

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 819 156 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

29.12.1999 Bulletin 1999/52

(21) Numéro de dépôt: **95912305.0**

(22) Date de dépôt: **13.03.1995**

(51) Int Cl.⁶: **C10B 53/00, C10B 7/10**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR95/00290

(87) Numéro de publication internationale:
WO 95/25779 (28.09.1995 Gazette 1995/41)

(54) **PROCEDE ET DISPOSITIF DE PRODUCTION DE COMBUSTIBLE PAR PYROLYSE EN CONTINU
DE DECHETS BROYES OU PATEUX**

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON EINEM BRENNSTOFF DURCH
KONTINUIERLICHER PYROLYSE VON ZERKLEINERTEN ODER PASTÖSEN ABFALLSOFFEN

METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING FUEL BY CONTINUOUSLY PYROLYSING CRUSHED
OR PASTY WASTE

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL
PT SE**

(30) Priorité: **18.03.1994 FR 9403499**

(43) Date de publication de la demande:
21.01.1998 Bulletin 1998/04

(73) Titulaires:
• **Minghi, Osvald**
13250 Saint-Chamas (FR)
• **Froidefond, Jacques**
13480 Cabries (FR)
• **Chaplot, Guy**
06530 Peymeinade (FR)

(72) Inventeurs:
• **Minghi, Osvald**
13250 Saint-Chamas (FR)
• **Froidefond, Jacques**
13480 Cabries (FR)
• **Chaplot, Guy**
06530 Peymeinade (FR)

(74) Mandataire: **Hautier, Jean-Louis et al**
Office Méditerranéen de Brevets d'Invention,
Cabinet Hautier,
24 rue Masséna
06000 Nice (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 379 705 **EP-A- 0 427 899**
EP-A- 0 463 379 **FR-A- 2 300 124**
US-A- 3 984 288

EP 0 819 156 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention a pour objet un procédé et dispositif de combustible par pyrolyse en continu de déchets broyés ou pâteux. Le secteur technique de l'invention est le domaine de la réalisation d'équipements de valorisation de déchets pour la production d'énergie.

[0002] Une des applications principales de l'invention est le traitement de déchets industriels broyés ou pâteux mais d'autres applications sont possibles pour d'autres types de déchets également broyés ou pâteux, pour transformer ceux-ci, sans pollution atmosphérique, en combustible sec utilisable pour produire de l'énergie à un coût de production rentable, également avec le minimum de pollution résiduelle, soit sur place et immédiatement, soit en tout autre lieu et à tout moment souhaité, le bilan énergétique d'ensemble de la transformation des déchets par le procédé de traitement suivant l'invention, et de la production d'énergie récupérable ensuite, étant positif.

[0003] On connaît en effet de nombreux procédés et équipements qui proposent de traiter les déchets pour éviter leur mise en décharge qui, d'une part, dégrade l'environnement sur de grandes surfaces, d'autre part, constitue des sources indirectes de pollution importante, et enfin représente des coûts de plus en plus lourds pour les collectivités et/ou les industriels concernés. En effet, tant par la volonté politique qu'à la demande des populations et à la prise de conscience de tous, les pays industrialisés sont contraints de protéger de plus en plus leur environnement et imposent à tous les producteurs de déchets de développer et d'installer des centres de traitement. Ceux-ci représentent cependant un investissement important qui peut être supérieur au coût de mise en décharge : aussi, pour ne pas grever les financements qui sont alors souvent supportés par les collectivités, et inciter au contraire les personnes concernées à décider de tels investissements, des études et essais sont menés depuis quelques années pour valoriser le traitement de déchets afin que l'ensemble de l'opération s'équilibre économiquement.

[0004] Pour cela, quatre filières ont été explorées et ont permis l'étude et le développement de quatre types de procédés et équipements proposés à ce jour :

- l'incinération qui est la méthode la plus industrialisée à l'heure actuelle à une grande échelle, mais qui ne permet pas une véritable valorisation, même si on peut récupérer, mais directement sur place et sans possibilité de stockage, une partie des calories, utilisables alors en fait uniquement dans des chauffages urbains ou collectifs et qui en été sont alors gaspillés de toutes façons, ou en production aléatoire d'énergie électrique dans des périodes de temps qui ne sont pas avantageuses pour l'exploitation de cette énergie : de plus, ce procédé génère d'une part, une pollution par rejet de gaz toxiques dans l'atmosphère, et d'autre part, des sous-produits de la combustion qu'il faut stocker et qui, dans le temps, peuvent être dangereux; par ailleurs, les températures de traitement sont assez élevées, ce qui, combiné avec la toxicité non contrôlée des produits traités, détériore les équipements rapidement par usure accélérée et entraîne des coûts d'exploitation assez élevés;
- la fermentation anaérobie de matières organiques en phase liquide, en particulier d'ordures ménagères : il existe quelques unités fonctionnant suivant ce procédé, qui permet de produire d'une part, du gaz combustible riche en méthane, et d'autre part, un broyat qui, une fois essoré, donne un combustible solide et un digestat utilisable comme engrais. Cependant, ce type de procédé nécessite une installation importante assez complexe, devant résister à la corrosion et nécessitant un apport énergétique et des additifs avec des équipements assez volumineux, de récupération et de stockage du gaz; de plus, on ne peut y traiter que certains types de déchets essentiellement ménagers.
- La minéralisation accélérée par réaction chimique utilisant en premier la chaux vive pour décomposer et transformer essentiellement les matières organiques, puis diverses autres étapes de traitement, telles que le chauffage à moyenne température, le rajout d'autres réactifs, le broyage, le compactage afin d'obtenir un produit final inerte et neutre, théoriquement réutilisable, tel que des briques de construction. Plusieurs procédés ont été étudiés dans ce type de traitement, dont certains ont fait l'objet de dépôts de demandes de brevets, tels que les demandes FR-A-2 472 421 de Monsieur GERONIMO, FR-A-2 583 742 de LOMA FINANCE, EP-A-427 899 de la société suisse GOMACRIS, citant toutes trois pour inventeur Monsieur BIEZ, et celle FR. 2 612 427 de la société suisse CATREL. Cependant, aucun des traitements décrits dans ces demandes n'a été véritablement appliqué dans des installations industrielles significatives : tous ces procédés sont en effet issus d'expériences et de constats de résultats sans véritable explication des étapes physico-chimiques ayant permis d'obtenir ces résultats; les descriptifs sont issus seulement de l'observation et ne permettent pas une répétitivité industrielle : les produits obtenus ne peuvent donc pas avoir les caractéristiques annoncées d'une manière certaine et à peu près constante, et pour de grandes échelles; en particulier, les caractéristiques obtenues dépendent d'une part de la composition des déchets traités dont certains brevets imposent même d'avoir par exemple au moins 30% de matière cellulosique, ce qui limite beaucoup l'application de tels procédés, et d'autre part, des raisons de mise en oeuvre, liées à l'empirisme des conditions des expériences, et qui ne permettent donc pas de véritable application à une échelle industrielle. Par ailleurs, ces traitements n'éliminent ni les métaux non ferreux, ni les métaux lourds, quelle que soit leur forme, tel que les complexes organométalliques qui sont pourtant une source de pollution très importante.

- La transformation par décomposition à très haute température par thermolyse ou pyrolyse des déchets, afin de détruire certains produits toxiques de ceux-ci et d'obtenir un matériau combustible soit immédiatement utilisable ou réutilisable ultérieurement, tel que décrit et enseigné dans de nombreux brevets récents, car il s'agit d'un développement nouveau et prometteur dans lequel se situe du reste la présente invention : on peut citer dans ce cadre la demande FR.2 683 546 de la société espagnole SISTEMAS IBERICOS DE RESIDUOS sur "un procédé de fabrication d'un matériau combustible solide à partir de résidus urbains" qui produit des granulés brûlants à des températures supérieures à 850°; la demande FR-A-2 679 009 de l'IFP et de la CGC ENTREPRISE intitulée "Procédé et dispositif de traitement de déchets par contact direct" comprenant une étape de séchage, une étape de thermolyse par contact avec des gaz chauds à faible teneur en oxygène et une étape de déchloration par lavage; ou encore, dans les demandes FR-A-2 671 990 et FR-A-2 674 149 de Monsieur CHAUSSONNET, il est décrit un "système pour le traitement par thermolyse sous vide de produits (liquides ou gazeux pour la première demande et solides pour la deuxième), dont le rejet est préjudiciable pour l'environnement" : le vide permet une absence d'oxygène empêchant certaines réactions chimiques d'oxydation mais le système décrit nécessite une grosse chambre de réaction et de l'apport d'énergie assez important, et ne permet pas de traiter simultanément des déchets d'origine différente, les transferts thermiques étant difficiles à maîtriser dans le vide compte tenu de l'installation décrite.

[0005] Tous ces dispositifs et procédés, nécessitent en effet un apport extérieur énergétique important qui n'est pas compensé par la valeur des produits récupérés en sortie de dispositif, même quand ces produits sont des combustibles pouvant générer de l'énergie; de plus, ces systèmes n'éliminent pas les dangers de pollution par lixiviation ultérieure de complexes de métaux lourds qui demeurent dans les produits issus du traitement; de même, la plupart de ces dispositifs et procédés peuvent quand même émettre des gaz polluants et/ou toxiques, soit lors de la fabrication du produit combustible recherché, soit lors de la combustion de ces combustibles obtenus, et pour lesquels aucun traitement n'est prévu, comme du reste dans l'incinération où ce dégagement est encore plus important, du fait de la combustion incomplète de certains matériaux tels que le papier, le PVC, etc... qui dégagent de l'acide chlorhydrique à raison de 7 kg par tonne de résidus solides urbains, par exemple.

[0006] Ainsi, le problème posé est de réaliser des installations assez compactes qui peuvent être fixes ou mobiles, de traitement de déchets préalablement broyés ou pâteux, quelle que soit leur origine mais dont on connaît celle-ci et la composition générale afin de pouvoir en extraire des produits dont au moins certains sont combustibles, ainsi que d'autres qui soient réutilisables sous toute autre forme dépendant de la composition des déchets traités et dont la valeur économique marchande est au moins égale, si ce n'est supérieure, à l'ensemble du coût du traitement, amortissement de l'investissement compris.

[0007] De plus, un autre objectif de l'invention est de ne rien rejeter dans la nature, qui ne soit polluant, tant sous forme de gaz que de résidus solides, que ce soit lors du traitement des déchets lui-même pour réaliser lesdits produits combustibles ou autres résidus réutilisables, que lors de la combustion et de l'utilisation des produits ainsi obtenus, en particulier en ce qui concerne l'élimination de tout gaz toxique, et la séquestration des métaux lourds, pour que toute pollution ultérieure par l'usage des résidus solides soit écartée; ceci pouvant être vérifié par l'analyse des eaux de lixiviation des produits obtenus qui soit conforme à la réglementation en matière de teneur en métaux lourds.

[0008] Une solution au problème posé est un procédé de production de combustible par pyrolyse de déchets broyés ou pâteux, comprenant au moins une première étape de malaxage de ceux-ci avec des additifs dont au moins de la chaux, une deuxième étape de séchage du mélange, une troisième étape de décomposition des produits de ce mélange par chauffage à haute température et une quatrième étape de traitement complémentaire en fonction de la nature des déchets initiaux et du produit fini désiré, dans lequel :

- on réalise l'ensemble des étapes du procédé dans au moins un réacteur comportant au moins deux axes de malaxage corotatifs formant vis d'Archimède et enfermés dans une enceinte telle que par exemple un dispositif baxis comme ceux décrits dans les brevets US 3419250 du 31 décembre 1968 et US 3618902 du 14 novembre 1969 de Monsieur Ambrose K. BRENNAN; lequel réacteur, dans un mode de réalisation préférentiel est divisé en autant de compartiments successifs que d'étapes de procédé, disposés en continu les uns derrière les autres dans l'ordre de celles-ci et de préférence traversés par les mêmes vis ou axes de malaxage;
- on rajoute, lors de la première étape de malaxage initial des déchets, des additifs comprenant, outre de la chaux vive, des oxydes métalliques de telle façon que l'on réalise des molécules cages ou des capteurs de cations métalliques qui piègent et séquestrent ceux qui pourraient être présents dans les déchets;
- on utilise l'énergie de réaction du mélange obtenu dans la première étape avec les déchets broyés ou pâteux et les additifs, et celle mécanique de frottement des vis de malaxage pour sécher, dans la deuxième étape, ledit mélange;
- on effectue la troisième étape de décomposition des produits par pyrolyse avec un chauffage portant la température du compartiment correspondant, entre 200 et 800°C ;

- on effectue l'ensemble des étapes du traitement, sous vide, entre 100 et 500 mm C.E. (980 et 4 900 Pa) de pression absolue.

[0009] Dans un mode préférentiel de réalisation, on effectue préalablement à la première étape de traitement de malaxage, une séparation de métaux ferreux et non ferreux, que l'on extrait des déchets broyés ou pâteux avant leur introduction dans ledit réacteur.

[0010] Dans un mode préférentiel de réalisation, on chauffe le mélange obtenu dans la deuxième étape de séchage par un apport énergétique extérieur si les déchets ont un taux d'humidité supérieur à 30% environ, afin d'aider leur séchage.

[0011] Lors de la troisième étape du procédé et qui est la pyrolyse, d'une part on décompose les composés organiques sous forme de gaz d'huile pyrolytique condensable et de gaz combustible, d'autre part on sublime d'autres composés non pyrolysables qui s'évaporent sous vide, l'ensemble de ces gaz étant récupérés par au moins un moyen de mise sous vide du réacteur et à partir duquel on effectue les séparations nécessaires pour récupérer chaque gaz en vue de son utilisation spécifique; à la fin de cette étape de pyrolyse, on obtient un résidu solide qui peut être un combustible que l'on refroidit lors d'une quatrième étape du procédé au cours de laquelle se termine la réaction qui a démarré dans l'étape précédente de pyrolyse.

[0012] Dans un mode de réalisation spécifique, on effectue une dernière étape de traitement au cours de laquelle on rajoute aux produits résiduels issus de l'étape précédente qui est soit directement celle de pyrolyse, soit celle intermédiaire de refroidissement, des additifs déterminés en fonction du produit fini désiré et de la nature des composés de déchets initiaux.

[0013] Dans un mode spécifique de réalisation, on broie lesdits déchets avant leur introduction dans ledit réacteur par tout moyen connu leur donnant une dimension de granulométrie égale au maximum à la hauteur de filet des vis de malaxage à l'entrée du réacteur; dans chaque compartiment du réacteur, le profil et le pas des filets desdites vis peuvent être différents, et dans le premier compartiment de malaxage, celles-ci cisailent de préférence les déchets en particules de moins de un dixième de millimètre.

[0014] Le résultat est de nouveaux procédés de production de combustible et de dispositifs permettant l'application de tels procédés suivant le descriptif ci-dessous et l'exemple de la figure jointe. En effet, de tels procédés et dispositifs permettent de répondre au problème posé et d'atteindre des objectifs définis précédemment tout en évitant les inconvénients des procédés et dispositifs connus à ce jour.

[0015] En effet, grâce essentiellement à l'utilisation de deux vis de malaxage corotatives permettant d'effectuer l'ensemble du traitement, ce qui permet entre autres de récupérer sous forme d'énergie calorifique les frottements mécaniques de celles-ci pour chauffer et sécher le produit, et également à la mise sous vide de toutes les étapes du procédé, on améliore le bilan énergétique: celui-ci en effet, au moins, s'équilibre et compense l'ensemble des besoins énergétiques du procédé suivant l'invention, ainsi que les coûts d'investissement et de fonctionnement nécessaires à l'exécution du présent procédé et qui peut même, dans certains cas, suivant le type de déchets traités et récupérés, en plus de la fourniture de gaz combustible permettant ladite récupération d'énergie et d'obtenir d'autres produits combustibles et/ou récupérables. L'ensemble de la production d'énergie ainsi valorisée donne une valeur à la tonne de déchets supérieure à l'ensemble du coût actuel de transport et de mise en décharge; ce rendement est donc bien sur très attractif, d'autant plus que les procédés et dispositifs suivant l'invention permettent la récupération à 95% en masse des déchets traités, les 5% restant étant des résidus tels que des cendres inertes, dans lesquelles des métaux lourds, éventuellement et initialement présents, le sont toujours mais avec leur toxicité inhibée par le phénomène de séquestration; de plus il n'y a pas de dégagement de fumée polluante dans l'atmosphère lors de la combustion des produits combustibles récupérés suivant le procédé de la présente invention.

[0016] En effet, en plus de l'avantage ci-dessus, la mise sous vide permet le contrôle et le traitement complet anti-pollution des gaz et de l'eau issus du procédé, de même que la technologie propre de la présente invention permet d'effectuer l'ensemble des opérations de traitement sans générer de pollution, sans aucun rejet de poussière ou de gaz dans l'atmosphère et les déchets entièrement traités sont transformés en solides, huiles, gaz ou eaux, utilisables en matières premières ou en matériaux de propriété identiques aux produits substitués.

[0017] De plus, les dangers de pollution différée par lixiviation de complexes de métaux lourds qui sont responsables à ce jour, de sévères pollutions durables dans le temps, sont écartés: en effet, bien que des quantités importantes de métaux lourds soient dispersées à ce jour dans les procédés et dispositifs connus dans les cendres volantes, lors par exemple de l'incinération, il en reste d'importantes proportions dans les mâchefers sous forme d'oxydes métalliques qui sont solubles en phase aqueuse et donc lixiviables. La présente invention met à profit le procédé connu de séquestration des métaux lourds dans une molécule cage telle qu'une matrice de silico-aluminate de calcium hydraté, insoluble dans l'eau et résistant à la corrosion: grâce à cette étape de procédé incluse dans la présente invention, les métaux lourds ne sont plus solubles en phase aqueuse et les phénomènes de lixiviation n'ont plus pour conséquence la pollution des nappes phréatiques.

[0018] La présente invention inhibe également la production de tout rejet acide par neutralisation in situ des com-

posés générateurs d'acides et le milieu réactionnel basique est réalisé par l'utilisation de chaux et transforme par exemple les acides chlorhydriques en chlorure salin et les acides sulfuriques en sulfate.

[0019] Une autre caractéristique essentielle de l'invention est de permettre d'offrir par une simple modification des paramètres de traitement dans les différents compartiments où on réalise les différentes étapes du procédé suivant l'invention, une valorisation différente suivant le type de déchets traités et suivant les besoins locaux; une installation suivant l'invention permet en effet de traiter et de recycler de nombreux types de déchets autres que radioactifs. tels que résidus des épaves automobiles, pneumatiques usagés, résidus pétroliers, biomasses forestières, agricoles et urbaines, déchets domestiques et résidus des industries papetières, tannages, plastiques, industriels, d'usines d'épuration, etc... En effet, le procédé suivant la présente invention permet de choisir, quel que soit le déchet traité, et ceci dans le même réacteur, par une simple modification des paramètres et des additifs, et en plus des gaz dont au moins une partie est combustible, la nature du produit solide et plus ou moins séché sortant, lequel pourra être indifféremment utilisé comme combustible, matériaux inertes ou produits édaphiques tels que des engrais ou des composts, ou encore une combinaison de gaz, huile et solides, et pourra éventuellement donner lieu à une valorisation mixte sous forme de produits énergétiques et de produits chimiques. Dans tous les cas, une partie des produits issus du procédé de la présente invention, sous forme soit gazeuse, soit liquide, soit solide, est combustible.

[0020] Une des applications principales de la présente invention est, comme indiqué en introduction, le traitement de déchets industriels, ou d'autres déchets comme ceux ci-dessus, la nécessité de la présente invention leur demandant simplement d'être broyés ou pâteux préalablement à leur introduction dans le réacteur, tel que défini ci-après.

[0021] La présente invention vise ainsi à améliorer les procédés de traitement de déchets existant, en permettant en particulier un traitement continu dans un même réacteur, assurant successivement les fonctions de mélange, de séchage, de stabilisation ou transformation de produits entrant, ce qui réduit considérablement les coûts d'installation et de fonctionnement : on regroupe ainsi les différentes étapes de procédés au sein d'une même machine compacte, permettant également d'obtenir le respect optimal des paramètres de traitement spécifique à chaque type de déchets, qui sont stockés sous forme de programme dans la mémoire d'un automate ou d'un micro-ordinateur qui pilote alors l'ensemble du dispositif et qui permet de produire et d'extraire des produits, d'une part combustibles et énergétiques, et d'autre part inertes et/ou réutilisables pour d'autres usages; les paramètres ainsi relevés sont par exemple la température, la vitesse de traitement, le dosage d'additifs chimiques et/ou de produits complémentaires ainsi que la régulation de la pression de vide interne.

[0022] Le dispositif suivant l'invention comporte en effet un système d'extraction et de filtration des vapeurs produites, complété par un ou plusieurs condenseurs, et un ou plusieurs systèmes de mise sous vide par pompe, par exemple, à anneau liquide.

[0023] Les gaz ainsi récupérés sont traités chimiquement de telle manière qu'il n'y ait pas de rejet acide de type fluorhydrique, sulfureux ou sulfurique dans l'atmosphère, et que les gaz recueillis soient réutilisables sans pollution externe, ni aucun rejet de fumée ni de vapeur, en particulier par une utilisation immédiate de leur énergie aux fins de turbinage. En ce qui concerne les produits obtenus combustibles, quelle que soit leur forme, ils peuvent être stockés et leur utilisation peut être différée.

[0024] Un autre avantage de la présente invention est que le procédé de base de celle-ci peut être dissocié des préparations primaires de pré-broyage, déferrisation et démétallisation : ce procédé de base peut être ainsi réalisé dans un réacteur compact, dont les éléments sont transportables d'un site à l'autre sur engin mobile, par exemple.

[0025] On pourrait citer d'autres avantages de la présente invention, mais ceux cités ci-dessus en montrent déjà suffisamment pour en prouver la nouveauté et l'intérêt. La description et la figure unique 15 ci-après représentent un exemple de réalisation de l'invention, mais n'ont aucun caractère limitatif : d'autres réalisations sont possibles dans le cadre de la portée et de l'étendue de l'invention; en particulier afin de permettre d'adapter le traitement de dépollution au type de déchet traité et au résultat souhaité suivant les règlements en vigueur, afin de permettre de toujours obtenir le meilleur rapport coût de traitement / qualité de dépollution.

[0026] La figure unique ci-jointe est une vue en coupe longitudinale d'un exemple de réacteur permettant de réaliser le procédé de la présente invention.

[0027] Préalablement et en amont de celui-ci, les déchets 6 sont broyés par tout moyen connu leur donnant une dimension de granulométrie égale au maximum à la hauteur de filet du premier compartiment 1 des vis de malaxage 7 dudit réacteur 20, tel que par exemple avec un maximum de volume pour chaque grain ou particule de déchets broyés correspondant à un parallélépipède de 50 mm x 50 mm x 20 mm environ, ou doivent se présenter sous forme pâteuse qui peut être du reste la forme sous laquelle ils sont rejetés par l'industrie productrice; de même, en amont du dispositif de la figure jointe, on débarrasse les déchets 6 une fois broyés, ou mis sous forme pâteuse, de toute partie métallique ferreuse ou non ferreuse éventuelle, telle par exemple que l'action d'un champ magnétique suivant tout procédé connu qui permet même de rendre magnétique et donc éliminable par attraction, les parties métalliques qui ne seraient pas ferreuses.

[0028] Pour réaliser le procédé précédemment décrit de la présente invention, le dispositif de production de combustible comprend au moins une première étape 1 de malaxage de ceux-ci avec les additifs 9 dont au moins de la

chaux, une deuxième étape 2 de séchage du mélange, une troisième étape 3 de décomposition des produits de ce mélange par chauffage 17 à haute température et une quatrième étape 4, 5 de traitement complémentaire en fonction de la nature des déchets initiaux et du produit fini 19 désiré. Pour cela, le dispositif suivant l'invention comprend :

- 5 - au moins un réacteur 20 comportant au moins deux axes de malaxage corotatifs formant vis 7 d'Archimède et enfermés dans une enceinte étanche 25, entraînées par tout moyen de mise en rotation 22, à la vitesse et avec le couple voulu et nécessaire et divisé en autant de compartiments successifs 1, 2, 3, 4, 5... que d'étapes du procédé de traitement, disposés en continu les uns derrière les autres dans l'ordre desdites étapes et traversés par les mêmes axes de malaxage 7;
- 10 - au moins une capacité étanche 21 alimentée en deux réservoirs indépendants tampons, par l'intermédiaire par exemple d'écluses rotatives 10 assurant l'étanchéité avec l'atmosphère, et l'introduction suivant les débits respectifs voulus des déchets 6 et des additifs 9 dans le premier compartiment 1; le dispositif suivant la présente invention permet d'acquérir un débit de 5 à 10 tonnes/heure de déchets par réacteur continu 20;
- des moyens 11, 12, 13, 14, 15... de mise sous vide de chacun des compartiments du réacteur 20;
- 15 - au moins un moyen de chauffage 17 du troisième compartiment de pyrolyse 3.

[0029] La première étape du procédé suivant l'invention, est réalisée dans le compartiment 1, qui est la zone dite de broyage et de malaxage entre les différents produits rentrant que sont les déchets 6 et les additifs liquides et solides 9 assurant la stabilisation, la dépollution et la synthèse des structures moléculaires nécessaires à la séquestration des métaux lourds selon le procédé connu de préparation de molécules cages, à savoir essentiellement de la chaux vive et des oxydes métalliques dont la transformation chimique et l'hydratation permettent la synthèse. Ces additifs ont également pour fonction secondaire de favoriser le séchage des déchets humides.

[0030] La deuxième étape du procédé suivant l'invention est réalisée dans le deuxième compartiment 2 succédant au précédent 1, et qui permet d'obtenir un séchage rapide en combinant une action de pressage favorisant l'extraction des liquides du coeur de la matière, avec un chauffage permettant d'assurer une vaporisation facilitée par la mise sous vide de la zone par tout extracteur 11. Ledit chauffage peut être simplement la récupération de l'énergie de frottement des vis de malaxage 7 et qui est suffisant quand le taux d'humidité des déchets introduits 6 est inférieur à 30%; quand ce taux est supérieur, un chauffage d'appoint 8 extérieur est nécessaire, tel que par induction, et permet d'obtenir le résultat souhaité.

[0031] Celui-ci qui est le séchage des produits, doit conjuguer deux phénomènes que sont, d'une part l'entraînement de l'eau de l'intérieur des particules humides vers l'extérieur, et d'autre part l'évaporation de cette eau en surface, qui dépend essentiellement des conditions de l'ambiance, telles que l'humidité relative, la température et la vitesse : l'évaporation est d'autant plus intense que l'humidité relative de l'air est faible et que sa température et sa vitesse sont élevées. En revanche, la circulation de l'eau dans la matière est un phénomène plus difficile à maîtriser et il se produit systématiquement des parties chaudes vers les parties froides et des zones humides vers les zones sèches. Pour améliorer l'entraînement de l'eau vers la périphérie des particules à sécher et où se produit l'évaporation, il est donc nécessaire de porter l'intérieur des particules à sécher à une température plus élevée que celle régnant à leur superficie. Ceci peut être amélioré en diminuant la pression dans l'enceinte, tel que par la réalisation justement du vide partiel par tout moyen 12 permettant de maintenir une pression absolue de 100 à 500 mm de colonne d'eau (980 à 4 900 Pa) dans le compartiment 2 et de préférence 150 mm de colonne d'eau (1 470 Pa), ce qui améliore le coefficient de transfert thermique.

[0032] La diminution de la pression permet également de réaliser des économies d'énergie en diminuant l'enthalpie de vaporisation, c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux, et il est recherché une pression permettant d'obtenir cette vaporisation avec la seule énergie mécanique de broyage et de transport de la matière transformée naturellement en chaleur dans le réacteur par lesdites vis 7 de malaxage.

[0033] De plus, la finesse du broyage et éventuellement la qualité du malaxage préalable avec les additifs, grâce à l'utilisation de telles vis 7 de malaxage, surtout quand il s'agit d'une baxis, combinée avec le vide, le pressage et la diminution de température superficielle due à la perte de chaleur sensible provoquée par la vaporisation, permettent d'accélérer considérablement le temps de séchage, qui peut alors être couramment inférieur à 60 secondes.

[0034] Il est important de noter que la vitesse de vaporisation est directement liée à la granulométrie moyenne des particules et que, plus le diamètre moyen est faible, plus réduit sera le parcours qui permettra aux molécules d'eau de sortir de leur matrice solide, et plus la diffusion de l'eau hors de la particule est grande, meilleur est le rendement de l'évaporation.

[0035] On ne pourra désirer qu'un séchage partiel dans certains cas, tel que par exemple quand on veut réaliser des produits 19 édaphiques en fin de procédé.

[0036] La troisième étape du procédé suivant l'invention, réalisée dans le compartiment 3, est une zone de traitement à température variable, suivant le produit final souhaité 19 : cette température peut varier dans une large gamme, telle que 200 à 800°C, et atteindre ainsi les températures classiques de pyrolyse; suivant les déchets traités, en fait un

maximum de 650°C suffirait grâce à la présente invention, du fait que l'on se trouve sous vide. Le réchauffage complémentaire 17 nécessaire est assuré par l'extérieur par un système à induction électromagnétique par exemple, ou par tout un système type cannes chauffantes. L'objectif est de pouvoir réaliser une pyrolyse totale ou partielle des déchets, pouvant conduire utilement à une séparation de certains métaux présents, par vaporisation/condensation sous vide, ou sublimation.

[0037] La pyrolyse à haute température et sous faible pression d'oxygène, permet une séparation rapide par distillation de vapeur condensable issue de la décomposition des matériaux organiques. Les réactions secondaires d'oxydation qui caractérisent la pyrolyse sont minimisées dans la présente invention; et les condensats obtenus composés de fragments primaires sont de meilleure qualité. On peut maîtriser, grâce au choix du couple température et pression de pyrolyse et au débit de matière qui peut être avantageusement modulé en fonction du profil et de la vitesse de rotation des vis de malaxage 5 7, les matériaux que l'on veut maintenir dans le produit résiduel 19 et sélectionner ceux que l'on veut au contraire sublimer ou décomposer, puisque chacun a une température propre.

[0038] La pyrolyse sous vide s'effectue typiquement dans la présente invention, à des températures de l'ordre de 450°C pour une pression de vide absolue de l'ordre de 150 mm de colonne d'eau (1 470 kPa), mais pourrait l'être également dans une fourchette de 980 à 4 900 kPa. Ces conditions opératoires, notablement plus favorables que celles que l'on retrouve lors de la pyrolyse conventionnelle à pression atmosphérique et de l'incinération, permettent d'obtenir de grandes quantités d'huile pyrolytique ainsi que des résidus solides qui possèdent des propriétés de réactivité supérieures aux combustibles tels que le charbon issu des procédés connus à ce jour.

[0039] Suivant les déchets 6 traités et les produits désirés 19, il pourra être suffisant de travailler à une température inférieure à celle atteinte lors de la pyrolyse, par exemple pour la fabrication de combustible solide ou de matériaux de construction sans obtention de gaz. Ce compartiment 3 est également raccordé à une installation 13 de mise sous vide, différente de la précédente, car les vapeurs condensées sont de types différents.

[0040] La quatrième étape du procédé selon l'invention, est réalisée dans un compartiment 4 qui est essentiellement une zone de refroidissement et de dégazage final qui peut être également raccordée à une installation de mise sous vide 14, qui peut être la même que celle du compartiment précédent 3.

[0041] La cinquième étape du procédé suivant l'invention est réalisée dans un compartiment 5 qui est une zone de traitement ultime permettant, par ajout éventuel d'additifs solides et / ou liquides 16, de réaliser le produit fini désiré en l'enrichissant par exemple, tel que pour les combustibles pour augmenter leur pouvoir calorifique, les produits édaphiques, leur enrichissement en azote, en phosphate et en potassium, nutri-éléments, oligo-éléments, etc..., ou en les neutralisant par correction acido-basique du pH par exemple, la correction de la conductivité ou celle de la capacité d'échange anionique.

[0042] Ces additifs 16 sont délivrés à partir de tout moyen de stockage tampon 23 fermé par une écluse 10 de dosage et d'étanchéité avec l'atmosphère et alimentant de la quantité voulue, ledit compartiment 5, L'évacuation des produits terminaux 19 résiduels vers tout système d'évacuation est réalisé par tout moyen étanche 24, tel qu'une écluse rotative.

[0043] Les différentes zones et compartiments du réacteur 20 sont donc reliées à différents moyens de dégazage et de mise sous vide, de préférence par l'intermédiaire d'un ou plusieurs condenseurs et d'une ou plusieurs pompes à anneaux liquides. Les condenseurs pourront permettre également l'injection d'une ou plusieurs substances bactéricides, fongicides, algicides, etc..., ou neutralisants, suivant la température adoptée dans le procédé et le type de déchets 6 introduits afin d'éliminer toute toxicité des gaz produits récupérés.

[0044] Chaque compartiment du réacteur 20 est équipé de capteur 18 de pression de température et/ou d'humidité interne, afin de transmettre l'ensemble des valeurs de pression de température et humidité, vers un ordinateur central qui est programmé pour piloter tous les moyens de fonctionnement dudit réacteur 20 suivant le procédé de la présente invention, pour un traitement défini par rapport aux produits sortant désirés 19, en fonction de la composition des déchets rentrant 6, tels que par exemple, avec toujours une partie des produits obtenus en combustible :

- pour des boues organiques ou non 6 : du combustible, avec ou non des produits édaphiques;
- pour des boues industrielles : du combustible avec ou autres matières recyclables;
- pour des déchets bio-médicaux : du combustible et des produits pour cimentiers;
- pour des pneus : du combustible et du noir de carbone, et/ou des huiles pyrolytiques riches en produits chimiques divers;
- pour des déchets domestiques : au combustible et/ou produits édaphiques;
- pour des résidus de casses automobiles : du combustible et des métaux, et/ou des produits chimiques spécifiques;
- pour des résidus pétroliers : du combustible avec ou sans d'autres produits chimiques spécifiques.

[0045] On peut présenter à titre d'exemple lors des essais réalisés suivant un procédé et un dispositif de la présente invention, des exemples de rendement par pyrolyse sous vide en pourcentage du poids initial traité, tel que :

TYPE	HUILES	RESIDUS SOLIDES	EAU	GAZ
Pneumatiques usages	55	35(1)	2	8
Résidus pétroliers	30	18	50	2
Déchets biomédicaux	50	8	37	5
Résidus d'épaves automobiles	18	62(2)	16	4
Résidus de bois et écorces	45	30	15	10
Déchets domestiques	46	33	10	11

(1) comprend 3/4 noir de carbone et 1/4 d'acier

(2) comprend environ 50% de métaux facilement récupérables comme le fer, le cuivre, l'aluminium et le zinc.

[0046] Un réacteur 20 tel que décrit ci-dessus et dont les compartiments mis sous vide correspondent aux étapes suivant le procédé de la présente invention, peut être fractionné également en plusieurs réacteurs successifs correspondant à la combinaison d'un ou plusieurs desdits compartiments, et disposés toujours en continu mais avec des systèmes d'entraînement qui peuvent être alors différents. Certains de ces compartiments peuvent même être mis non pas sous vide mais à la pression ambiante ou même en surpression, de même que l'ensemble du réacteur dans sa réalisation telle que représentée sur la figure jointe, mais alors dans un objectif différent de traitement de déchets.

Revendications

1. Procédé de protection de combustible par pyrolyse de déchets (6) broyés ou pâteux, comprenant au moins une première étape (1) de malaxage de ceux-ci avec des additifs (9) dont au moins de la chaux, une deuxième étape (2) de séchage du mélange, une troisième étape (3) de décomposition des produits de ce mélange par chauffage (17) à haute température et une quatrième étape (4, 5) de traitement complémentaire en fonction de la nature des déchets initiaux et du produit fini (19) désiré, caractérisé en ce que :

on réalise l'ensemble des étapes du procédé dans au moins un réacteur (20) comportant au moins deux axes de malaxage (7) corotatifs, formant vis d'Archimède et enfermés dans une enceinte (25) ;

- on rajoute, lors de la première étape (1) de malaxage initial des déchets (6), des additifs (9) comprenant, outre de la chaux vive, des oxydes métalliques de telle façon que l'on réalise des molécules cages ou des capteurs de cations métalliques qui piègent et séquestrent ceux qui pourraient être présents dans les déchets (6) ;
- on utilise l'énergie de réaction du mélange obtenu dans la première étape (1) avec les déchets (6) broyés ou pâteux et les additifs (9), et celle mécanique de frottement des vis de malaxage (7) pour sécher, dans la deuxième étape (2), ledit mélange ;
- on effectue la troisième étape (3) de décomposition des produits par pyrolyse avec un chauffage (17) portant la température du compartiment correspondant, entre 200 et 800°C ;
- on effectue l'ensemble des étapes (1, 2, 3, 4, 5...) du traitement, sous vide, entre 100 et 500 mm de colonne d'eau (980 et 4 900 Pa) de pression absolue

2. Procédé de combustible selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise un réacteur (20) composé d'une seule enceinte (25) et divisé en autant de compartiments successifs (1, 2, 3, 4, 5...) que d'étapes de procédé, disposés en continu les uns derrière les autres dans l'ordre de celles-ci et traversés par les mêmes axes de malaxage (7).

3. Procédé de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on effectue préalablement à la première étape de traitement de malaxage, une séparation de métaux ferreux et non ferreux, que l'on extrait des déchets (6) broyés ou pâteux avant leur introduction dans ledit réacteur (20).

4. Procédé de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on broie lesdits déchets (6) avant leur introduction dans ledit réacteur (20) par tout moyen connu leur donnant une dimension de granulométrie égale au maximum à la hauteur de filet des vis de malaxage (7) à l'entrée du réacteur (20).

5. Procédé de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on chauffe le mélange obtenu dans la deuxième étape de séchage (2) par un apport énergétique extérieur (8) si les

déchets ont un taux d'humidité supérieur à 30% environ, afin d'aider leur séchage.

- 5 6. Procédé de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lors de la troisième étape (3) de pyrolyse, d'une part on décompose les composés organiques sous forme de gaz d'huile pyrolytique condensable et de gaz combustible, d'autre part on sublime d'autres composés non pyrolysables qui s'évaporent sous vide, l'ensemble de ces gaz étant récupéré par au moins le moyen (13) de mise sous vide et à partir duquel on effectue les séparations nécessaires pour récupérer chaque gaz en vue de son utilisation spécifique, et à la fin de cette étape de pyrolyse (3), on obtient un résidu solide qui peut être un combustible que l'on refroidit lors d'une quatrième étape (4) au cours de laquelle se termine la réaction qui a démarré dans l'étape précédente (3).
- 10 7. Procédé de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'on effectue une dernière étape de traitement (5) au cours de laquelle on rajoute aux produits résiduels issus de l'étape précédente (3, 4) des additifs (16) déterminés en fonction du produit fini désiré (19) et de la nature des composés de déchets initiaux (6).
- 15 8. Dispositif de production de combustible par pyrolyse de déchets (6) broyés ou pâteux suivant un procédé comprenant au moins une première étape (1) de malaxage de ceux-ci avec les additifs (9) dont au moins de la chaux, une deuxième étape (2) de séchage du mélange, une troisième étape (3) de décomposition des produits de ce mélange par chauffage (17) à haute température et une quatrième étape (4, 5) de traitement complémentaire en fonction de la nature des déchets initiaux et du produit fini (19) désiré, caractérisé en ce qu'il comprend :

 - au moins un réacteur (20) comportant au moins deux axes de malaxage corotatifs formant vis (7) d'Archimède et enfermés dans une enceinte étanche (25), et divisé en autant de compartiments successifs (1, 2, 3, 4, 5...) que d'étapes du procédé de traitement, disposés en continu les uns derrière les autres dans l'ordre desdites étapes et traversés par lesdites vis (7);
 - au moins une introduction étanche (21) des déchets (6) et des additifs (9) dans le premier compartiment (1);
 - des moyens (11, 12, 13, 14, 15...) de mise sous vide de chacun des compartiments du réacteur (20);
 - au moins un moyen de chauffage (17) du troisième compartiment de pyrolyse (3).
- 20 9. Dispositif de production de combustible selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte en amont dudit réacteur (20) un moyen connu de séparation des métaux ferreux et non ferreux que l'on extrait des déchets (6) broyés ou pâteux, avant leur introduction dans ledit moyen d'alimentation étanche (21) dudit réacteur (20).
- 25 10. Dispositif de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisé en ce qu'il comprend en amont dudit réacteur (20) un moyen connu qui broye lesdits déchets (6) avant leur introduction dans ledit moyen (21) d'alimentation desdits réacteurs (20) et leur donnant une dimension de granulométrie égale au maximum à la hauteur de filet desdites vis de malaxage (7) dans le premier compartiment (1).
- 30 11. Dispositif de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que le profil et le pas des filets desdites vis de malaxage (7) sont différents dans chaque compartiment du réacteur (20), et que dans le premier compartiment (1) de malaxage, son profil et son pas de filet sont déterminés pour cisailer les déchets (6) en particules de moins de un dixième de millimètre.
- 35 12. Dispositif de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de chauffage (8) du compartiment (2) qui permet le chauffage dudit compartiment quand le taux d'humidité des déchets introduits (6) est supérieur à 30% environ.
- 40 13. Dispositif de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte un dernier compartiment (5) et un moyen étanche (10, 23) d'introduction d'additifs (16) dans ledit compartiment (5), lesquels additifs (16) étant déterminés en fonction du produit final désiré (19) et la nature des composés des déchets initiaux (6).
- 45 14. Dispositif de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte au moins des capteurs (18) de pression de température et/ou de taux d'humidité intérieur dans chaque compartiment du réacteur (20) et un ordinateur de contrôle relié aux divers capteurs et qui est programmé pour piloter tous les moyens de fonctionnement dudit réacteur (20) suivant le procédé de traitement de l'une quelconque des revendications 1 à 7 défini par rapport au produit désiré (19) en fonction de la composition des déchets rentrant

(6).

15. Dispositif de production de combustible selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisé en ce que les moyens d'entraînement et de mise sous vide (13, 14) sont reliés à une installation de condensation et de séparation des gaz de décomposition, de sublimation et d'évaporation desdits compartiments correspondants (3, 4) aux fins d'utilisation thermique pour produire de l'électricité utilisable pour le fonctionnement du dispositif et/ou à l'extérieur.

Claims

1. Process for producing fuel by pyrolysis of crushed or pulp waste (6) including at least a first stage (1) consisting of mixing of these products with additives (9) including at least lime, a second stage (2) of drying the mixture, a third stage (3) of decomposition of the products of this mixture by heating (17) to high temperature, and a fourth stage (4, 5) consisting of further treatment based on the nature of the initial waste and the finished product required (19), characterised in that:

all the stages of the process are executed in at least one reactor (20) with at least two co-rotating mixing spindles (7) forming an enclosed Archimedes screw (25),

- during the first stage (1) when the waste (6) is first mixed, additives (9) in addition to the quick lime, including metal oxides so that cage molecules or metal cation captors which trap and sequester any which may be present in the waste (6), are added,
- the reaction energy generated by the mixture obtained in the first stage (1) with the crushed or pulp waste (6) and the additives (9), and the mechanical force due to friction of the mixing screw (7) is used to dry the said mixture, in the second stage (2),
- the third stage (3) consists in decomposing the products of pyrolysis with a heating device (17) to increase the temperature of the corresponding compartment to between 200 and 800°C,
- all the stages (1, 2, 3, 4, 5, etc) of treatment are carried out in vacuum between 100 and 500 mm WC (980 and 4900 Pa) absolute pressure.

2. Fuel production process as per claim 1, characterised in that a reactor (20) consisting of a single containment (25) is divided into as many successive compartments (1, 2, 3, 4, 5, etc.) as there are process stages, arranged in sequence one after the other in the order of the stages and through which pass the same mixing spindles (7).

3. Fuel production process according to any one of claims 1 and 2, characterised in that before the first treatment stage of mixing, ferrous and non-ferrous metals are first extracted from the crushed or pulp waste (6) before it is fed into the said reactor (20).

4. Fuel production process according to any one of claims 1 to 3, characterised in that the said waste (6) is crushed before feeding into the said reactor (20) by any known means giving it a particle size equal at the most to the height of the mixing screw thread (7) at the reactor (20) feed.

5. Fuel production process according to any one of the claims 1 to 4, characterised in that the mixture obtained in the second stage of drying (2) is heated by an outside energy source (8) if the waste has a degree of humidity which is more than around 30%, in order to facilitate its drying.

6. Fuel production process according to any one of claims 1 to 5, characterised in that on the third stage of pyrolysis (3), on the one hand the organic compounds break down in the form of condensable pyrolytic oil gas and fuel gas, and on the other hand, the other non-pyrolisable compounds which evaporate in vacuum conditions are sublimated, all these gases being recovered by at least the means (13) for vacuuming and from which the necessary separating out to recover each gas takes place with a view to its specific use and, at the end of this pyrolysis stage (3), we obtain a solid residue which can be a fuel which is cooled during a fourth stage (4) during which the reaction which started in the previous stage (3) is completed.

7. Fuel production process according to any one of the claims 1 to 6, characterised in that a last stage (5) of processing takes place during which additives (16) are added to the residual products produced by the previous stage (3, 4), which additives are determined according to the required finished product (19) and the nature of the initial waste compounds (6).

8. Fuel production device by pyrolysis of crushed or pulp waste (6) according to a process comprising at least a first stage (1) of mixing this with the additives (9) including at least lime, a second stage (2) of drying the mixture, a third stage (3) of decomposition of the products of this mixture by heating (17) at high temperature and a fourth stage (4, 5) of additional treatment depending on the nature of the initial wastes and the finished product (19) required, characterised in that it comprises:
- at least one reactor (20) with at least two corotating mixing spindles forming Archimedes screws (7) and enclosed in a leaktight containment (25), and divided into as many successive compartments (1, 2, 3, 4, 5, etc.) as there are stages in the treatment process, arranged in sequence one after the other in the order of the said stages and through which the said screws (7) pass,
 - at least one leaktight waste (6) and additive (9) feed facility (21) in the first compartment (1),
 - means (11, 12, 13, 14, 15, etc.) for vacuuming each compartment of the reactor (20),
 - at least one heating means (17) to heat the third pyrolysis compartment (3).
9. Fuel production device according to claim 8, characterised in that upstream of the said reactor (20) are known means for separating the ferrous and non-ferrous metals that are extracted from the said crushed or pulp waste (6) before its introduction into the said leaktight feed facility (21) of the said reactor (20).
10. Fuel production device according to any one of claims 8 and 9, characterised in that upstream of the said reactor (20) it includes known means which crush the said waste (6) before its introduction into the said facility (21) for feeding the said reactors (20) and giving them a particle size equal at the most to the height of the said screw (7) thread in the first compartment (1).
11. Fuel production device according to any one of claims 8 to 10, characterised in that the section and the pitch of the threads of the said mixing screws (7) are different in each reactor compartment (20), and that in the first mixer compartment (1), their sections and threads are determined in order to shear the waste (6) into particles of a least one tenth millimetre size.
12. Fuel production device according to any one of claims 8 to 11, characterised in that it comprises means for heating (8) the compartment (2) which allows heating of the said compartment when the rate of humidity of the introduced waste (6) is above around 30%.
13. Fuel production device according to any one of claims 8 to 12, characterised in that it comprises a last compartment (5) and a leaktight facility (10, 23) for feeding the additives (16) into the said compartment (5), the said additives (16) being determined in relation to the final product required (19) and the nature of the compounds of the initial waste (6).
14. Fuel production device according to any one of claims 8 to 13, characterised in that it comprises at least internal pressure, temperature and/or rate of humidity sensors (18) in each compartment of the reactor (20) and a control computer connected to the various sensors which is programmed in order to pilot all the operating facilities of the said reactor (20) based on the treatment process of any one of claims 1 to 7 defined relative to the required product (19) in relation to the composition of the incoming waste (6).
15. Fuel production device according to any one of claims 8 to 14, characterised in that the facilities for driving and vacuuming (13, 14) are connected to a condensation and separation facility for the decomposition, sublimation and evaporation gases from the said corresponding compartments (3, 4) for thermal purposes to produce the electricity usable to operate the device and/or to be exported from the site.

50 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Brennstoff durch Pyrolyse von zermahlenem oder breiigem Müll (6), das mindestens eine Etappe (1) zum Mischen dieses Mülls mit Zusatzstoffen (9), darunter mindestens Kalk, eine zweite Etappe (2) zum Trocknen der Mischung, eine dritte Etappe (3) der Zersetzung der Produkte dieser Mischung durch Erhitzen (17) und eine vierte Etappe (4, 5) einer zusätzlichen Aufbereitung entsprechend der Art des ursprünglichen Mülls und des gewünschten Endproduktes (19) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß
- die Gesamtheit der Etappen des Verfahrens in mindestens einem Reaktor (20) mit mindestens zwei gemeinsam drehenden Mischachsen (7), welche eine Archimedische Schnecke bilden und in einem Mantel (25) einge-

geschlossen sind, wie folgt realisiert wird:

- in einer ersten Etappe (1) des ursprünglichen Mischens werden dem Müll (6), außer dem ungelöschten Kalk, Metalloxyde als Zusatzstoffe (9) zugegeben auf eine Weise, daß Käfigmoleküle oder Metallaufnehmer gebildet werden, welche die möglicherweise im Müll (6) vorhandenen Metallteilchen auffangen und festsetzen;
- in der zweiten Etappe (2) wird die von dem zermahlenen oder breiigen Müll (6) und den Zusatzstoffen (9) in der ersten Etappe (1) gewonnene Reaktionsenergie sowie die mechanische Reibungsenergie der Mischschnecken (7) zum Trocknen der besagten Mischung benutzt;
- die dritte Etappe (3) besteht in der Zersetzung der Produkte durch Pyrolyse mit Hilfe einer Heizung (17), wobei die Temperatur des betreffenden Raums auf zwischen 200 und 800°C gebracht wird;
- alle Etappen (1, 2, 3, 4, 5...) der Aufbereitung werden in einem absoluten Unterdruck von 100 bis 500 mm WS (980 bis 4 900 Pa) ausgeführt.

2. Verfahren zur Herstellung von Brennstoff gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Reaktor (20) benutzt wird, der aus einem einzigen Mantel (25) besteht, welcher in ebensoviele aufeinander folgende Räume (1, 2, 3, 4, 5...) unterteilt ist wie Etappen bestehen, wobei ein Raum kontinuierlich nach dem andern in der Reihenfolge des Aufbereitungsablaufs angeordnet und von denselben Mischachsen (7) durchzogen ist.

3. Verfahren zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor der ersten Etappe des Mischens eine Trennung von Eisen- und Nicht-Eisenmetallen erfolgt, die aus dem zermahlenen oder breiigen Müll (6) vor seiner Beschickung in den besagten Reaktor (20) ausgeschieden werden.

4. Verfahren zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der besagte Müll (6) vor seiner Beschickung in den besagten Reaktor (20) durch irgendein bekanntes Mittel so zermahlen wird, daß er ein Kornmaß von maximal der Höhe des Gewindes der Mischschnecken (7) am Eingang des Reaktors (20) aufweist.

5. Verfahren zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die in der zweiten Etappe, dem Trocknen, (2) erzeugte Mischung durch äußere Energiezufuhr erhitzt wird, wenn der Müll einen Feuchtigkeitsgrad von mehr als 30 % aufweist, um sein Trocknen zu begünstigen.

6. Verfahren zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß während der dritten Etappe (3), der Pyrolyse, einerseits die organischen Bestandteile in kondensierbares, pyrolytisches Ölgas und Brenngas zersetzt werden und andererseits andere nicht pyrolysierbare Komponenten sublimiert werden, die unter Vacuum verdampfen, wobei diese gesamten Gase von mindestens einem Unterdruckmittel (13) aufgefangen werden, von welchem aus die für die spezifische Verwendung der einzelnen Gase nötige Trennung erfolgt, und am Ende dieser Etappe ein feststofflicher, möglicherweise als Brennstoff verwendbarer Rückstand erzeugt wird, der in einer vierten Etappe (4) gekühlt wird, in welcher die in der vorausgehenden Etappe (3) eingeleitete Reaktion beendet wird.

7. Verfahren zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine letzte Etappe (5) der Aufbereitung ausgeführt wird, während der den in der vorausgehenden Etappe (3, 4) gebildeten Rückständen dem gewünschten Endprodukt (19) und der Natur des Bestandteile des ursprünglichen Mülls entsprechend definierte Zusatzstoffe (16) beigefügt werden.

8. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff durch Pyrolyse von zermahlenem oder breiigem Müll (6), gemäß einem Verfahren, das mindestens eine Etappe (1) zum Mischen dieses Mülls mit Zusatzstoffen (9), darunter mindestens Kalk, eine zweite Etappe (2) zum Trocknen der Mischung, eine dritte Etappe (3) der Zersetzung der Produkte dieser Mischung durch Erhitzen (17) und eine vierte Etappe (4, 5) einer zusätzlichen Aufbereitung entsprechend der Natur des ursprünglichen Mülls und des gewünschten Endproduktes (19) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß sie besteht aus:

- mindestens einem Reaktor (20) mit mindestens zwei gemeinsam drehenden Mischachsen, welche eine Archimedische Schnecke (7) bilden und in einem dichten Mantel (25) eingeschlossen sind und der Reaktor in ebensoviele aufeinander folgende Räume (1, 2, 3, 4, 5...) unterteilt ist wie Etappen bestehen, die kontinuierlich nacheinander in der Reihenfolge des Aufbereitungsablaufs angeordnet und von den besagten Mischachsen (7) durchzogen sind;
- mindestens einer dichten Zuführung (21) des Mülls (6) und der Zusatzstoffe (9) in den ersten Raum (1);

- Mitteln (11, 12, 13, 14, 15...) zur Erzeugung von Unterdruck in jedem der Räume des Reaktors (20);
- mindestens einem Heizmittel (17) des dritten Raums für die Pyrolyse (3).

5 9. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem besagten Reaktor (20) ein bekanntes Mittel zur Trennung von Eisen- und Nicht-Eisenmetallen angeordnet ist, um diese aus dem zermahlenden oder breiigen Müll (6) vor seiner Beschickung in das besagte dichte Zuführungsmittel (21) des besagten Reaktors (20) auszusondern.

10 10. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem besagten Reaktor (20) ein bekanntes Mittel zum Mahlen des besagten Mülls (6) vor seiner Beschickung in das besagte Zuführungsmittel (21) des besagten Reaktors (20) angeordnet ist, welches den Müll auf ein Kornmaß von maximal der Höhe des Gewindes der Mischschnecken (7) im ersten Reaktorraum (1) reduziert.

15 11. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Profil und die Steigung der Gewinde der besagten Mischschnecken (7) in jedem Raum des Reaktors (20) unterschiedlich sind, und daß im ersten Raum (1) zum Mischen das Profil und die Steigung der Schnecken zum Zerschneiden des Mülls (6) zu Teilchen von weniger als einem Zehntel Millimeter ausgelegt sind.

20 12. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einem Heizmittel (8) des Raums (2) versehen ist, welches die Heizung des besagten Raums ermöglicht, wenn der Feuchtigkeitsgrad des eingeführten Mülls (6) mehr als ca. 30 % beträgt.

25 13. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen letzten Raum (5) und ein dichtes Mittel (10, 23) zur Zuführung von Zusatzstoffen in diesen besagten Raum (5) aufweist, wobei die Zusatzstoffe (16) entsprechend dem gewünschten Endprodukt (19) und der Natur der Bestandteile des ursprünglichen Mülls (6) definiert sind.

30 14. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens Druck-, Temperatur- und/oder Feuchtigkeitssensoren (18) in jedem Raum des Reaktors (20) sowie einen Kontrollrechner aufweist, welcher mit den verschiedenen Sensoren verbunden und zur Steuerung aller Betriebsmittel des besagten Reaktors (20) gemäß dem Aufbereitungsverfahren irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, definiert in Bezug auf das gewünschte Produkt (19) und entsprechend der Zusammensetzung des eingeführten Mülls (6) programmiert ist.

35 15. Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff gemäß irgendeinem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmittel und Unterdruckmittel (13, 14) mit einer Einrichtung zur Kondensation und Abscheidung der Zersetzungsgase, zur Sublimation und Verdampfung in den entsprechenden besagten Räumen (3, 4) verbunden sind mit dem Ziel der thermischen Nutzung zur Erzeugung von Strom zur Betreibung der Vorrichtung und/oder Lieferung an externe Verbraucher.

40

45

50

55

