

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
23 juillet 2009 (23.07.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/090335 A2

(51) Classification internationale des brevets :

C10B 49/10 (2006.01) **B01J 8/30** (2006.01)
C10J 3/50 (2006.01) **B01J 8/32** (2006.01)
B01J 8/24 (2006.01) **B02C 23/24** (2006.01)
F26B 3/08 (2006.01) **B02C 23/02** (2006.01)
C10B 47/24 (2006.01) **C10L 5/44** (2006.01)
C10B 53/02 (2006.01)

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **ROL-
LAND, Matthieu** [FR/FR]; 0764, route de Lyon, F-69390
Vernaion (FR). **LOURET, Sylvain** [FR/FR]; 0032 B, rue
LT. Colonel Girard, F-69003 Lyon (FR).

(74) Mandataire : **ELMALEH, Alfred**; IFP, 1-4, avenue de
Bois Préau, F-92852 Rueil Malmaison Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2008/001456

(22) Date de dépôt international :

17 octobre 2008 (17.10.2008)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

07/08377 30 novembre 2007 (30.11.2007) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : **IFP**
[FR/FR]; 1-4, avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Mal-
maison Cedex (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

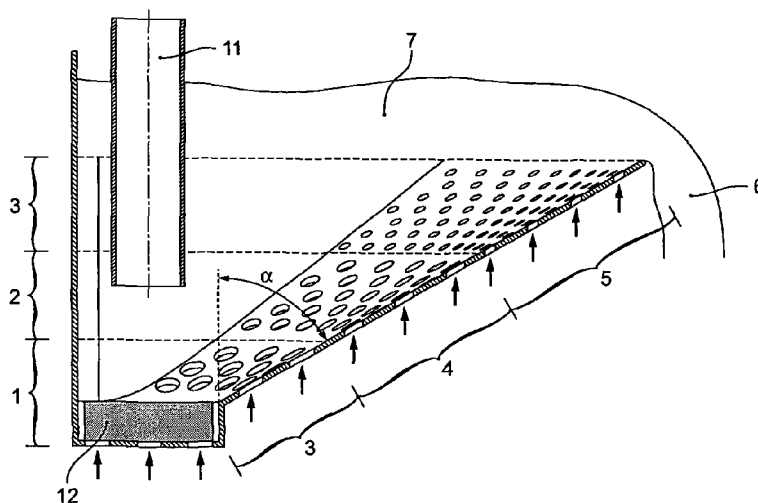
(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR FLUIDISED-BED ROASTING AND GRINDING OF A BIOMASS LOAD FOR SUB-
SEQUENT GASIFICATION OR COMBUSTION

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE TORREFACTION ET DE BROyage EN LIT FLUIDISE D'UNE CHARGE DE
BIOMASSE EN VUE D'UNE GAZEIFICATION OU D'UNE COMBUSTION ULTERIEURE

Figure 1



[Suite sur la page suivante]



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for the fluidised-bed roasting and grinding of a load mainly containing a biomass in order to feed the same into a unit for the gasification or combustion of said load.

(57) Abrégé : Le procédé objet de l'invention décrit un procédé et un dispositif de torréfaction et de broyage en lit fluidisé d'une charge contenant majoritairement de la biomasse en vue d'alimenter une unité de gazéification ou de combustion de ladite charge.

PROCEDE ET DISPOSITIF DE TORREFACTION ET DE BROyage EN LIT FLUIDISE D'UNE CHARGE DE BIOMASSE EN VUE D'UNE GAZEIFICATION OU D'UNE COMBUSTION ULTERIEURE

5 DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un procédé de préparation d'une charge contenant de la matière fibreuse lignocellulosique, seule ou en mélange avec une coupe hydrocarbonée en vue d'alimenter une unité de gazéification ou un système de combustion. L'invention permet également la préparation de copeaux de bois en vue de leur utilisation dans le domaine des

10 procédés de vinification.

Une application importante du dispositif selon l'invention est la préparation d'une charge de type biomasse lignocellulosique en vue de la production de carburants dit "biocarburant".

La chaîne de production de ces biocarburants comporte une étape de gazéification alimentée par la charge de biomasse mise sous forme de petites particules de taille généralement

15 inférieure à 1mm, et présentant une teneur en eau généralement inférieure à 10 % poids.

L'étape de gazéification conduit à un gaz contenant essentiellement du monoxyde de carbone et de l'hydrogène, connu de l'homme du métier sous le nom de gaz de synthèse appelé aussi "Syngaz". Le gaz de synthèse permet ensuite de recomposer un ensemble de coupes hydrocarbures, notamment une coupe essence et une coupe gazole au moyen de la synthèse

20 Fischer Tropsch. Le gaz de synthèse peut également être utilisé comme vecteur en vue de la production d'énergie, ou comme matière première pour la production de bases pour la chimie et la pétrochimie.

La présente invention n'est pas liée à une utilisation spécifique de la biomasse préparée aux conditions de granulométrie et de teneur en eau voulues.

25 L'unité selon la présente invention peut, par exemple, être utilisée pour produire des particules de biomasse sèches et calibrées à une dimension inférieure au mm qui peuvent être utilisées dans un procédé de combustion (chaudière ou four) ou de vinification.

On peut citer comme exemples de particules de biomasse utilisables dans le cadre de la présente invention les déchets de diverses espèces de bois, notamment les résineux, les

30 déchets de type paille ou bagasse de canne à sucre, ou tout autre type de résidus ligneux.

Dans la suite du texte, nous utiliserons comme exemple typique de charge lignocellulosique des copeaux de bois résultant d'un déchiquetage préalable. L'étape de déchiquetage ne fait pas partie de la présente invention, mais peut en cas de besoin lui être ajoutée en amont.

Ces copeaux de bois sont généralement livrés sous la forme de particules de plus grande dimension comprise entre 2 cm et 5cm, la plus petite dimension étant inférieure à 1cm, généralement appelées plaquettes forestières, et pouvant contenir jusqu'à 40 % d'eau.

Dans la suite du texte, par simplification, nous caractériserons les particules constituant la charge biomasse par leur plus grande dimension, sachant que les autres dimensions sont inférieures et que la plus petite dimension est inférieure à 1 cm.

La présente invention permet d'optimiser le conditionnement de la matière première ligno cellulosique en vue notamment de son traitement ultérieur dans une unité de gazéification, plus particulièrement une unité de gazéification en lit entraîné qui nécessite une taille de particules en entrée généralement inférieure à 1mm, et préférentiellement inférieure à 0,5mm.

Ce conditionnement comprend généralement une étape de réduction de la teneur en eau (ou séchage) des particules à un niveau inférieur à 10% poids, suivie d'une étape de réduction de taille des particules jusqu'à atteindre la gamme de taille convenant au traitement dans une unité de gazéification en lit entraîné.

Dans l'art antérieur, l'étape de réduction de taille est généralement réalisée dans un broyeur, la dite étape de broyage étant grandement facilitée par l'étape amont de torréfaction dans la mesure où la torréfaction s'accompagne non seulement d'un séchage, mais aussi d'une déstructuration partielle de la matière ligno cellulosique. La torréfaction peut se définir comme une pyrolyse à température modérée et temps de séjour contrôlé. Les conditions opératoires typiques de la torréfaction correspondent à une température comprise entre 230°C et 300°C en l'absence d'air.

La présente invention décrit une unité qui permet de réaliser simultanément et dans la même enceinte l'étape de torréfaction et l'étape de broyage. Il en résulte une synergie entre les conditions opératoires de la torréfaction qui permettent d'optimiser les conditions de fonctionnement du broyeur. De plus, l'unité fonctionnant en lit fluidisé, il est très facile de traiter en mélange avec les particules de biomasse d'autres particules solides telles que du coke de pétrole ou des particules de charbon. Le dispositif selon la présente invention peut en effet traiter en mélange des particules de biomasse et des particules de coke ou de charbon sous la seule condition que ces dernières aient une taille inférieure aux particules de biomasse.

EXAMEN DE L'ART ANTERIEUR

Il est connu de l'homme du métier de traiter par thermolyse ou par pyrolyse, à des températures comprises entre 200°C et 280°C, et des temps de séjour de l'ordre de quelques minutes, une charge de type biomasse lignocellulosique afin de l'envoyer ensuite dans un
5 procédé en lit fluidisé ou entraîné, et notamment dans une unité de gazéification à lit entraîné. Il est également connu qu'une thermolyse douce, appelée aussi torréfaction, modifie la structure de la biomasse de telle manière que les opérations ultérieures de broyage s'en trouvent facilitées, ainsi que la forme finale des particules solides obtenues qui se rapprochent de particules sphériques. En revanche, pratiquement aucune information n'est fournie sur la
10 technologie utilisée pour réaliser ladite torréfaction.

Le brevet FR 2 678 850 de la demanderesse décrit un four de pyrolyse adapté au traitement des déchets d'ordure ménagère. Ce four de pyrolyse ne fait pas appel à un lit fluidisé.

Le brevet US 4,787,917 décrit un procédé de torréfaction de bois à une température comprise
15 entre 250°C et 280°C de manière à délivrer des bâtonnets de longueur comprise entre 5 et 20 mm. Ce procédé de torréfaction ne fait pas appel à un lit fluidisé.

De manière générale, nous n'avons pas trouvé dans l'art antérieur de procédé de torréfaction et de broyage opérant en lit fluidisé appliqué à des particules ayant des masses volumiques comprises entre 300 et 800 kg/m³, et des dimensions de l'ordre de quelques centimètres.

20

DESCRIPTION SOMMAIRE DES FIGURES

La figure 1 est une vue de côté de l'unité de torréfaction et de broyage en lit fluidisé selon l'invention. La figure 1 représente une unité fonctionnant à pression atmosphérique.

La figure 2 est une vue de dessus de l'unité de torréfaction et de broyage selon l'invention.

25 La figure 3 est une vue en perspective de l'unité de torréfaction et de broyage selon l'invention.

La figure 4 représente de façon plus détaillée le broyeur avec ses protrusions faisant partie intégrante de l'unité selon l'invention.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'INVENTION

30 La présente invention concerne un procédé de torréfaction et de broyage en lit fluidisé d'une charge contenant essentiellement de la matière lignocellulosique en vue notamment de son traitement ultérieur dans une unité de gazéification. La présente invention définit également une unité permettant de réaliser le dit procédé.

La matière première est constituée de déchets végétaux de type lignocellulosique tels que des copeaux de divers essences de bois. Cette matière première sera supposée disponible à l'état de copeaux de dimension typique comprise entre 2 cm et 5 cm, avec une teneur en eau comprise entre 10 % et 40 % poids.

- 5 L'unité selon l'invention permet de réaliser une pyrolyse douce, appelée torréfaction, opérée à une température comprise entre 230°C et 300°C, de préférence comprise entre 250°C et 280°C, en absence d'air, permettant d'arriver à une teneur en eau de la biomasse inférieure à 5 % poids, et préférentiellement comprise entre 2% et 4% poids.

Il permet simultanément de réaliser une réduction de la taille des particules introduites dans

- 10 l'unité à une taille inférieure à 1 mm, et préférentiellement inférieure à 500 microns.

La taille des particules en sortie de l'unité selon l'invention peut être choisie par l'intermédiaire de la vitesse de fluidisation comme il sera expliqué plus loin.

Lorsqu'il est dit que les particules en sortie de l'unité ont une taille par exemple inférieure à 1mm, cela signifie précisément que 95% en poids d'un échantillon prélevé en sortie de l'unité

- 15 est constitué de particules ayant une taille inférieure à 1mm.

Le procédé de torréfaction de matière de type biomasse lignocellulosique selon la présente invention suppose que la biomasse soit disponible en copeaux de taille comprise entre 2 cm et 5 cm. Généralement, ces copeaux ont une forme de parallélépipède, et nous caractérisons leur taille par la notion de plus grande dimension.

- 20 En cas de besoin, une étape de broyage primaire, appelée aussi déchiquetage, sera nécessaire pour atteindre ladite taille de copeaux, mais elle ne fait pas partie intégrante de la présente invention.

L'unité de torréfaction et de broyage selon l'invention fonctionne à une température comprise entre 200°C et 350°C, préférentiellement entre 250°C et 280°C, avec un temps de séjour pour

- 25 les plus grosses particules, compris entre 10 et 40 minutes, préférentiellement compris entre 15 et 30 minutes. On entend par " plus grosses particules " dans le contexte de l'invention, des particules de taille supérieure à 2 mm.

L'unité selon l'invention peut fonctionner selon les besoins jusqu'à une pression de 30 bars (1 bar = 10^5 pascal), ce qui est un avantage, en particulier en cas d'utilisation ultérieure dans une

- 30 unité de gazéification. En effet la dite unité de gazéification en lit entraîné fonctionne généralement à une pression comprise entre 20 et 40 bars (1 bar = 10^5 pascal). On peut donc

transférer directement les particules de biomasse en sortie de la présente unité, vers une unité de gazéification située en aval.

L'unité de torréfaction et de broyage en lit fluidisé selon l'invention est constituée d'une enveloppe limitée par deux parois sensiblement verticales (P1), (P2), et présentant au moins

5 une paroi inclinée (P3) définissant en allant de bas en haut, trois zones :

- une zone inférieure (1) munie d'un moyen de fluidisation adapté à la fluidisation de particules de taille comprise entre 2 mm et 5 mm, et équipée d'un broyeur placé au fond de la dite zone,

- une zone intermédiaire (2), munie d'un moyen de fluidisation adapté à la fluidisation de
10 particules de taille comprise entre 1 et 2 mm,

- une zone supérieure (3) munie d'un moyen de fluidisation adapté à la fluidisation des particules de taille inférieure à 1 mm.

La tubulure d'introduction (11) des particules à traiter plonge à l'intérieur de l'unité préférentiellement au niveau de la zone intermédiaire (2), et l'angle (α) de la paroi inclinée
15 (P3) par rapport à la verticale est généralement compris entre 30° et 60°, et préférentiellement compris entre 35° et 45°.

Il n'y a pas de contrainte particulière dans la forme des parois (P1), (P2), mais le plus souvent pour des raisons de simplicité de construction, les parois (P1), (P2) autres que la paroi inclinée, sont de forme plane.

20 Ainsi, selon une variante préférée, l'unité de torréfaction et de broyage de particules de biomasse en lit fluidisé selon l'invention a la forme générale d'un secteur, l'angle (β) des parois sensiblement verticales (P1) et (P2) délimitant ledit secteur, étant compris entre 30° et 360°, et préférentiellement compris entre 45° et 360°.

Le cas particulier d'un angle de 360° correspond à une unité qui aurait une forme cylindrique
25 et dans ce cas, les parois (P1) et (P2) viennent se confondre. Une telle unité d'angle (β) égal à 360° reste parfaitement dans le cadre de la présente invention.

L'unité de torréfaction et de broyage selon l'invention peut fonctionner à pression atmosphérique ou jusqu'à des niveaux de pression d'environ 50 bars.

Dans le cas d'une unité fonctionnant à pression atmosphérique, la partie supérieure de l'unité
30 peut être constituée d'un simple déversoir (6), le niveau du lit fluidisé (7) dans la partie supérieure s'établissant à naturellement un niveau permettant le déversement continu des particules traitées.

Dans le cas d'une unité fonctionnant à une pression de quelques dizaines de bars, la partie supérieure de l'unité est fermée et présente une tubulure de sortie située dans la partie supérieure de ladite unité.

La configuration de la partie supérieure de l'unité et en particulier de l'organe d'évacuation des
5 particules traitées n'est pas une caractéristique essentielle de l'unité selon la présente invention, et peut avoir toute forme bien connue de l'homme du métier et être éventuellement équipée d'un organe de séparation entre les particules les plus fines et le gaz de fluidisation de manière à réintroduire dans l'unité lesdites particules les plus fines qui seraient éventuellement entraînées au dessus de la zone supérieure de l'unité.

10 L'unité de torréfaction et de broyage de particules de biomasse selon l'invention fonctionne en lit fluidisé. Les organes de fluidisation de chacune des trois zones constituant l'unité sont calculés de manière à réaliser une perte de charge qui est, selon la pratique courante de l'homme du métier, rapportée au poids du lit de particules à fluidiser dans chacune desdites zones.

15 Ainsi l'organe de fluidisation (3) de la zone inférieure (1) génère une perte de charge généralement comprise entre 0,2 et 1,5 fois le poids du lit de particules rapporté à la section de la dite zone inférieure (1), et préférentiellement compris entre 0,3 et 1,0 le poids du lit de particules rapporté à la section de la dite zone inférieure.

L'organe de fluidisation (4) de la zone intermédiaire (2) génère une perte de charge
20 généralement comprise entre 0,2 et 1,5 fois le poids du lit de particules rapporté à la section de la dite zone intermédiaire (2), et préférentiellement compris entre 0,3 et 1,0 le poids du lit de particules rapporté à la section de la dite zone intermédiaire.

Et l'organe de fluidisation (5) de la zone supérieure (3) génère une perte de charge généralement comprise entre 0,2 et 1,5 fois le poids du lit de particules rapporté à la section de
25 ladite zone supérieure (3), et préférentiellement compris entre 0,3 et 1,0 le poids du lit de particules rapporté à la section de la dite zone supérieure.

Les organes de fluidisation de chacune des zones (1), (2) et (3) ne sont pas nécessairement identiques.

Le plus souvent, les organes de fluidisation sont constitués de grilles perforées, la dimension
30 et la densité des orifices étant déterminées par la valeur de perte de charge retenue pour chacune des zones.

Néanmoins, l'unité selon la présente invention peut faire appel à d'autres types d'organe de fluidisation que des grilles, et est compatible avec tous les systèmes de fluidisation développés par l'homme du métier.

35 La détermination des vitesses de fluidisation de chaque zone de l'unité est faite de manière à réaliser la fluidisation des plus grosses particules dans la zone inférieure de l'unité, la

fluidisation des particules de taille intermédiaire dans la dite zone intermédiaire, et la fluidisation des particules les plus petites quittant l'unité, dans la dite zone supérieure de l'unité.

5 Ainsi, la vitesse de fluidisation dans la zone inférieure (1) de ladite unité est généralement comprise entre 1,3 et 2,5 fois la vitesse minimale de fluidisation des particules dont le diamètre est compris entre 1 et 2 mm.

La vitesse de fluidisation dans la zone intermédiaire (2) de ladite unité est généralement comprise entre 1,3 et 2 fois la vitesse minimale de fluidisation des particules dont le diamètre est compris entre 1 et 2 mm.

10 La vitesse de fluidisation dans la zone supérieure (3) de l'unité est généralement comprise entre 1,3 et 1,5 fois la vitesse minimale de fluidisation des particules dont le diamètre est inférieure à 1 mm.

L'unité de torréfaction et de broyage selon la présente invention permet de réaliser un temps de séjour moyen des particules de biomasse les plus grosses généralement compris entre 10 et 15 40 minutes, et préférentiellement compris entre 15 et 30 minutes.

De manière générale, la température à l'intérieur de ladite unité est déterminée de manière à atteindre les conditions de la torréfaction, soit une température généralement comprise entre 230 °C et 300°C, et préférentiellement comprise entre 250°C et 280°C.

Selon une caractéristique préférée de l'unité selon l'invention, le broyeur (12) équipant la zone 20 inférieure de l'unité selon l'invention est placé au fond de la dite zone de telle manière que la distance entre les extrémités dudit broyeur et la paroi de la zone inférieure (1) la plus proche soit comprise entre 0,5 et 2 fois le diamètre des plus grosses particules présentes dans l'unité.

Selon une autre caractéristique préférée de l'unité selon l'invention, le broyeur (12) placé dans la zone inférieure de l'unité selon l'invention possède des protrusions contondantes sur le 25 stator (8) et des protrusions contondantes correspondantes sur le rotor (10), de manière que l'entrefer entre ces protrusions soit généralement compris entre 1,0 et 1,5 fois la taille des particules à obtenir en sortie d'unité.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

30 L'unité de torréfaction et de broyage en lit fluidisé, objet de la présente invention est décrite ci dessous au moyen des figures 1, 2 et 3 et 4. Sur chacune de ces figures, les éléments se correspondant sont repérés par le même numéro.

Dans la suite du texte, par simplification, on appelle grosses particules les particules de taille supérieure à 5 mm, particules intermédiaires, les particules de taille comprise entre 2 mm et 5 35 mm, et on appelle petites particules les particules de taille inférieure à 1mm.

L'unité est conçue de manière à organiser une gradation de la vitesse de fluidisation depuis le bas de l'unité (zone inférieure 1) adapté à la fluidisation des grosses particules, la zone intermédiaire (zone 2) adaptée à la fluidisation des particules intermédiaires, jusqu'au haut de l'unité (zone supérieure 3) adaptée à la fluidisation des petites particules.

- 5 Il ne faut pas entendre ces zones comme des compartiments étanches. En vertu du caractère agité de la fluidisation, les particules circulent d'une zone à l'autre, mais on trouve majoritairement dans chaque zone les particules correspondant à la vitesse de fluidisation de ladite zone. On entend par majoritairement un pourcentage de présence des particules dans la zone correspondant à leur vitesse de fluidisation, d'au moins 50%, et préférentiellement d'au
- 10 moins 70%. La réalisation de cet objectif dépend du choix des vitesses de fluidisation dans chacune des zone.

Les particules de biomasse à traiter sont introduites par le haut de l'unité, généralement par gravité, au moyen d'une conduite notée (11) qui débouche au sein du lit de particules, préférentiellement dans la zone intermédiaire (2).

- 15 L'évacuation des particules ayant la taille désirée (inférieure à 1mm) est réalisée dans la partie supérieure de l'unité au moyen d'une conduite (6), ou éventuellement par un simple déversoir. Les particules les plus grosses se situent principalement dans la zone inférieure (1) où elles sont fluidisées par la présence de particules intermédiaires, et permettent de ce fait la mise en fluidisation des particules introduites par la conduite (11).

- 20 Les particules introduites dans l'unité ont une plus grande dimension comprise entre 2 cm et 5 cm et ne sont en principe pas fluidisables en tant que telles. Elles sont mises en fluidisation par leur mélange avec les particules fluidisables se trouvant dans la zone intermédiaire (2) et dans la zone inférieure (1). Les particules à traiter mises en fluidisation, rencontrent le broyeur installé dans la zone inférieure (1).

- 25 Supposons qu'une particule de 2 cm introduite par la conduite (11) rencontre le broyeur qui la fragmente en un certain nombres de particules plus petites, certaines ayant la taille requise en sortie d'unité, d'autres ayant une taille supérieure à la taille requise. Ces particules n'ayant pas la taille requise, par exemple 5 mm, vont séjourner au voisinage du broyeur à l'état fluidisé, et finiront par être de nouveau broyées, car l'agitation inhérente au milieu fluidisé les amènera
- 30 statistiquement au contact du broyeur.

Au bout d'un certain nombre de passes dans le broyeur, les particules introduites dans l'unité atteignent la taille requise (inférieure à 1mm, et préférentiellement inférieure à 500 microns),

et sont alors entraînées vers la zone supérieure (3) de l'unité où est établie la vitesse de fluidisation qui leur correspond. En effet, au niveau de la zone (1), adaptée à la fluidisation de particules comprise entre 2 et 5 mm, les particules inférieures à 1 mm subissent une vitesse supérieure à leur vitesse de fluidisation propre. Elles sont donc entraînées vers la zone
5 supérieure (3). Les particules de taille supérieure à 5 mm sont ramenées vers le broyeur en vertu de l'existence d'au moins une paroi inclinée. Il a été montré qu'une seule paroi de forme inclinée est suffisante pour favoriser le mouvement descendant des grosses particules.

L'angle (α) de la paroi inclinée est généralement compris entre 30° et 60° par rapport à la verticale, et préférentiellement compris entre 35° et 45°.

- 10 Il s'établit donc tout au long de la paroi inclinée (P3) s'étendant de la zone inférieure (1) de l'unité à la zone supérieure (3), un courant descendant des particules les plus grosses, supérieures à 5 mm, qui sont ainsi ramenées vers le broyeur installé dans la zone inférieure (1).

La forme inclinée de la paroi (P3) facilite le mouvement descendant des particules les plus
15 grosses, mais toute forme suivant approximativement une ligne inclinée joignant la zone inférieure (1) et la zone supérieure (3) de l'unité reste bien entendu dans le cadre de l'invention.

En particulier une forme en partie curviligne, ou plus généralement, une forme alternant des portions curvilignes et des portions rectilignes de manière que la ligne joignant le point le plus
20 bas de la zone inférieure au point le plus haut de la zone supérieure de l'unité, présente globalement un angle d'inclinaison (α) compris entre 30° et 60°, reste dans le cadre de la présente invention.

Le gaz de fluidisation peut être tout gaz inerte tel que l'azote ou le CO₂, auquel peut s'ajouter éventuellement une partie des gaz issus de la torréfaction après séparation des particules
25 solides.

L'organe de fluidisation par lequel le gaz de fluidisation est introduit le long de la paroi inclinée (P3) peut être constitué d'une simple grille perforée, les orifices ayant un diamètre et une densité calculés de manière à satisfaire la valeur voulue de la perte de charge à la traversée desdits orifices, et à satisfaire les conditions de fluidisation propre à la zone
30 considérée.

Prenons à titre d'exemple la zone intermédiaire (2) qui réalise la fluidisation des particules d'un diamètre compris entre 1 et 2 mm. La vitesse de fluidisation dans cette zone est choisie

de manière à être comprise entre 1,3 et 2,0 fois la vitesse minimale de fluidisation des particules "moyennes" de ladite zone, c'est à dire de particules ayant un diamètre typique de 1,5 mm et une masse volumique de 500 kg/m³.

La vitesse de fluidisation est définie comme le rapport du débit de gaz introduit dans la zone
5 considérée sur la section de ladite zone. Le débit de gaz étant fixé par la vitesse de fluidisation à réaliser dans la zone considérée, le diamètre et la densité des orifices résultent du calcul de la perte de charge à la traversée de l'organe de fluidisation.

Le critère généralement admis par l'homme du métier est de réaliser une perte de charge à la traversée de l'organe de fluidisation comprise entre 0,3 et 1,5 fois le poids de la couche
10 fluidisée rapporté à la section de la zone considérée, en fonction de la plus ou moins grande difficulté à fluidiser les particules considérées.

De manière préférée, on conserve le diamètre des orifices constant sur l'ensemble de l'organe de fluidisation, et on fait varier la densité des orifices selon la zone pour atteindre le débit de fluidisation voulue dans chaque zone. Néanmoins, on peut également faire varier le diamètre
15 des orifices selon chacune des zones, comme cela est montré à titre d'illustration sur les figures 1 et 2, pour mieux faire ressortir la différenciation des zones inférieure, intermédiaire et supérieure.

La méthode de dimensionnement de l'organe de fluidisation sera illustrée dans les exemples qui suivent la présente description.

20 Le broyeur (12) situé dans la zone inférieure de l'unité selon l'invention présente un stator équipé de protrusions contondantes (8) et un rotor équipé de protrusions (10) correspondantes aux protrusions (8). On entend par protrusions correspondantes (8) et (10) des protrusions dont les formes se correspondent de manière à ce que les particules de taille inférieure à 1,5 mm passeront entre elles. Cette condition s'obtient par un réglage de l'entrefer séparant deux
25 protrusions correspondantes.

Les formes des protrusions (8) et (10) peuvent être très diverses. Sur la figure 4, on a représenté à titre d'exemple les protrusions (10) en forme de flèche, et les protrusions correspondantes (8) en forme d'encoche recevant la pointe de la flèche.

L'entraînement du broyeur est généralement réalisé au moyen d'un moteur électrique situé à
30 l'extérieur du présent réacteur.

La zone inférieure (1) dans laquelle est situé le broyeur est fluidisée à une vitesse qui correspond à la fluidisation des particules de taille comprise entre 2 et 5 mm. La fluidisation

des particules de taille comprises entre 2 mm et 5 mm induit la fluidisation des particules de taille plus grande, par exemple de taille de 1 cm à 5 cm introduites dans l'unité.

Il s'agit ici d'une propriété des lits fluidisés de communiquer l'état fluidisé à des particules qui ne seraient pas fluidisables seules, mais le deviennent en mélange avec des particules

5 fluidisables.

La fluidisation est réalisée au moyen d'une grille qui répond aux mêmes critères de perte de charge que les autres organes de fluidisation. La fluidisation permet également d'éviter l'accumulation de particules au voisinage du broyeur et facilite le passage répété des particules à l'intérieur dudit broyeur.

- 10 Des que les particules ont atteint une taille inférieure à 1 mm, elles sont entraînées vers la zone supérieure de l'unité (3) d'où elles sont évacuées par la tubulure d'évacuation (6).

Le temps de séjour moyen d'une particule depuis son introduction dans l'unité par la conduite d'amenée (11) jusqu'à sa sortie par la tubulure d'évacuation (6) est généralement inférieur à 30 minutes, et préférentiellement inférieur à 20 minutes.

- 15 La température de l'unité en tout point est généralement comprise entre 230°C et 300°C, et préférentiellement comprise entre 250°C et 280°C.

La pression de l'unité est généralement comprise entre la pression atmosphérique et 30 bars (1 bar = 10^5 Pascal).

- 20 Le choix de la pression dépend de la pression opératoire de l'unité de gazéification placée en aval.

La présente unité permet de réaliser un couplage étroit et une véritable synergie entre le processus de torréfaction et le broyage. Il est en effet connu de l'homme du métier que la torréfaction s'accompagne d'une fragilisation de la structure lignocellulosique et facilite le broyage ultérieur.

- 25 L'implantation dans l'unité d'un broyeur fonctionnant au sein d'un lit fluidisé opéré aux conditions opératoires de la torréfaction permet d'optimiser le fonctionnement dudit broyeur qui reçoit une majorité de particules torréfiées, c'est à dire plus précisément, une majorité de particules ayant séjourné aux conditions de la torréfaction.

- 30 De plus, la différenciation des vitesses de fluidisation entre la zone inférieure (1) et la zone supérieure de l'unité (3) permet de libérer la zone inférieure des particules fines, c'est à dire celles qui ont atteint une taille inférieure à 1mm, ce qui ne serait pas le cas en l'absence d'une

fluidisation différenciée qui pourrait laisser séjourner les particules fines formées au voisinage du broyeur.

EXEMPLES

5

Le premier exemple concerne une unité selon l'invention travaillant à pression atmosphérique et traitant des particules de biomasse sous la forme de plaquettes forestières de dimension 2cm*3cm*5cm avec une teneur en eau de 35 % poids en vue d'obtenir des particules de taille inférieure à 500 microns et de teneur en eau inférieure à 5% poids.

10 Le débit de charge biomasse à traiter est de: 20 000 tonnes/an soit 2,31 tonnes/heure.

L'unité de torréfaction et de broyage selon l'invention correspond à un secteur conique d'angle au sommet (β) de 90° et a les dimensions suivantes:

Hauteur totale: 2,5 m

15 Diamètre maximal (en zone supérieure): 4,6 m

Diamètre du broyeur:(zone inférieure): 0,5 m

Diamètre zone intermédiaire: de 0,5 et 3,6 m

Diamètre zone supérieure: de 3,6 à 4,6 m

Angle (α) de la paroi inclinée/ verticale: 43°

20 Vitesse de fluidisation en zone 1 et 2: 27,3 cm/s

Vitesse de fluidisation en zone 3: 6,3 cm/s

Fraction vide moyenne du lit fluidisé: 0,47

Temps de séjour moyen des particules: 20 minutes

Débit de gaz en zone 1 et 2: 1305 Nm³/heure

25 Débit de gaz extrait en zone 3: 190 Nm³/heure

Le dimensionnement des organes de fluidisation pour les zones inférieure, intermédiaire et supérieure est effectué à partir du critère de perte de charge à la traversée dudit organe choisi égal à 0,5 fois le poids du lit ramené à la section de la zone considérée, et en recherchant des vitesses de gaz en sortie de chaque orifice comprises entre 40 m/s et 70 m/s. On choisit une

30 simple grille perforée d'orifices.

Ce qui donne pour les zones inférieure et intermédiaire:

- diamètre d' orifice: 5,6 mm et 590 orifices par m² de section de grille

et pour la zone supérieure:

- diamètre d'orifice 4,0 mm et 410 orifices par m^2 de section de grille

Le second exemple concerne une unité selon l'invention travaillant sous une pression de 30 bars et traitant des particules de biomasse sous la forme de plaquettes forestières de dimension
 5 2cm*3cm*5cm, ayant une teneur en eau de 40% poids en vue d'obtenir des particules de taille inférieure à 500 microns et de teneur en eau inférieure à 5% poids.

Le débit de charge biomasse à traiter est de 40 000 tonnes/ an soit 4,62 tonnes/heure.

L'unité de torréfaction et de broyage selon l'invention correspond à un secteur conique d'angle au sommet (β) de 90° et a les dimensions suivantes:

10

Hauteur totale: 3,4 m

Diamètre maximal (en zone supérieure): 5,0 m

Diamètre du broyeur:(zone inférieure): 0,6 m

Diamètre zone intermédiaire: de 0,5 et 4,2 m

15 Diamètre zone supérieure: de 4,2 à 5,0 m

Angle (α) de la paroi inclinée/ verticale: 36°

Vitesse de fluidisation en zone 1 et 2: 12,0 cm/s

Vitesse de fluidisation en zone 3: 4,3 cm/s

Fraction vide moyenne du lit fluidisé 0,47

20 temps de séjour moyen des particules: 15 minutes

Débit de gaz en zone 1 et 2 24430 Nm³/heure

Débit de gaz extrait en zone 3 3500 Nm³/heure

Le dimensionnement des organes de fluidisation pour les zones inférieure intermédiaire et
 25 supérieure est effectué à partir du critère de perte de charge à la traversée dudit organe égal à 0,5 fois le poids du lit ramené à la section de la zone considérée, et en recherchant des vitesses de gaz en sortie de chaque orifice comprises entre 40 m/s et 70 m/s.

On choisit une simple grille perforée d'orifices.

Ce qui donne pour les zones inférieure et intermédiaire:

30 - diamètre d' orifice: 6,0 mm et 695 orifices par m^2 de section de grille

et pour la zone supérieure:

- diamètre d'orifice 3,0 mm et 215 orifices par m^2 de section de grille.

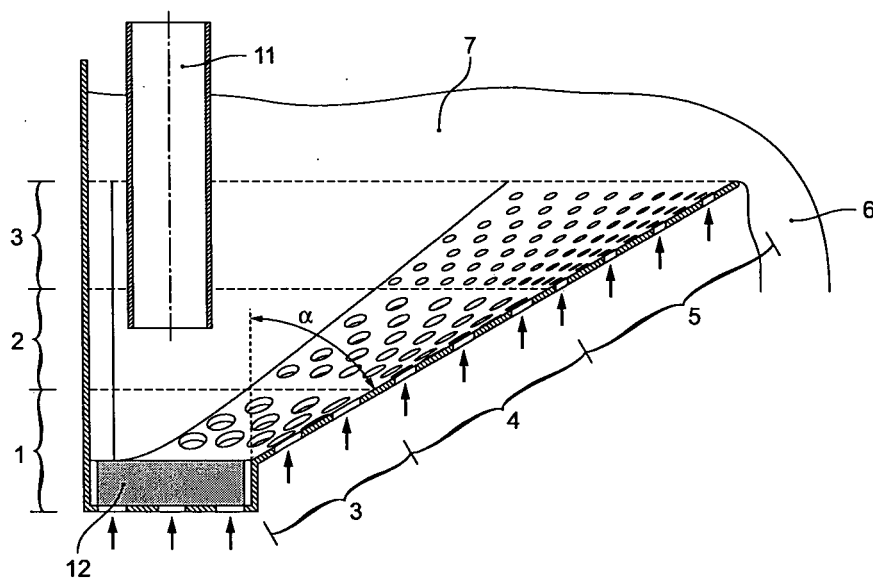
REVENDICATIONS

- 1- Unité de torréfaction et de broyage en lit fluidisé de particules de biomasse de plus grande dimension comprise entre 2 cm et 5 cm, constituée d'une enveloppe ayant la forme générale d'un secteur présentant a) deux parois sensiblement verticales (P1), (P2), l'angle (β) des parois (P1) et (P2) délimitant ledit secteur étant compris entre 30° et 360°, et préférentiellement compris entre 45° et 360°, et b) au moins une paroi inclinée (P3), définissant en allant de bas en haut trois zones :
- 10 - une zone inférieure (1) munie d'un moyen de fluidisation adapté à la fluidisation de particules de taille comprises entre 2 mm et 5 mm, et équipée d'un broyeur placé au fond de la dite zone,
- une zone intermédiaire (2), munie d'un moyen de fluidisation adapté à la fluidisation de particules de taille comprise entre 1 et 2 mm,
- 15 - une zone supérieure (3) munie d'un moyen de fluidisation adapté à la fluidisation des particules de taille inférieure à 1 mm,
- la tubulure d'introduction (11) des particules à traiter plongeant à l'intérieur de l'unité au niveau de la zone intermédiaire (2), et l'angle (α) de la paroi inclinée (P3) par rapport à la verticale étant compris entre 30° et 60°.
- 20
- 2-Unité de torréfaction et de broyage de particules de biomasse en lit fluidisé selon la revendications 1, dans laquelle l'angle (α) de la paroi inclinée par rapport à la verticale est compris entre 35° et 45° .
- 25
- 3-Unité de torréfaction et de broyage de particules de biomasse en lit fluidisé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle le diamètre du broyeur est tel que la distance entre les extrémités dudit broyeur et la paroi de la zone inférieure (1) la plus proche est compris entre 0,5 et 2 fois le diamètre des plus grosses particules présentes dans la zone inférieure (1) de l'unité.
- 30
- 4-Unité de torréfaction et de broyage de particules de biomasse en lit fluidisé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle l'organe de fluidisation (3) de la zone inférieure (1), l'organe de fluidisation (4) de la zone intermédiaire (2), et l'organe de fluidisation (5) de la zone supérieure (3) génèrent une perte de charge comprise entre 0,2 et
- 35 1,5 fois le poids du lit de particules rapporté à la section de la zone considérée, et

préférentiellement comprise entre 0,3 et 1,0 fois le poids du lit de particules rapporté à la section de la zone considérée.

- 5-Unité de torréfaction et de broyage de particules de biomasse en lit fluidisé selon l'une
5 quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle le broyeur possède des protrusions contondantes sur le stator (8) et des protrusions contondantes correspondantes sur le rotor (10), de manière que l'entrefer entre ces protrusions soit compris entre 1,0 et 1,5 fois la taille des particules à obtenir en sortie d'unité.
- 10 6-Procédé de torréfaction et de broyage de particules de biomasse en lit fluidisé utilisant l'unité selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la température à l'intérieur de ladite unité est comprise entre 230 °C et 300°C, et préférentiellement comprise entre 250°C et 280°C et,
- la vitesse de fluidisation dans la zone inférieure (1) de ladite unité est comprise entre 1,3 et
15 2,5 fois la vitesse minimale de fluidisation des particules dont le diamètre est compris entre 1 et 2 mm et,
- la vitesse de fluidisation dans la zone intermédiaire (2) de ladite unité est comprise entre 1,3 et 2,0 fois la vitesse minimale de fluidisation des particules dont le diamètre est compris entre 1 et 2 mm et,
20 - la vitesse de fluidisation dans la zone supérieure (3) de ladite unité est comprise entre 1,3 et 1,5 fois la vitesse minimale de fluidisation des particules dont le diamètre est inférieure à 1 mm.
- 7-Procédé de torréfaction et de broyage de particules de biomasse en lit fluidisé utilisant
25 l'unité selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le temps de séjour moyen des particules de biomasse les plus grosses présentes dans ladite unité est compris entre 10 et 40 minutes, et préférentiellement compris entre 15 et 30 minutes.

Figure 1



2/3

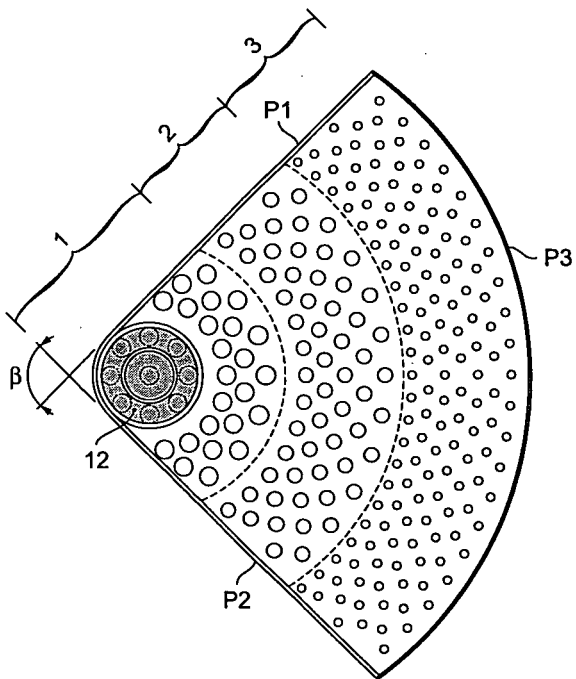


Figure 2

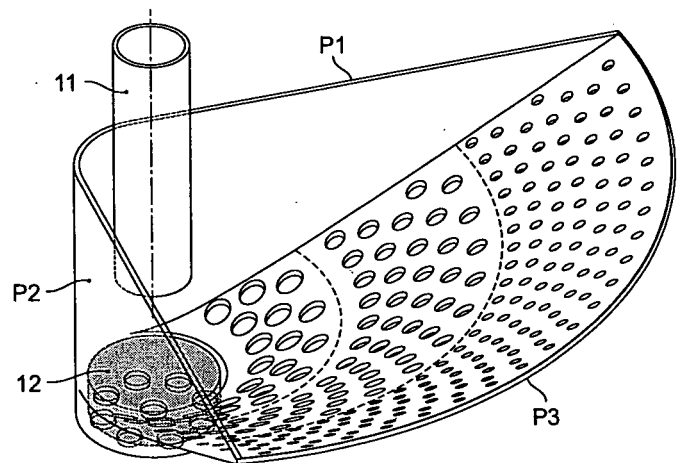


Figure 3

Figure 4

