du récipient pour extraire le produit de réaction sous pression de la chambre.

2 - Réacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen de nettoyage (77) associé aux moyens de grattage (48) pour nettoyer le moyen de vidange (74).

3 - Réacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de chauffage (94) sont disposés circonférentiellement autour de l'intérieur de la chambre.

4 - Réacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de chauffage (96) sont disposés transversalement à des intervalles espacés à l'intérieur de la chambre et contigus au côté inférieur de chacune des soles inférieures.

5 - Réacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de chauffage (94; 96) sont disposés à l'intérieur d'un bouclier (190) conducteur de protection, et en ce qu'ils comprennent en outre des moyens de grattage (192) sur les moyens de raclage pour déloger des dépôts d'au moins une partie des surfaces extérieures du bouclier.

6 - Réacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen (34; 60; 62) pour supporter de façon réglable les moyens de raclage pour mouvement relatif par rapport aux surfaces supérieures des soles supérieures et inférieures.

7 - Dispositif à réacteur pour le traitement thermique de matériaux carbonés organiques sous pression, caractérisé en ce qu'il comporte une chambre de préchauffage (134) ayant un oririce d'entrée (142) à l'une de ses extrémités destiné à recevoir le matériau d'alimentation sous pression et un orifice de sortie (138) à son autre extrémité destiné à décharger le matériau d'alimentation préchauffé, un moyen de convoyage (146) pour acheminer le matériau d'alimentation à travers la chambre entre l'orifice d'admission et l'orifice de sortie, un moyen de vidange (160) dans la chambre pour extraire de la chambre tout liquide s'y trouvant sous pression, un moyen d'orifice de sortie (158) dans la partie

supérieure de la chambre pour extraire de la chambre les gaz de réaction sous pression à un endroit espacé de l'orifice de sortie, un réacteur (140) à soles multiples comportant un récipient sous pression renfermant une multitude de soles annulaires superposées (178), un moyen d'orifice d'admission (180) dans la partie supérieure du récipient disposé en communication avec l'orifice de sortie de la chambre pour introduire le matériau d'alimentation préchauffé sous pression sur la sole la plus haute, des moyens de racleur (174) disposés au-dessus de chaque sole pour transférer le matériau radialement le long de chaque sole en le dirigeant alternativement vers l'intérieur et vers l'extérieur afin d'effectuer sa chute en cascade d'une sole à la sole suivante, des moyens de chauffage (188) dans le récipient pour chauffer progressivement le matériau d'alimentation sur les soles jusqu'à une température élevée pendant une durée suffisante pour vaporiser au moins une partie des substances volatiles et former des gaz de réaction et un produit de réaction, un moyen pour diriger les gaz de réaction vers le haut du récipient et à travers la chambre de préchauffage dans une direction à contre-courant du déplacement du matériau d'alimentation vers le moyen d'orifice de sortie, et un moyen de décharge dans la partie inférieure du récipient pour décharger le produit de réaction sous pression du réacteur.

8 - Dispositif à réacteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que le moyen de convoyage dans la chambre (134) comprend un convoyeur du type à vis (146).

9 - Dispositif à réacteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de chauffage (188) sont disposés circonférentiellement sur la périphérie de l'intérieur du récipient.

10 - Dispositif à réacteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de chauffage (188) sont disposés transversalement à des intervalles espacés à l'intérieur du récipient et contigus au côté inférieur de

chacune des soles (178).

11 - Dispositif à réacteur selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de chauffage (188) sont disposés à l'intérieur d'un bouclier (190) conducteur de protection et comprennent en outre des moyens de grattage (192) sur les moyens de raclage (174) pour déloger des dépôts d'au moins une partie des surfaces extérieures du bouclier.

12 - Dispositif à réacteur selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen (172) pour supporter de façon réglable les moyens de raclage dans le réacteur pour déplacement vertical par rapport aux surfaces supérieures des soles.

13 - Procédé de traitement thermique de matériaux carbonés organiques humides sous pression, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

(a) l'introduction d'une fourniture de matériau carboné humide devant être traité sous pression dans un réacteur à soles multiples comportant un récipient sous pression contenant une pluralité de soles annulaires superposées constituées d'une série de soles supérieures inclinées vers le bas dans la direction de la périphérie du récipient et d'une série de soles inférieures espacées des précédentes en étant au-dessous;

(b) le dépôt du matériau d'alimentation sur la sole la plus haute et le transfert de ce matériau radialement le long de chaque sole en le dirigeant alternativement vers l'intérieur et vers l'extérieur de manière à effectuer une chute en cascade du matériau d'une sole à la sole suivante se trouvant au-dessous;

(c) la mise en contact du matériau d'alimentation avec la circulation à contre-courant de gaz de réaction afin d'effectuer un préchauffage du matériau sur les soles supérieures et faire passer sa température d'environ 90° à environ 260°C;

(d) la vidange du liquide pour l'extraire des soles supérieures provenant de l'humidité libérée par le matériau d'alimentation et des liquides condensables des gaz de réaction sous pression pour les extraire de l'intérieur du récipient;

(e) le chauffage du matériau d'alimentation préchauffé sur les soles inférieures pour le porter à une température élevée pendant une durée suffisante pour vaporiser au moins une partie des substances volatiles renfermées et former des gaz de réaction et un produit de réaction solide;

(f) l'extraction des gaz de réaction résiduels de la partie supérieure du récipient et la décharge du produit de réaction solide sous pression à partir de la portion inférieure du récipient.

14 - Procédé de traitement thermique sous pression de matériaux carbonés organiques humides, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

(a) l'introduction d'une fourniture de matériau d'alimentation carboné humide devant être traité sous pression dans une chambre de préchauffage et le préchauffage du matériau d'alimentation pour le porter à une température comprise entre environ 90° et environ 260°C par contact par transfert thermique à contre-courant avec des gaz de réaction;

(b) l'extraction de tout liquide formé dans la chambre de préchauffage pour l'enlever de la chambre sous pression;

(c) l'introduction du matériau d'alimentation préchauffé sous pression dans un réacteur à soles multiples comportant un récipient sous pression contenant une pluralité de soles annulaires superposées;

(d) la répartition du matériau d'alimentation préchauffé sur la sole la plus haute et le transfert du matériau radialement le long de chaque sole pour le diriger

alternativement vers l'intérieur et vers l'extérieur et effectuer une chute en cascade du matériau d'une sole à la sole suivante située au-dessous;

(e) le chauffage du matériau d'alimentation dans le réacteur pour le porter à une température élevée pendant une durée suffisante afin de vaporiser au moins une partie des substances volatiles qu'il contient et former des gaz de réaction et un produit de réaction solide;

(f) le transfert des gaz de réaction dans une direction à contre-courant du matériau d'alimentation à travers le récipient sous pression et dans la chambre de préchauffage; et

(g) la décharge du produit de réaction solide sous pression à partir du réacteur.

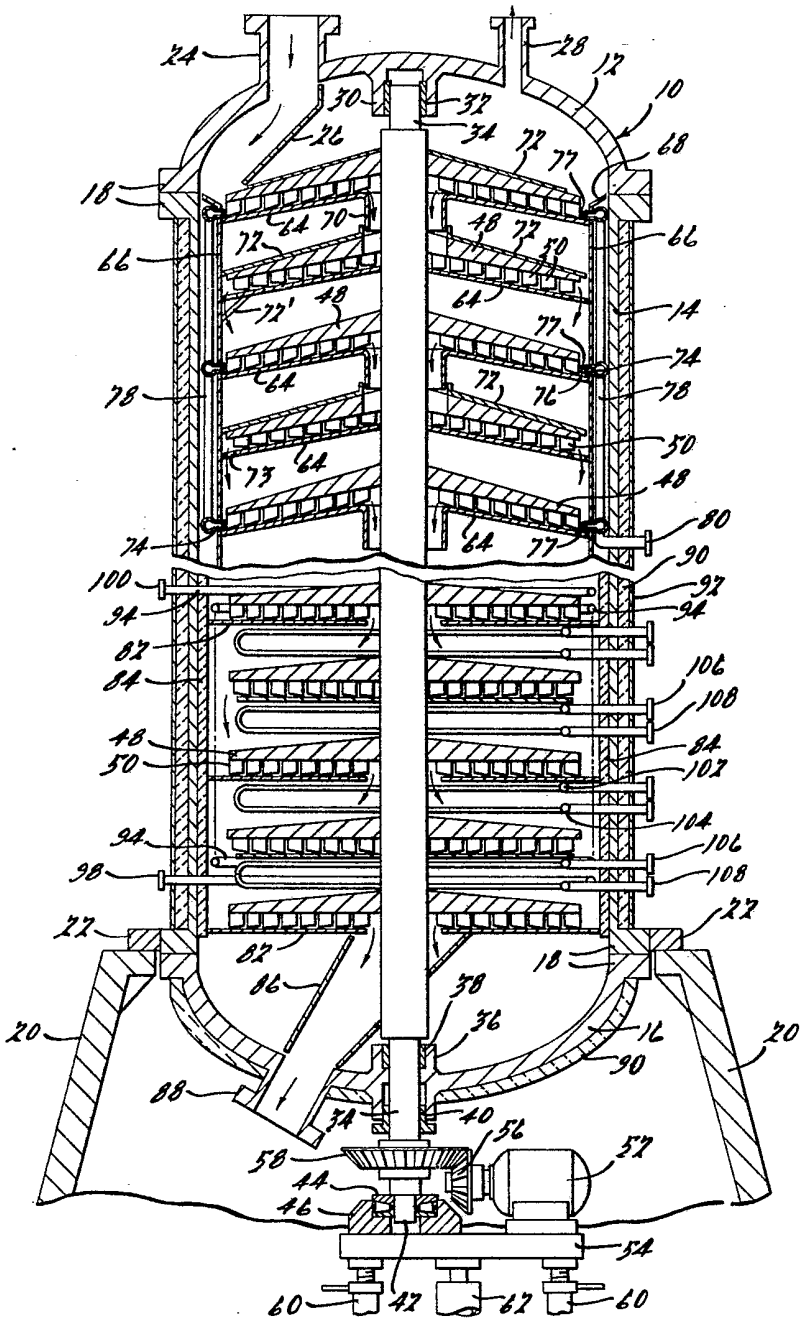

24
28
12
10
30
32
34
26
72
77
68
18
64
70
48
72
50
66
66
72'
48
64
14
77
74
64
72
76
78
78
50
73
64
48
74
64
77
80
90
100
97
94
94
82
84
106
108
48
50
84
107
104
94
106
98
108
22
22
82
18
86
38
36
16
20
20
90
88
34
40
56
58
57
44
46
54
60
47
67
60

FIG. 1.

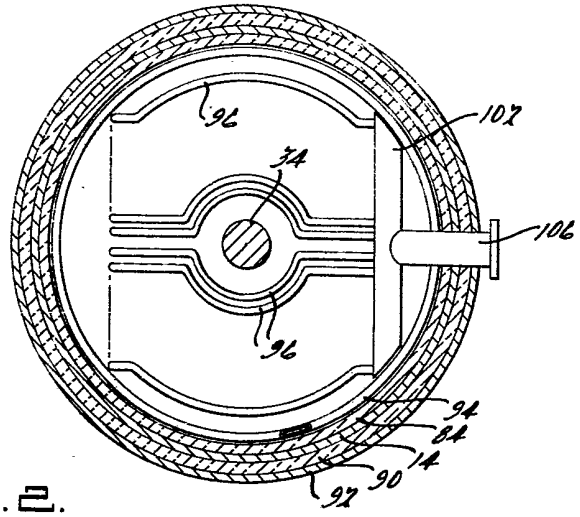


FIG. 2.

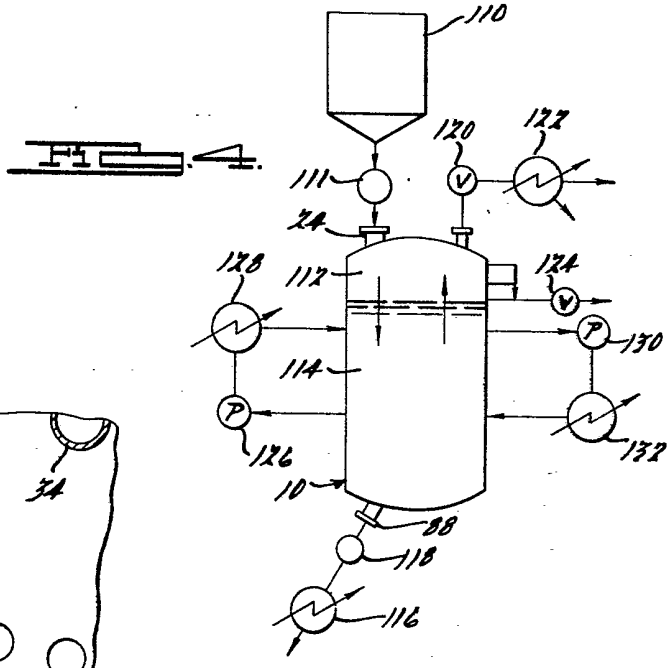


FIG. 4.

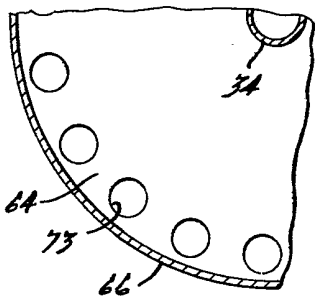


FIG. 3.

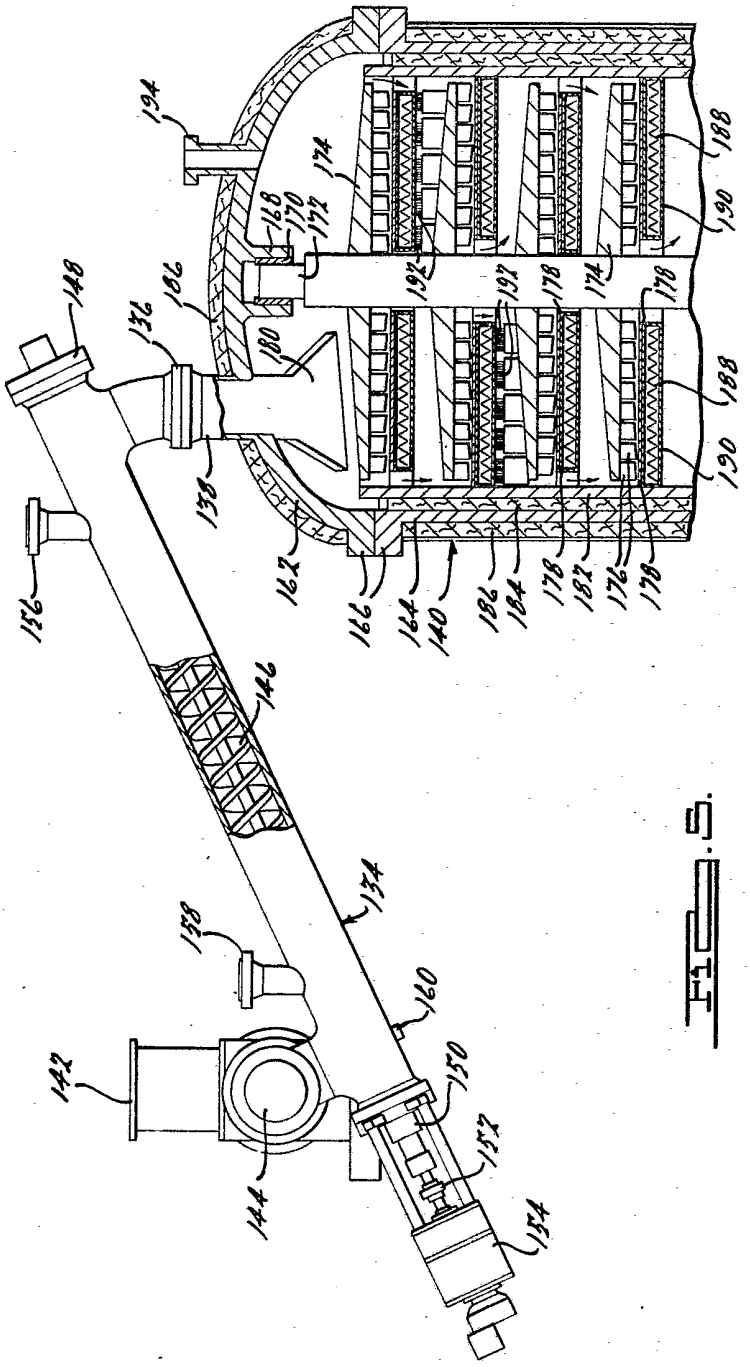

194
174
168
190
192
178
188
148
132
186
180
138
156
162
166
164
140
186
184
178
182
176
178
146
134
138
160
142
150
152
144
154

Fig. 5.