

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.05.19.

30 Priorité : 29.10.18 FR 1860022.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.05.20 Bulletin 20/18.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : EUROPEENNE DE BIOMASSE SAS
— FR.

72 Inventeur(s) : DESPRES JEAN LUC, QUINTERO
MARQUEZ ADRIANA et MARTEL FREDERIC.

73 Titulaire(s) : EUROPEENNE DE BIOMASSE SAS.

74 Mandataire(s) : AVOXA.

54 Procédé de fabrication en continu d'une matière combustible pour chaudière industrielle, matière et
installation correspondantes.

57 L'invention concerne un procédé de fabrication d'une
matière combustible.

Selon l'invention, un tel procédé comprend

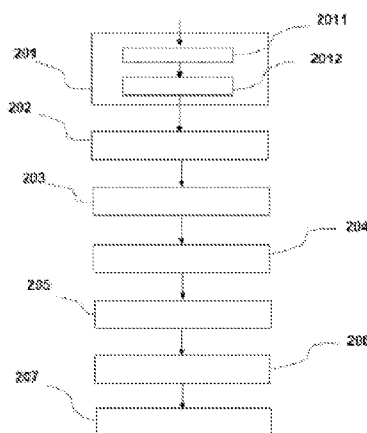
- introduction en continu d'un volume prédéterminée par
minute de fragments de bois dans un réacteur sous
pression ;

- exposition des fragments de bois à de la vapeur d'eau
à une température comprise entre 200 et 220°C pendant
une durée comprise entre 5 et 9mn, la valeur de ladite durée
d'exposition et la valeur de la température de ladite vapeur
d'eau étant sélectionnées de sorte que le facteur de sévérité
soit compris entre 4,05 et 4,15 ;

- extraction en continu dudit réacteur d'un même volume
prédéterminé de fragments de bois par minute, au travers
d'une pluralité d'orifices débouchant dans un conduit sensi-
blement à la pression atmosphérique ;

- séparation desdits fragments de bois décompressés et
de la vapeur résiduelle extraite dudit réacteur, lesdits frag-
ments de bois obtenus après séparation formant ladite ma-
tière combustible.

Figure à publier : 2



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication en continu d'une matière combustible pour chaudière industrielle, matière et installation correspondantes

Domaine de l'invention

- [0001] Le domaine de l'invention est celui des combustibles à base de biomasse.
- [0002] Plus précisément, l'invention concerne un procédé et une installation de fabrication d'une matière combustible pour chaudière industrielle à partir de plaquettes de bois.
- [0003] L'invention trouve également une application dans la fabrication de matière combustible pour fours industriels, et pour des chaudières et poêles domestiques.

Art antérieur

- [0004] On connaît, par exemple du document CA1141376, ou du document WO2006/006863, des techniques de fabrication de granulés ou pellets à partir de matière lignocellulosique s'appuyant sur un procédé de « steam explosion ».
- [0005] Ces techniques connues reposent sur une production de granulés en batch, dans un réacteur, qui est rempli puis vidé après avoir exposé de la matière lignocellulosique à de la vapeur sous pression pendant quelques dizaines de secondes à quelques minutes, voire quelques dizaines de minutes, et ensuite dépressurisé rapidement l'enceinte du réacteur.
- [0006] Elles présentent l'inconvénient d'être complexes et coûteuses à mettre en oeuvre du fait qu'il faut à chaque fournée vider le réacteur. Par ailleurs, lors de la détente la vapeur se refroidit de façon importante, et n'est plus utilisable.

Objectifs de l'invention

- [0007] L'invention a donc notamment pour objectif de pallier les inconvénients de l'état de la technique cités ci-dessus.
- [0008] Plus précisément l'invention a pour objectif de fournir une technique de fabrication d'une matière combustible qui limite les pertes de matière.
- [0009] Un objectif de l'invention est également de fournir une technique de fabrication d'une matière combustible à partir de plaquettes de bois qui permette d'obtenir une matière combustible dont le pouvoir calorifique inférieur est supérieur ou égal à 5 MWh/t, et de préférence supérieur ou égal à 5,6 MWh/t.
- [0010] L'invention a également pour objectif de fournir une technique de fabrication d'une matière combustible dont la productivité est élevée.
- [0011] Un autre objectif de l'invention est de fournir une technique de fabrication d'une matière combustible à partir de plaquettes de bois qui permette d'obtenir une matière combustible dont la reprise en eau est limitée à 10% en masse.

[0012] Encore un objectif de l'invention est de fournir une technique de fabrication d'une matière combustible à partir de plaquettes de bois qui permette d'obtenir une matière combustible dont la perte de durabilité mécanique après 1 heure d'immersion est inférieure à 2% et/ou dont les pertes sous forme de poussières sont inférieures à 3%.

[0013] Un autre objectif de l'invention est de fournir une technique de fabrication d'une matière combustible à partir de plaquettes de bois qui permette d'obtenir une matière combustible dont la densité est supérieure ou égale à 650 kg/m³, et de préférence supérieure ou égale à 700 kg/m³.

[0014] L'invention a également pour objectif de fournir une technique de fabrication d'une matière combustible qui soit fiable, simple à mettre en œuvre et d'un coût de revient réduit.

Exposé de l'invention

[0015] Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite sont atteints à l'aide d'un procédé de fabrication d'une matière combustible, notamment pour chaudière industrielle, à partir de plaquettes de bois.

[0016] Selon l'invention un tel procédé comprend les étapes suivantes :

[0017] - obtention à partir desdites plaquettes de bois de fragments de bois présentant un taux d'humidité compris entre 5 et 25% ;

[0018] - introduction en continu d'un volume prédéterminée par minute desdits fragments de bois obtenus dans un réacteur sous pression, ledit réacteur étant alimenté en vapeur d'eau sensiblement saturée dont la pression est comprise entre 15,6 et 23,2 bars et la température est comprise entre 200 et 220°C dans le réacteur ;

[0019] - exposition des fragments de bois introduits dans ledit réacteur à ladite vapeur d'eau pendant une durée suffisante pour obtenir un vapocraquage comprise entre 5 et 9 mn, la valeur de ladite durée d'exposition et la valeur de la température de ladite vapeur sensiblement saturée étant sélectionnées de sorte que le facteur de sévérité soit compris entre 4,05 et 4,15 ;

[0020] - extraction en continu dudit réacteur d'un même volume prédéterminé de fragments de bois par minute, au travers d'au moins un orifice débouchant dans un conduit sensiblement à la pression atmosphérique, de sorte à provoquer une décompression explosive desdits fragments de bois extraits dudit réacteur dans ledit conduit

[0021] - séparation desdits fragments de bois décompressés et de la vapeur résiduelle extraite dudit réacteur, lesdits fragments de bois obtenus après séparation formant ladite matière combustible.

[0022] Ainsi, de façon inédite, l'invention propose de fabriquer de la matière combustible à partir en continu en tirant partie d'un traitement par « steam explosion » grâce à de la vapeur dont la pression est comprise entre 15,6 et 23,2 bars et la température est

comprise entre 200 et 220°C et pour une durée d'exposition à la vapeur comprise entre 5 et 9 minutes, les valeurs de la température et de la durée d'exposition étant choisis de sorte que le facteur de sévérité soit compris entre 4,05 et 4,15.

[0023] On obtient ainsi une matière combustible présentant un pouvoir calorifique important et avec une productivité convenable, tout en limitant les pertes de matière.

[0024] On notera que dans le cadre de l'invention, le facteur de sévérité FS se calcule de façon connue en soi à l'aide de la formule suivante :

[0025]
$$FS = \log \left(\int_0^{\Delta t} e^{\left(\frac{T-100}{14,75} \right) dt} \right) \quad [\text{Math 1}]$$

[0026] avec T la température de la vapeur d'eau dans le réacteur (en °C) et Δt la durée d'exposition dans le réacteur (en minutes).

[0027] Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux de l'invention, ladite durée d'exposition des fragments de bois à ladite vapeur d'eau dans le réacteur est comprise entre 6 et 8 minutes.

[0028] Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux de l'invention, la température de ladite vapeur d'eau dans le réacteur est comprise entre 205 et 210°C.

[0029] Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, un procédé de fabrication tel que décrit ci-dessus comprend en outre une étape de transformation de ladite matière combustible en pellet.

[0030] Selon un aspect particulier de l'invention, les plaquettes de bois sont issues de feuillus et/ou de résineux.

[0031] Selon un aspect préférentiel de l'invention, le taux d'humidité desdits fragments de bois obtenus est compris entre 8 et 12%.

[0032] Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, lors de l'étape d'exposition, la valeur de ladite durée d'exposition et la valeur de la température de ladite vapeur sensiblement saturée sont sélectionnées de sorte que le facteur de sévérité soit compris entre 4,05 et 4,10.

[0033] Dans un autre mode de réalisation avantageux de l'invention, lors de l'étape d'exposition, la valeur de ladite durée d'exposition et la valeur de la température de ladite vapeur sensiblement saturée sont sélectionnées de sorte que le facteur de sévérité soit compris entre 4,10 et 4,15.

[0034] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, lesdits fragments de bois sont majoritairement des fragments de bois de plus grande dimension comprise entre 0,5 et 14 mm.

[0035] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, au moins 80% de la masse desdits fragments de bois obtenus à partir des plaquettes de bois est composée de fragments de bois de plus grande dimension comprise entre 3,15 mm et 45mm.

- [0036] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, moins de 0,5% de la masse desdits fragments de bois obtenus à partir des plaquettes de bois est composée de fragments de bois de plus grande dimension supérieure ou égale à 85mm.
- [0037] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, moins de 1% de la masse desdits fragments de bois obtenus à partir des plaquettes de bois est composée de fragments de bois de plus grande dimension supérieure ou égale à 45mm.
- [0038] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, moins de 5% de la masse desdits fragments de bois obtenus à partir des plaquettes de bois est composée de fragments de bois de plus grande dimension inférieure ou égale à 3,15mm.
- [0039] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, lors de ladite étape d'extraction en continu dudit réacteur d'un même volume prédéterminé de fragments de bois par minute, l'extraction est mise en oeuvre au travers d'une pluralité d'orifices débouchant dans un conduit sensiblement à la pression atmosphérique
- [0040] Selon un mode réalisation particulier de l'invention, ladite étape d'obtention de fragments de bois présentant un taux d'humidité compris entre 5 et 25% comprend une étape de broyage de plaquettes de bois naturel et/ou de plaquettes de bois de récupération et une étape de séchage desdites plaquettes de bois broyées.
- [0041] Avantagusement, ladite étape d'introduction desdits fragments de bois dans le réacteur comprend une étape de compactage et de poussée desdits fragments à l'aide d'une vis.
- [0042] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, ledit réacteur est un réacteur vertical et que lesdits fragments de bois introduits dans ledit réacteur sont entraînés vers une zone d'extraction proche du fond dudit réacteur sous l'effet de la gravité.
- [0043] Dans un autre mode de réalisation particulier de l'invention, ledit réacteur est horizontal et en ce que l'étape d'exposition comprend une étape de transport desdits fragments entre une zone d'introduction et une zone d'extraction dans ledit réacteur.
- [0044] De préférence, ladite étape de séparation comprend une étape de centrifugation desdits fragments de bois et/ou une étape de passage desdits fragments de bois et de la vapeur résiduelle dans un cyclone.
- [0045] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, un procédé de fabrication tel que décrit ci-dessus comprend une étape d'humidification de la matière combustible afin d'améliorer sa capacité à être transformé en pellet.
- [0046] L'invention concerne également une installation de fabrication d'une matière combustible, notamment pour chaudière industrielle, à partir de plaquettes de bois, comprenant :
- [0047] - des moyens de transformation desdites plaquettes de bois en fragments de bois présentant un taux d'humidité compris entre 5 et 25% ;
- [0048] - des moyens de génération de vapeur d'eau sous pression sensiblement saturée dont

la pression est comprise entre 15,6 et 23,2 bars et la température est comprise entre 200 et 220°C ;

- [0049] - un réacteur sous pression présentant des orifices pour l'extraction de fragments de bois et des moyens d'introduction en continu d'un volume prédéterminée par minute desdits fragments de bois dans ledit réacteur, ledit réacteur étant configuré de sorte que des fragments de bois introduits dans ledit réacteur puissent séjourner dans le réacteur pendant une durée comprise entre 5 et 9 mn;
- [0050] - des moyens d'alimentation dudit réacteur avec la vapeur d'eau générée par lesdits moyens de génération ;
- [0051] - des moyens d'introduction en continu d'un volume prédéterminée par minute desdits fragments de bois dans ledit réacteur ;
- [0052] - des moyens d'extraction en continu dudit réacteur d'un même volume prédéterminé de fragments de bois par minute ;
- [0053] - un conduit sensiblement à la pression atmosphérique dans lequel débouchent lesdits orifices ;
- [0054] - des moyens de séparation desdits fragments de bois décompressés et de la vapeur résiduelle extraite dudit réacteur, lesdits fragments de bois obtenus après séparation formant ladite matière combustible ;
- [0055] ledit réacteur, lesdits moyens d'introduction en continu et d'extraction en continu étant configurés les uns par rapport aux autres de sorte que le facteur de sévérité du traitement dans le réacteur soit compris entre 4,05 et 4,15.
- [0056] L'invention concerne aussi une matière combustible obtenue par la mise en œuvre du procédé décrit ci-dessus présentant une augmentation en masse inférieure ou égale à 10% après immersion complète dans un récipient d'eau pendant une heure et égouttage pendant 30mn.
- [0057] L'invention concerne encore une matière combustible obtenue par la mise en œuvre du procédé de fabrication d'une matière combustible tel que décrit ci-dessus, présentant un pouvoir calorifique inférieur supérieur ou égal à 5 MWh/t, de préférence supérieur ou égale à 5,6 MWh/t.

Liste des figures

- [0058] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés parmi lesquels :
- [0059] [fig.1] est une représentation sous forme d'un exemple de mode de réalisation d'une installation de fabrication d'une matière combustible selon l'invention ;
- [0060] [fig.2] illustre de façon synoptique, les étapes d'un autre exemple de mode de réalisation d'un procédé de fabrication d'une matière combustible selon l'invention, sous forme de diagramme.

Description détaillée de l'invention

[0061] Exemple de mode de réalisation de l'invention

[0062] On a illustré sur la figure 1 un exemple de mode de réalisation d'une installation 10 de fabrication d'une matière combustible selon l'invention à partir de plaquettes de bois.

[0063] Dans ce mode de réalisation particulier de l'invention les plaquettes de bois mis en œuvre sont des plaques de bois de chêne et de hêtre. Dans des variantes de ce mode de réalisation de l'invention, il peut être envisagé de mettre en œuvre des plaquettes de bois naturel de toute essence convenable, tels que des bois de feuillus durs, des bois résineux, par exemple de l'épicéa, ... et/ou de bois de récupération, tel que des bois de classe A ou de classe B.

[0064] Cette installation 10 comprend un broyeur à marteaux 11 alimenté en plaquettes de bois à l'aide d'une vis sans fin 12 qui prélève les plaquettes dans un silo à échelles 13. Un séparateur de gros bois élimine les éléments hors dimensions avant que les plaquettes n'entrent dans le broyeur 11. Dans ce broyeur humide 11, les plaquettes de bois sont broyées sous la forme de fragments de bois de plus grande dimension comprise majoritairement entre 4 et 6 millimètres. Le remplissage du silo 13 est assuré par une chargeuse à godet qui prélève des plaquettes dans des tas formés sur des zones de stockage au sol.

[0065] Dans une variante de ce mode de réalisation particulier de l'invention, il peut être prévu de mettre en œuvre une ligne automatisée qui écorce et broie directement des rondins de bois, sous forme de fragments de bois, équipée d'un convoyeur pour le chargement du silo.

[0066] Ces fragments de bois se déversent en sortie du broyeur 11 sur un tapis convoyeur 14, équipé d'une bande peseuse, qui les transporte vers la trémie d'alimentation d'un sécheur à air chaud 15 à basse température. Dans ce mode de réalisation de l'invention, la température de l'air chaud du sécheur est sensiblement égale à 80°C. Dans des variantes de ce mode de réalisation, la température de l'air chaud peut être comprise entre 70°C et 75°C, entre 75 et 80°C ou entre 80 et 85°C.

[0067] Ce sécheur 15 est dans ce mode de réalisation particulier de l'invention un sécheur à bande double couche. Les fragments entrants dans le sécheur sont répartis de manière homogène par une première vis d'alimentation sur une bande. La couche de fragments de bois formée est transportée à travers le sécheur sur la bande avant de se décharger sur la première vis de déchargement. Au moyen d'un convoyeur à vis supplémentaire, les fragments de bois sont transférés vers une deuxième vis d'alimentation qui vient déposer une seconde couche sur la première dans le sécheur. Après avoir parcouru une deuxième fois la moitié du sécheur, les fragments de bois séchés, dont le taux

d'humidité est désormais inférieur à 10%, sont séparés, déchargés et convoyés vers un silo de stockage tampon 16.

- [0068] Un capteur d'humidité contrôle en continu la teneur en humidité des fragments de bois en sortie du sécheur et la vitesse d'avancement de la bande est régulée automatiquement afin de maintenir le taux d'humidité des fragments de bois constant en sortie du sécheur.
- [0069] Dans le sécheur, des ventilateurs d'extraction aspirent l'air ambiant à travers des échangeurs de chaleur dans lesquels l'air est chauffé en deux étapes avant de le souffler sur les fragments de bois. Grâce à ce flux d'air, les fragments de bois sont plaqués sur la bande et très peu de poussières s'en échappent. Les échangeurs de chaleur sont des échangeurs eau/air, dans lesquels circulent de l'eau chaude provenant d'une installation de cogénération.
- [0070] Dans des variantes de ce mode de réalisation de l'invention, il peut également être envisagé de mettre en œuvre un sécheur à tambour rotatif.
- [0071] On notera que dans le silo tampon se produit une homogénéisation partielle du taux d'humidité des fragments de bois séchés.
- [0072] Les fragments de bois séchés sont extraits du silo 16 par une vis planétaire et déposé sur un tapis convoyeur qui les transporte jusqu'à un silo d'alimentation 17 d'un réacteur 18 permettant de traiter 15 tonnes par heure de fragments de bois en continu.
- [0073] Le réacteur 18 est un réacteur sous pression dans lequel on injecte de la vapeur d'eau surchauffée dont la pression est de 19 bars et la température est de 250°C par sa partie inférieure. Ce réacteur orienté verticalement est de forme conique afin d'éviter la formation de bouchons. Le flux de vapeur est extrait hors du réacteur au niveau de la partie supérieure du réacteur. En sortie du réacteur, la vapeur est renvoyée vers la chaudière CH dans laquelle elle a été produite.
- [0074] On notera que dans le réacteur 18 la température de la vapeur est de 209°C et la pression de 18,7 bars.
- [0075] Le silo 17 est en forme d'une ellipsoïde tronquée, afin de faciliter l'écoulement des fragments de bois.
- [0076] Par ailleurs, dans le silo 17, un racleur rotatif permet de pousser les fragments de bois vers une vis sans fin d'extraction 19.
- [0077] Cette vis sans fin 19 conique, dont la section s'amenuise à mesure que la vis pénètre dans le réacteur 18, prélève en continu une quantité prédéterminée de fragments de bois séchés dans le silo 17, la pré-comprime et la pousse dans le réacteur 18 sous pression au travers d'un orifice de passage de la vis. Les dimensions de l'orifice conique et de la vis ont été sélectionnées l'une par rapport à l'autre de façon à minimiser la perte de pression dans le réacteur et expulser l'air contenu dans les fragments de bois.

- [0078] On notera que l'effort de compression exercée par la vis sur les fragments permet avantageusement d'expulser une partie de l'eau résiduelle présente dans les fragments de bois.
- [0079] A l'extrémité de la vis 19, les fragments de bois compactés forment un bloc compact qui se disperse dans le réacteur sous l'effet du flux de vapeur.
- [0080] Les fragments de bois dispersés tombent alors par gravité dans le réacteur en étant réchauffés par le flux de vapeur et se déposent sur les fragments qui se sont accumulés avant eux sur le fond du réacteur, où ils continuent à être réchauffés par le flux de vapeur.
- [0081] Il convient de noter que dans le réacteur 18 le temps de rétention des fragments de bois est contrôlé en fonction du niveau des fragments de bois qui se sont accumulés sur le fond du réacteur. Dans ce mode de réalisation particulier de l'invention, il est fixé à 7,5 minutes, ce qui correspond à un facteur de sévérité de 4,08.
- [0082] Sur le fond du réacteur 18, un racleur monté pivotant sur un axe vertical (non représenté sur la figure 1) repousse les fragments de bois vers une vis sans fin 20 permettant d'extraire des fragments de bois du réacteur 18.
- [0083] Cette vis de décharge 20 pousse les fragments de bois hors du réacteur vers une vanne 21 à ouverture contrôlée. L'ouverture de cette vanne est ajustée en permanence afin de contrôler le débit de fragments de bois extraits du réacteur en continu.
- [0084] Sous la poussée de la vapeur présente dans le réacteur et/ou de la vis 20, des fragments de bois sont expulsés en continu au travers des ouvertures des vannes 21, à très grande vitesse, dans une ligne de détente 22 et sont entraînés par le flux de vapeur sortant avec ces fragments de bois du réacteur dans la ligne de détente 22 jusqu'à une unité de séparation 23.
- [0085] On notera que dans la ligne de détente la pression diminue progressivement jusqu'à atteindre une pression d'environ 1,1 bar au niveau du séparateur. Il se produit ainsi une décompression explosive des fragments de bois, du fait d'une re-vaporisation d'une partie de l'eau de condensation présente dans les fragments de bois. Cette expansion brutale de la vapeur d'eau entraîne l'apparition de forces de cisaillement dans l'ensemble des fragments de bois, qui provoque l'éclatement mécanique de la structure de ce dernier.
- [0086] Dans des variantes de ce mode de réalisation de l'invention, la pression atteinte au niveau du séparateur est égale à 1,2, 1,3, 1,4, ou 1,5 bar.
- [0087] Dans l'unité de séparation 23, le mélange de fragments de bois et de vapeur pénètre tangentielllement à une pale à rotation rapide. Sous l'effet de la force centrifuge générée par cette pale, les fragments de bois sont projetés dans un conduit de décharge 24, tandis que la vapeur est rejetée hors du séparateur au travers d'une soupape.
- [0088] Dans une variante de ce mode de réalisation de l'invention, il peut être prévu de

mettre en œuvre un cyclone mis sous pression pour séparer les fragments de bois de la vapeur résiduelle.

- [0089] On notera que la vapeur rejetée contient des matières volatiles qui pourront avantageusement être brûlés dans une chaudière.
- [0090] Les fragments de bois projetés dans un conduit de décharge 24 se déversent dans un silo de stockage 25, en vue d'être transformés sous forme de pellets de diamètre sensiblement égal à 7 millimètres et de longueur moyenne égale à 22 millimètres.
- [0091] Pour cela ils sont acheminés à l'aide d'un convoyeur à chaîne, ou d'un convoyeur pneumatique, vers une presse à granuler 26 où ils sont compactés sous forme de pellets.
- [0092] Les pellets obtenus sont ensuite dirigés vers un poste de chargement en vrac de camions ou vers un poste d'ensachage-palettisation.
- [0093] Ces pellets ont un Pouvoir Calorifique Inférieur égal à 5,35 MWh/t et une densité égale à 710 kg/m³. Ils présentent une augmentation en masse de 9,5 % après immersion complète dans un récipient d'eau pendant une heure, puis égouttage pendant 30mn
- [0094] Dans une variante de ce mode de réalisation particulier de l'invention, les fragments de bois obtenus après séparation peuvent être utilisés directement comme matière combustible dans une chaudière industrielle.
- [0095] Autre exemple de mode de réalisation de l'invention
- [0096] On a représenté sous forme de diagramme-bloc les étapes d'un exemple de procédé de fabrication d'une matière combustible pour four industriel à partir de plaquettes de bois selon l'invention.
- [0097] Dans une première étape 201, des fragments de bois de plus grande dimension égale à 5 millimètres sont produits à partir de plaquettes de bois de chêne écorcé. Lors de cette étape, les plaquettes de bois sont broyées dans un broyeur humide (étape 2011) puis les fragments de bois obtenus après broyage sont séchés dans un sécheur (étape 2012) jusqu'à ce qu'il présente un taux d'humidité d'environ 22 %.
- [0098] Dans une étape 202, un volume de 0,32 m³ de fragments de bois séchés est introduit en continu à l'aide d'une vis dans un réacteur sous pression alimenté en vapeur d'eau légèrement surchauffée dont la pression est égale à 19 bars.
- [0099] Dans le réacteur, les fragments de bois sont exposés à un flux de vapeur d'eau pendant une durée de 8 minutes (étape 203).
- [0100] Ils sont ensuite extraits en continu au travers d'orifices ou de vannes dans un conduit de détente (étape 204) et transporté dans ce conduit par la vapeur sortant du réacteur jusqu'à un cyclone, où les fragments de bois vont être séparés de la vapeur résiduelle (étape 205).
- [0101] Les fragments de bois récoltés à la sortie du séparateur sont ensuite séchés jusqu'à ce que leur taux humidité atteigne 10% (étape 206) avant d'être compactés sous forme de

pellets (étape 207) destinés à être utilisés comme combustible dans un four industriel.

[0102] Autres caractéristiques et avantages de l'invention

[0103] Dans des variantes des modes de réalisation de l'invention présentés ci-dessus, il peut également être prévu :

- [0104] – de procéder à une humidification des fragments de bois obtenus après séparation afin de faciliter la granulation ;
- de mettre en œuvre un réacteur s'étendant horizontalement et des moyens de transport des fragments dans le réacteur entre la zone d'introduction et la zone d'extraction, comprenant par exemple une vis convoyeuse.

Revendications

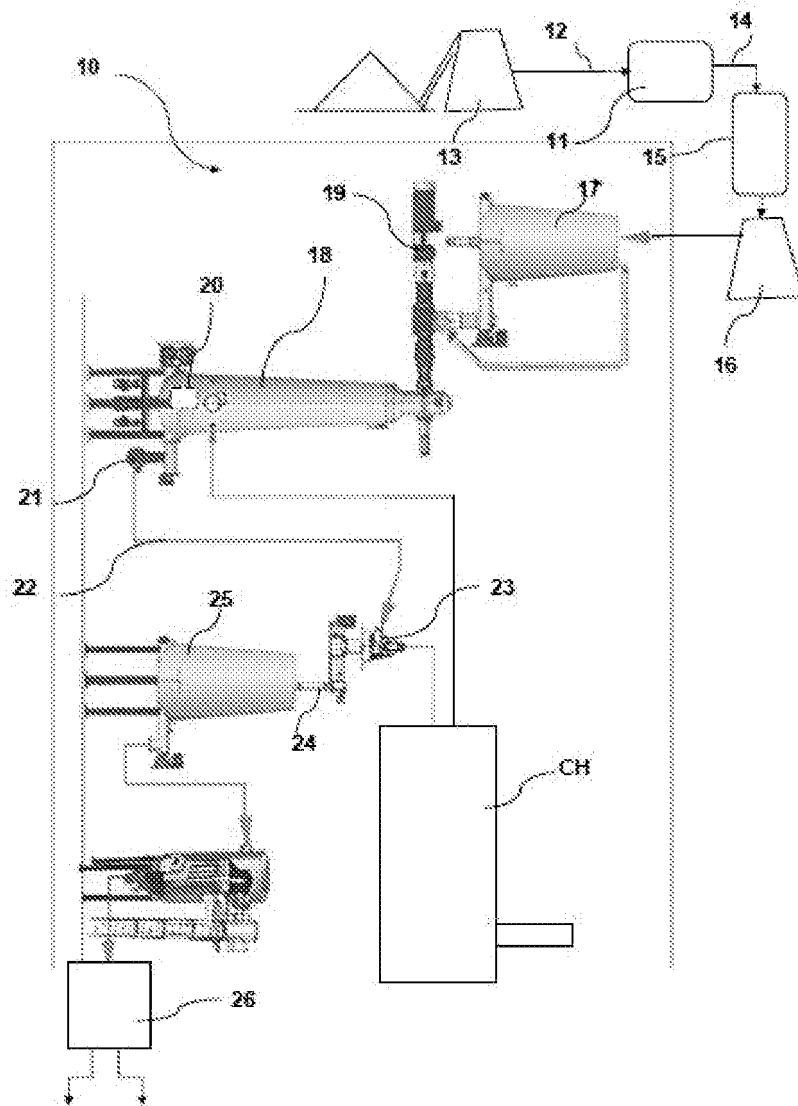
- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une matière combustible destinée notamment à une chaudière industrielle à partir de plaquettes de bois, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- obtention à partir desdites plaquettes de bois de fragments de bois présentant un taux d'humidité compris entre 5 et 25% ;
 - introduction en continu d'un volume prédéterminée par minute desdits fragments de bois obtenus dans un réacteur sous pression, ledit réacteur étant alimenté en vapeur d'eau sensiblement saturée dont la pression est comprise entre 15,6 et 23,2 bars et la température est comprise entre 200 et 220°C dans le réacteur ;
 - exposition des fragments de bois introduits dans ledit réacteur à ladite vapeur d'eau pendant une durée suffisante pour obtenir un vapo-craquage comprise entre 5 et 9 minutes, la valeur de ladite durée d'exposition et la valeur de la température de ladite vapeur sensiblement saturée étant sélectionnées de sorte que le facteur de sévérité soit compris entre 4,05 et 4,15 ;
 - extraction en continu dudit réacteur d'un même volume prédéterminé de fragments de bois par minute, au travers d'au moins un orifice débouchant dans un conduit sensiblement à la pression atmosphérique, de sorte à provoquer une décompression explosive desdits fragments de bois extraits dudit réacteur dans ledit conduit ;
 - séparation desdits fragments de bois décompressés et de la vapeur résiduelle extraite dudit réacteur, lesdits fragments de bois obtenus après séparation formant ladite matière combustible.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite durée d'exposition des fragments de bois à ladite vapeur d'eau dans le réacteur est comprise entre 6 et 8 minutes
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la température de ladite vapeur d'eau dans le réacteur est comprise entre 205 et 210°C.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de transformation de ladite matière combustible en pellet.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 4, caractérisé en ce que le taux d'humidité desdits fragments de bois obtenus est compris entre 8 et 12%.

- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite étape d'obtention de fragments de bois présentant un taux d'humidité compris entre 5 et 25% comprend une étape de broyage de plaquettes de bois naturel et/ou de plaquettes de bois de récupération et une étape de séchage desdites plaquettes de bois broyées.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite étape d'introduction desdits fragments de bois dans le réacteur comprend une étape de compactage et de poussée desdits fragments à l'aide d'une vis.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit réacteur est un réacteur vertical et que lesdits fragments de bois introduits dans ledit réacteur sont entraînés vers une zone d'extraction proche du fond dudit réacteur sous l'effet de la gravité.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit réacteur est horizontal et en ce que l'étape d'exposition comprend une étape de transport desdits fragments entre une zone d'introduction et une zone d'extraction dans ledit réacteur.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ladite étape de séparation comprend une étape de centrifugation desdits fragments de bois et/ou une étape de passage desdits fragments de bois et de la vapeur résiduelle dans un cyclone.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'humidification de la matière combustible afin d'améliorer sa capacité à être transformé en pellets.
- [Revendication 12] Installation de fabrication d'une matière combustible destinée notamment à une chaudière industrielle à partir de plaquettes de bois, comprenant :
- des moyens de transformation desdites plaquettes de bois en fragments de bois présentant un taux d'humidité compris entre 5 et 25% ;
 - des moyens de génération de vapeur d'eau sous pression sensiblement saturée dont la pression est comprise entre 15,6 et 23,2 bars et la température est comprise entre 200 et 225°C ;
 - un réacteur sous pression présentant au moins un orifice pour l'extraction de fragments de bois et des moyens d'introduction en continu d'un volume prédéterminée par minute desdits fragments de bois dans ledit réacteur, ledit réacteur étant configuré de sorte que des fragments de bois introduits dans ledit réacteur puissent séjourner dans le réacteur pendant une durée comprise entre 5 et 9 mn;

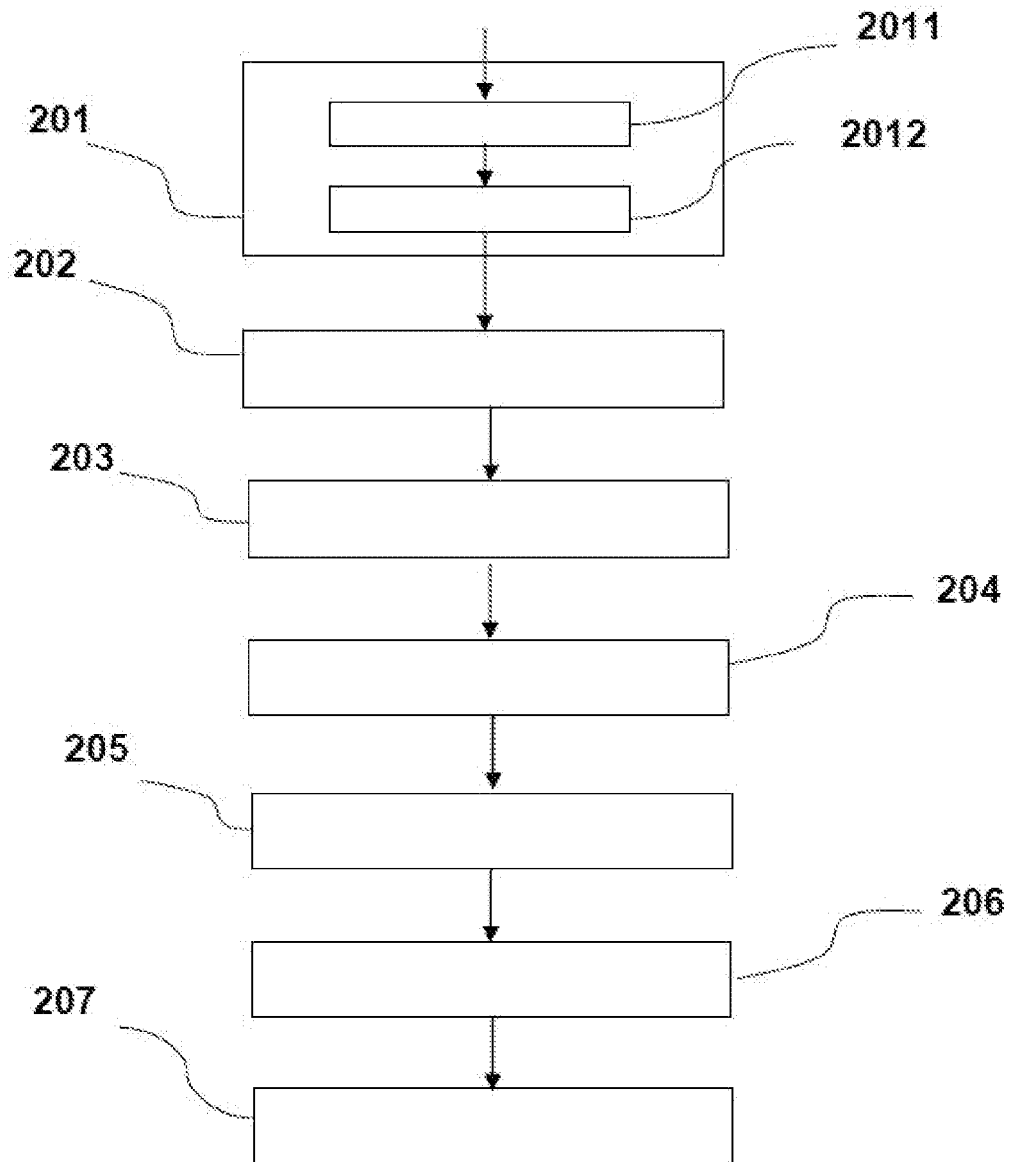
- des moyens d'alimentation dudit réacteur avec la vapeur d'eau générée par lesdits moyens de génération ;
 - des moyens d'introduction en continu d'un volume prédéterminée par minute desdits fragments de bois dans ledit réacteur ;
 - des moyens d'extraction en continu dudit réacteur d'un même volume prédéterminé de fragments de bois par minute ;
 - un conduit sensiblement à la pression atmosphérique dans lequel débouche ledit orifice ;
 - des moyens de séparation desdits fragments de bois décompressés et de la vapeur résiduelle extraite dudit réacteur, lesdits fragments de bois obtenus après séparation formant ladite matière combustible ;
- ledit réacteur, lesdits moyens d'introduction en continu et d'extraction en continu étant configurés les uns par rapport aux autres de sorte que le facteur de sévérité du traitement dans le réacteur soit compris entre 4,05 et 4,15.

- [Revendication 13] Matière combustible obtenue par la mise en œuvre du procédé selon la revendication 4 présentant une augmentation en masse inférieure ou égale à 10% après immersion complète dans un récipient d'eau pendant une heure et égouttage pendant 30mn.
- [Revendication 14] Matière combustible obtenue par la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1 présentant un pouvoir calorifique inférieur supérieur ou égal à 5 MWh/t, de préférence supérieur ou égal à 5,6 MWh/t.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 867039
FR 1905269

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2017/089648 A1 (VALMET TECHNOLOGIES OY [FI]) 1 juin 2017 (2017-06-01) * abrégé * * page 3, ligne 6 - ligne 25 * * page 4, ligne 5 - ligne 18 * * page 4, ligne 30 - page 5, ligne 30 * * page 6, ligne 23 - page 7, ligne 34 * * page 8, ligne 7 - ligne 16 * * figure 1b *	1-14	C10L5/44 C10L9/08 C10B49/02 B27L11/00 C10B53/02
X	PETER BJÖRKLUND ET AL: "Steam exploded pellets for heat and power generation", VGB POWERTECH,, vol. 96, no. 4, 1 janvier 2016 (2016-01-01), pages 52-56, XP001596829, ISSN: 1435-3199	13,14	
A	* page 52, colonne du milieu, dernier alinéa - page 53, colonne de gauche, alinéa 1 * * page 53, colonne de droite, dernier alinéa - page 54, colonne de gauche, dernier alinéa * * figure 3; tableaux 1, 2 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) C10L
A	WO 2015/185751 A1 (GLOMMEN SKOG SA [NO]) 10 décembre 2015 (2015-12-10) * abrégé * * page 2, ligne 19 - ligne 40 * * page 3, ligne 16 - ligne 27 * * page 3, ligne 36 - page 4, ligne 29 * * page 6, ligne 15 - ligne 24 * * revendications 1-4, 6-10, 12-14, 20; figure 1 *	1-14	
----- -/-			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 septembre 2019		Keipert, Olaf	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 867039
FR 1905269

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	BALLESTEROS I ET AL: "EFFECT OF CHIP SIZE ON STEAM EXPLOSION PRETREATMENT OF SOFTWOOD", APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY ; PART A: ENZYME ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY, HUMANA PRESS INC, NEW YORK, vol. 84-86, 1 janvier 2000 (2000-01-01), pages 97-110, XP001010111, ISSN: 0273-2289, DOI: 10.1385/ABAB:84-86:1-9:97 * abrégé * * page 97, dernier alinéa - page 99, alinéa 1 * * page 108, alinéa 1 *	1-14	
A	FR 3 037 075 A1 (IFP ENERGIES NOW [FR]) 9 décembre 2016 (2016-12-09) * page 5, ligne 15 - ligne 20 * * page 5, ligne 30 - page 7, ligne 8 * * page 10, ligne 10 - ligne 14 * * page 11, ligne 24 - page 13, ligne 30 * * page 15, ligne 15 - page 16, ligne 3 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 septembre 2019		Keipert, Olaf	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1905269 FA 867039**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **30-09-2019**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2017089648 A1		01-06-2017	CA 3006401 A1	01-06-2017
			CN 108368443 A	03-08-2018
			EP 3380590 A1	03-10-2018
			FI 126555 B	15-02-2017
			JP 2019500446 A	10-01-2019
			US 2019203134 A1	04-07-2019
			WO 2017089648 A1	01-06-2017

WO 2015185751 A1		10-12-2015	BR 112016028535 A2	22-08-2017
			EP 3152279 A1	12-04-2017
			GB 2528832 A	10-02-2016
			US 2018072960 A1	15-03-2018
			WO 2015185751 A1	10-12-2015

FR 3037075 A1		09-12-2016	AUCUN	
