

(19)



(11)

EP 2 467 661 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
17.07.2013 Bulletin 2013/29

(51) Int Cl.:
F26B 5/00 (2006.01) **F26B 5/04** (2006.01)
F26B 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10741999.6**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2010/061818

(22) Date de dépôt: **13.08.2010**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/020787 (24.02.2011 Gazette 2011/08)

(54) **DISPOSITIF DE TRAITEMENT DE BIOMASSE HUMIDE PAR FRITURE**

VORRICHTUNG ZUR VERARBEITUNG VON NASSER BIOMASSE MITTELS BRENNEN

DEVICE FOR PROCESSING WET BIOMASS BY FRYING

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **18.08.2009 FR 0955698**

(43) Date de publication de la demande:
27.06.2012 Bulletin 2012/26

(73) Titulaire: **Ecole Nationale Supérieure Des
Techniques
Industrielles Et Des Mines D'Albi-Carmaux
LBI-CARMAUX
81013 Albi CT Cedex 09 (FR)**

(72) Inventeurs:
• **LECOMTE, Didier**
F-81000 Albi (FR)
• **HAMASAIID, Anwar**
F-81000 Albi (FR)

- **POUSSIN, Jean-Claude**
F-81430 Le Fraysse (FR)
- **AUDUC, Bernard**
F-81000 Albi (FR)
- **LADEVIE, Bruno**
F-81150 Marsac (FR)
- **ROMDHANA, Med Hedi**
F-81000 Albi (FR)

(74) Mandataire: **Fourcade, Emmanuelle**
Schmit-Chrétien SNC
Parc de Basso Cambo
4 Rue Paul Mesplé
31100 Toulouse (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 0 579 095 FR-A- 714 063
FR-A1- 2 015 610 US-A- 3 239 946
US-A- 3 310 881 US-A- 3 314 160
US-A- 3 953 927

EP 2 467 661 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention s'inscrit dans le domaine du traitement de biomasse humide par la technologie de friture. Elle concerne plus particulièrement un dispositif pour un tel traitement.

[0002] On entend dans la présente description par biomasse toute matière de type organique contenant une forte teneur en eau, notamment d'au moins 50 % en masse, quelle que soit son origine. La biomasse à laquelle s'applique l'invention peut par exemple tout aussi bien être une boue, provenant par exemple des stations d'épuration, un déchet des industries papetières, des abattoirs, de l'agriculture, etc., ou une matière d'origine végétale, qu'un aliment, un déchet biologique ou encore une matière sédimentaire telle que le lignite ou la tourbe.

[0003] Un domaine d'application préféré, bien que non limitatif, de l'invention, qui sera plus particulièrement décrit dans la présente description, est celui de la fabrication de combustible solide à partir de biomasse, par déshydratation de cette dernière par friture. L'invention s'applique également de manière similaire à la friture des aliments ou à l'hygiénisation, par exemple des déchets biologiques médicaux, ou à tout autre type de traitement permettant d'obtenir, après friture, un matériau final qui soit notamment solide, stockable et transportable.

[0004] Il a été proposé dans l'art antérieur des dispositifs de fabrication de combustible solide à partir de biomasse humide, utilisant la technologie dite de déshydratation par friture. Une telle technologie est déjà connue en elle-même. Par la mise en contact de la biomasse humide avec de l'huile à une température appropriée, elle permet d'augmenter considérablement le Pouvoir Calorifique Inférieur, ou PCI, de la biomasse frite, jusqu'à environ 15-20 MJ/kg. Ceci est notamment du à l'effet conjugué du séchage et de l'imprégnation de l'huile dans la biomasse pendant la friture. La matière solide obtenue est hygiénisée, stockable, transportable et valorisable en tant que source d'énergie.

[0005] On peut citer à titre d'exemple d'art antérieur le document WO 2009/038252, qui décrit un dispositif comportant une unité de déshydratation contenant un bain d'huile chauffé par un brûleur, dans lequel est introduite la matière à frire, et une unité de refroidissement du combustible obtenu. Un contrôle du temps de séjour de la biomasse dans l'huile est réalisé au moyen d'une vis sans fin ou d'un tapis de convoyage entraînant la matière à frire à l'intérieur d'un tambour cylindrique rempli d'huile. Un tel dispositif présente notamment l'inconvénient de nécessiter un apport d'énergie important pour réaliser la friture permettant de former le combustible. On peut également citer le document FR714063, qui décrit un dispositif de traitement de biomasse humide par friture comportant les caractéristiques du préambule de la revendication 1.

[0006] La présente invention vise à remédier aux inconvénients des dispositifs de traitement de biomasse humide par friture existants, notamment à ceux exposés

ci-avant, en proposant un dispositif qui requiert un faible apport d'énergie pour son fonctionnement, et présente par conséquent un coût de fonctionnement réduit, tout en permettant d'obtenir une matière solide, séparée de l'huile de friture, de teneur en eau parfaitement maîtrisée.

[0007] Un dispositif de traitement de biomasse humide par friture selon l'invention, notamment pour former un combustible solide à partir de cette biomasse, comporte une première cuve, dite de friture, contenant un premier bain d'huile, des moyens aptes à maintenir l'huile de ce premier bain à une température dite de friture assurant la friture de la biomasse, c'est-à-dire à une température notablement supérieure, par exemple d'au moins 5 °C, à la température d'ébullition de l'eau, et des moyens d'introduction de la biomasse dans cette première cuve.

[0008] Ce dispositif comporte une deuxième cuve, dite de séparation, formant des moyens de séparation par décantation gravitaire de la matière solide frite dans le premier bain d'huile et de l'huile, cette deuxième cuve contenant un deuxième bain d'huile de température inférieure à la température de friture. La première cuve et la deuxième cuve sont de volumes communicants, de sorte que les bains d'huile respectifs qu'elles contiennent sont naturellement en communication hydraulique l'un avec l'autre. Le dispositif selon l'invention comporte en outre des moyens de transfert de la matière frite solide, obtenue à partir de la biomasse, de la première cuve dans la deuxième cuve, plus précisément du premier bain d'huile dans le deuxième bain d'huile, et des moyens d'évacuation de la matière frite solide, qui a été séparée de l'huile par décantation gravitaire, hors de la deuxième cuve. Les moyens aptes à maintenir l'huile du premier bain à une température de friture de la biomasse, définie et contrôlée, comportent des moyens de prélèvement d'huile dans la deuxième cuve, des moyens de chauffage de l'huile ainsi prélevée et des moyens d'injection de l'huile ainsi chauffée dans la première cuve.

[0009] On englobe ici par le terme huile tout corps gras fluide, et plus généralement tout fluide présentant pour caractéristiques d'être non miscible à l'eau, stable à une température supérieure à la température d'ébullition de l'eau, et de fort pouvoir calorifique. Sont particulièrement préférés dans le cadre de l'invention, pour une mise en oeuvre pour la fabrication de combustible solide à partir de déchets humides, les huiles et les corps gras obtenus à partir de déchets agro-alimentaires végétaux et animaux, les graisses ou déchets gras des stations d'épuration qui auront été préalablement chauffés et rendus liquides.

[0010] Selon l'invention, la friture de la biomasse à proprement parler est réalisée dans la première cuve, dans laquelle le bain d'huile se trouve à une température suffisante pour assurer cette friture. Il s'y produit, de manière classique en soi, une déshydratation de la biomasse par friture. Cette déshydratation entraîne le dégagement de vapeur d'eau dans la première cuve, au-dessus du bain d'huile. Le combustible solide ainsi obtenu présente, de manière connue en soi, un fort pouvoir calorifique.

[0011] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, le bain d'huile de la première cuve occupe environ un quart de la hauteur de cette dernière.

[0012] Il est réalisé dans la deuxième cuve une séparation de la matière solide frite et de l'huile du bain. Cette séparation est facilitée par la température plus basse de l'huile dans le deuxième bain, qui permet l'arrêt de l'ébullition de l'eau se dégageant de la biomasse.

[0013] Il se produit dans le deuxième bain d'huile un transfert de la chaleur emmagasinée dans la matière solide frite vers l'huile, qui est notamment permis par le temps de séjour relativement long de la matière solide dans le deuxième bain d'huile où se produit la séparation par décantation gravitaire, dont on sait qu'elle implique par nature un temps de séjour du solide dans le fluide d'une certaine durée, en tout cas suffisante pour assurer ce transfert de chaleur. De plus, le premier et le deuxième bain d'huile étant en communication hydraulique l'un avec l'autre, les températures respectives de ces bains restent proches. L'huile du deuxième bain étant utilisée pour réalimenter le bain d'huile de la première cuve, après chauffage, et présentant de ce fait déjà une température relativement élevée, l'apport d'énergie extérieure à fournir pour l'amener à une température adéquate pour assurer la friture de la biomasse avant de l'injecter dans la première cuve est faible. La récupération de la chaleur de la matière frite se produisant au niveau du bain d'huile de la deuxième cuve diminue ainsi avantageusement la consommation d'énergie requise pour la friture.

[0014] Le temps de séjour de la matière frite dans le deuxième bain d'huile, qui détermine en particulier les transferts thermiques s'y produisant, est en outre avantageusement en partie contrôlé par la vitesse d'opération des moyens d'évacuation de la matière solide frite hors de la cuve.

[0015] Les cuves de friture et de séparation fonctionnant en vases communicants, la perte de l'huile prélevée dans la deuxième cuve est compensée par un apport d'huile se réalisant dans le même temps spontanément depuis la première cuve. Les volumes d'huile dans chacune des cuves restent ainsi sensiblement constants. L'invention prévoit en outre avantageusement des moyens de maintien du volume global d'huile contenue dans les deux cuves à une valeur sensiblement constante tout au long du fonctionnement du dispositif.

[0016] En outre, les performances énergétiques du dispositif selon l'invention sont encore améliorées par le choix avantageux, pour assurer la séparation de la matière frite et de l'huile, de la technique de décantation gravitaire, basée sur le phénomène de sédimentation, qui, outre le fait qu'elle assure un temps de séjour de la matière frite dans l'huile suffisamment long pour permettre le transfert de chaleur évoqué ci-dessus, ne requiert en elle-même aucun apport d'énergie pour réaliser la séparation.

[0017] L'huile prélevée du deuxième bain pour être réinjectée, après chauffage, dans le premier bain, est en

outre clarifiée dans le deuxième bain, c'est-à-dire largement débarrassée de particules solides, avant sa circulation dans le circuit de chauffage.

[0018] Un avantage supplémentaire de la technique de décantation est la simplicité mécanique du matériel mis en oeuvre, qui n'implique notamment aucune pièce en mouvement, si bien que le dispositif selon l'invention présente un coût de fabrication réduit, une solidité mécanique importante, et qu'il ne nécessite que peu d'opérations de maintenance.

[0019] En outre, selon une caractéristique avantageuse de l'invention, les moyens de chauffage de l'huile prélevée dans la deuxième cuve comportent des moyens d'extraction de la vapeur d'eau dégagée dans la première cuve lors de la friture, et des moyens d'échange thermique entre l'huile prélevée de la deuxième cuve et cette vapeur d'eau prélevée dans la première cuve.

[0020] La cuve de friture comporte de préférence, dans une partie supérieure en amont d'une ouverture d'extraction de la vapeur d'eau, des dévésiculateurs aptes à éliminer des résidus d'huile de la vapeur d'eau s'échappant au-dessus du premier bain d'huile lors de la friture.

[0021] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, le dispositif comporte en outre des moyens de compression mécanique de la vapeur d'eau dégagée lors de la friture, en amont des moyens d'échange thermique entre la vapeur ainsi compressée et l'huile entraînée en circulation de la deuxième cuve vers la première cuve.

[0022] Le dispositif selon l'invention présente de ce fait avantageusement un besoin énergétique relativement faible. Après un chauffage initial de l'huile dans le premier bain d'huile de manière à lui conférer une température adéquate pour réaliser la friture, ce dispositif ne nécessite, pour entretenir son fonctionnement, qu'un apport d'énergie extérieure très réduit, réalisé notamment par l'intermédiaire d'un élément chauffant disposé sur le circuit de circulation de l'huile entre la deuxième cuve et la première cuve, de préférence au niveau des moyens d'échange thermique avec la vapeur d'eau. On obtient, en sortie du dispositif selon l'invention, une matière frite séparée de l'huile, ceci avec un besoin énergétique limité, bien inférieur à celui des dispositifs de l'art antérieur.

[0023] Le fonctionnement du dispositif selon l'invention, notamment la circulation d'huile entre les deux baigns, est avantageusement mis en oeuvre en continu, permettant un rendement énergétique maximal.

[0024] Les moyens d'injection de biomasse dans la première cuve, les moyens de transfert de la matière frite dans la deuxième cuve, et les moyens d'évacuation de cette matière hors de cette dernière sont également avantageusement aptes à être opérés en continu.

[0025] Dans le cadre de la mise en oeuvre du dispositif selon l'invention pour la fabrication d'un combustible solide, on atteint un bilan énergétique global tout à fait avantageux, puisqu'il est possible de fabriquer, par des moyens impliquant une faible consommation d'énergie, un combustible solide présentant un fort pouvoir calorifique. Le dispositif selon l'invention permet d'obtenir un ratio entre

l'énergie consommée et l'énergie théoriquement nécessaire pour fabriquer le combustible, liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau contenue dans la biomasse, pouvant être aussi faible que 0,4, alors que dans les procédés de séchage industriels proposés par l'art antérieur, ce ratio est généralement compris entre 1,25 et 2,5.

[0026] Selon l'invention, le dispositif comporte en outre des moyens de contrôle du temps de séjour de la biomasse dans le premier bain d'huile, permettant le contrôle de la teneur en eau finale de la matière frite, et de son taux d'imprégnation d'huile.

[0027] Ces moyens de contrôle comportent une roue à aube tournante disposée dans le premier bain d'huile et apte à déplacer la biomasse depuis une zone d'introduction de ladite biomasse dans la première cuve jusqu'à une fenêtre de sortie vers la deuxième cuve, qui est de préférence formée dans une paroi inférieure de la première cuve. Un tel mode de réalisation offre notamment l'avantage d'un contrôle très bien maîtrisé de la teneur en eau du combustible final. La roue forme de préférence, entre des pales rotatives et un cadre supérieur perforé qu'elle comporte, des compartiments de réception et de transport de la biomasse, de formes sensiblement identiques et de volumes réduits.

[0028] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, les moyens de contrôle du temps de séjour de la biomasse dans le bain d'huile comportent au moins une, de préférence une pluralité, de pales qui sont solidaires par un bord latéral interne d'un arbre central articulé en rotation sur lui-même et disposé dans la première cuve sensiblement perpendiculairement à une paroi inférieure de cette dernière. Ces pales s'étendent, depuis la paroi inférieure, dans un volume interne de réception du bain d'huile de la cuve, et elles atteignent sensiblement, par un bord latéral externe opposé, la paroi périphérique de la cuve délimitant également ce volume interne. Le dispositif selon l'invention comporte également des moyens de contrôle de la rotation de cet arbre central.

[0029] Préférentiellement, la roue comporte une pluralité de pales disposées à intervalles réguliers les unes des autres, et définissant entre elles des compartiments de section sensiblement triangulaire.

[0030] Le dispositif selon l'invention comporte en outre de préférence des moyens d'entraînement de la roue en des mouvements de rotation discrets, permettant avantageusement un meilleur contrôle du taux de déshydratation de la biomasse. Ces moyens comportent par exemple un jeu de cames actionnables en translation dans une direction transversale à l'aube (ou arbre central) de la roue, alternativement dans des directions opposées, ces cames étant disposées et configurées de telle sorte que leur mouvement de translation entraîne la rotation discrète d'un disque solidaire en rotation de l'aube de la roue par la mise en prise ponctuelle des cames successivement avec chacun d'un jeu de galets fixés au disque.

[0031] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, les moyens de transfert de matière frite solide de la première cuve dans la deuxième cuve sont constitués par un conduit opérant par gravité et réalisant également la communication entre le premier bain d'huile et le deuxième bain d'huile. Une telle caractéristique confère notamment au dispositif une structure simple, puisque le même élément, c'est-à-dire le conduit, assure en même temps d'une part la communication hydraulique entre la première et la deuxième cuve, et d'autre part le transfert de la matière frite entre les deux cuves, d'un bain à l'autre. En outre, un tel transfert, opérant uniquement par gravité, ne requiert en lui-même aucun apport d'énergie. Ce conduit présente de préférence une longueur suffisamment faible pour minimiser l'encombrement généré par le dispositif selon l'invention, mais suffisamment importante pour permettre un léger refroidissement de l'huile circulant en son intérieur entre la première et la deuxième cuve, de sorte à bloquer le phénomène d'ébullition de l'huile circulant vers le deuxième bain et à assurer de ce fait que la séparation par décantation de la matière solide frite et de l'huile dans le deuxième bain d'huile se produise de façon optimale. Une telle caractéristique permet notamment d'atteindre un objectif supplémentaire de l'invention qui est d'assurer, par des moyens simples de mise en oeuvre facile, une bonne séparation de la matière frite solide et de l'huile.

[0032] Dans un tel mode de réalisation, afin d'atteindre d'autant mieux cet objectif, le dispositif est de préférence dimensionné de sorte à assurer une diminution importante de la vitesse d'entraînement hydraulique de la matière frite et de l'huile issues du premier bain à leur arrivée dans le deuxième bain, si bien que la séparation par décantation gravitaire dans le deuxième bain est améliorée. Préférentiellement, le rapport entre le volume du deuxième bain et le volume du premier bain est compris entre 1,5 et 4, et de préférence environ égal à 2.

[0033] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, la deuxième cuve est disposée sous la première cuve, le conduit relie une paroi inférieure de la première cuve et une partie supérieure de la deuxième cuve, et les moyens d'évacuation de la matière frite solide hors de la deuxième cuve opèrent au niveau d'une partie inférieure opposée de la deuxième cuve. De telles caractéristiques favorisent notamment avantageusement le phénomène de décantation de la matière solide se produisant dans la deuxième cuve.

[0034] De telles caractéristiques du dispositif selon l'invention se combinent en outre tout à fait avantageusement avec les moyens de contrôle du temps de séjour de la biomasse dans le premier bain d'huile selon l'invention, et dans lesquels une roue à aube tournante est prévue pour entraîner la biomasse depuis une zone d'introduction dans la première cuve jusqu'à une fenêtre de sortie vers la deuxième cuve. Cette fenêtre est alors avantageusement disposée dans une paroi inférieure de la cuve, à l'aplomb du conduit qui assure directement et rapidement le transfert de la matière frite jusqu'à la

deuxième cuve.

[0035] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, le conduit débouche dans une partie supérieure de la deuxième cuve et il se prolonge à l'intérieur de cette dernière par un tube plongeur en atteignant une partie inférieure opposée, de préférence à proximité d'une ouverture d'évacuation de la matière solide frite hors de la deuxième cuve. Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, ce tube plongeur est muni d'ailettes inclinées en direction de la partie inférieure de la deuxième cuve, de manière à empêcher la matière solide de remonter vers la partie supérieure de la cuve, favorisant ainsi avantageusement la décantation.

[0036] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, visant à atteindre une température entre l'huile dans la deuxième cuve qui soit favorable à un fonctionnement optimal du dispositif selon l'invention, en termes de rendement énergétique et de performance de décantation, il est prévu au niveau du conduit reliant les deux cuves l'une à l'autre des moyens de refroidissement d'huile. Ces moyens peuvent présenter toute forme connue en elle-même de l'homme du métier, par exemple un échangeur à eau.

[0037] De façon générale, le dispositif selon l'invention est avantageusement configuré et opéré de manière à obtenir une température adéquate de l'huile dans la deuxième cuve, c'est-à-dire une température suffisamment faible pour stopper l'ébullition de l'eau de la biomasse provenant de la première cuve et favoriser ainsi le phénomène de décantation, et en même temps suffisamment élevée pour assurer une consommation d'énergie extérieure la plus basse possible pour entretenir le fonctionnement du dispositif.

[0038] De préférence, la deuxième cuve présente en outre une hauteur importante et elle est sensiblement entièrement remplie d'huile, ce qui favorise également l'obtention d'une différence de température adéquate entre l'huile située en partie supérieure de la cuve, qui se trouve à une température sensiblement égale à celle du premier bain d'huile contenu dans la première cuve, et l'huile située dans sa partie inférieure, au niveau de l'ouverture d'évacuation de la matière solide. Le dispositif selon l'invention est de préférence configuré et mis en oeuvre de manière à assurer une différence de température de l'huile entre la partie inférieure et la partie supérieure de la deuxième cuve qui soit comprise entre 2 et 5 °C. La différence de pression entre la partie inférieure de la deuxième cuve, où elle est légèrement plus élevée, et sa partie supérieure, où elle est plus basse, favorise en outre l'arrêt de l'ébullition lorsque la matière frite parvient dans cette partie inférieure.

[0039] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, le dispositif comporte en outre de préférence des moyens de mise sous pression réduite à l'intérieur de la première cuve, par exemple de manière à y obtenir une pression d'environ 0,5 bars. Il en résulte avantageusement un abaissement de la température nécessaire pour provoquer l'ébullition de l'huile dans cette cuve. Ces

moyens de mise sous pression réduite sont notamment avantageusement constitués par le compresseur mécanique de vapeur qui est prévu selon l'invention dans le circuit de récupération de l'énergie de la vapeur d'eau dégagée lors de la friture.

[0040] Dans de tels modes de réalisation, le dispositif comporte avantageusement des moyens aptes à assurer l'étanchéité du dispositif à basse pression, en particulier au niveau des moyens d'introduction de la biomasse dans la première cuve et des moyens d'évacuation de la matière frite hors de la deuxième cuve. Ces moyens de contrôle de l'étanchéité peuvent par exemple se présenter sous forme de sas associés à des systèmes d'alimentation et / ou d'extraction à vis.

[0041] De préférence, la circulation d'huile et la circulation de la vapeur d'eau s'effectue dans des circuits bien distincts.

[0042] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, le dispositif comporte des moyens de maintien d'un niveau d'huile sensiblement constant dans la première cuve, de préférence à environ 25 % du volume interne de la cuve, par introduction d'huile froide dans la deuxième cuve. Cette introduction d'huile froide est de préférence asservie à un indicateur de niveau d'huile disposé dans la première cuve, et elle s'effectue de préférence dans une partie inférieure de la deuxième cuve, de préférence à proximité de l'orifice de sortie de la matière frite, de manière à favoriser l'arrêt de l'ébullition.

[0043] Préférentiellement, les moyens d'introduction de la biomasse dans la première cuve comportent une filière d'extrusion disposée à travers une paroi de cette première cuve et présentant des zones coupantes sur une face arrière opposée au premier bain d'huile, ainsi que des moyens d'alimentation de cette filière en biomasse.

[0044] L'invention sera maintenant plus précisément décrite dans le cadre de modes de réalisation préférés, qui n'en sont nullement limitatifs, représentés sur les figures 1 à 9, dans lesquelles :

- la figure 1 représente une vue en perspective d'un dispositif selon l'invention ;
- la figure 2 montre une vue détaillée des moyens de contrôle du temps de séjour de la biomasse dans l'huile d'un dispositif selon l'invention ;
- la figure 3 représente une vue en coupe partielle d'une cuve de séparation d'un dispositif selon l'invention ;
- la figure 4 montre une vue schématique d'un dispositif selon l'invention illustrant un chemin de circulation de l'huile ;
- la figure 5 représente en vue de dessus des moyens de contrôle de la rotation d'une roue à aube tournante d'un dispositif selon l'invention ;
- la figure 6 montre de façon plus détaillée en vue de dessus le système de cames des moyens de contrôle de la rotation d'une roue à aube tournante de la figure 5 ;

- la figure 7 illustre en vue de côté les moyens de contrôle de la figure 5 ;
- la figure 8 représente une face avant d'une filière d'extrusion d'un dispositif selon l'invention ;
- et la figure 9 montre une vue en coupe selon le plan A-A de la filière de la figure 9.

[0045] Un dispositif de traitement de biomasse humide par friture selon l'invention est représenté sur la figure 1, dans sa position normale d'utilisation. On a représenté sur cette figure en pointillés, pour des raisons de clarté d'explication, les éléments intérieurs aux cuves entrant dans la constitution de ce dispositif.

[0046] Ce dispositif est constitué essentiellement d'éléments formés en matière métallique.

[0047] Il comporte une première cuve, dite de friture 1, qui présente de préférence une forme sensiblement cylindrique, et dont un volume interne est délimité dans son fond par une paroi inférieure 101, et latéralement par une paroi périphérique 102. A une extrémité supérieure opposée à la paroi inférieure 101, la cuve est fermée par un couvercle 103, qui en est rendu solidaire par fixation, et qui présente de préférence une forme conique. Une ouverture 104 est percée dans ce couvercle, de préférence sensiblement en son centre, au niveau du sommet du cône.

[0048] La cuve 1 contient dans son fond un bain d'huile 108, qui peut par exemple atteindre une hauteur comprise entre un quart et un tiers de la hauteur de la cuve. Le niveau supérieur de ce bain d'huile est désigné par la référence 107 sur la figure.

[0049] La cuve 1 comporte des moyens de contrôle du temps de séjour de la biomasse dans l'huile. Ces moyens comportent un système à roue à aube tournante disposée dans le fond de la cuve 1, dans le bain d'huile 108. Ce système sera décrit de façon plus détaillée en référence à la figure 2 plus avant dans la description.

[0050] La cuve 1 est alimentée en biomasse par des moyens d'introduction qui comportent par exemple, dans le mode de réalisation représenté sur la figure, une trémie d'alimentation 111 reliée à des moyens 112 de poussée de la biomasse à travers une filière d'extrusion 113 disposée dans une ouverture ménagée à cet effet dans la paroi périphérique 102 de la cuve 1, de préférence dans le bas de cette dernière. Tous moyens de poussée de la biomasse dans la cuve 1 classiques en eux-mêmes entrent dans le cadre de l'invention. L'introduction de biomasse peut également par exemple, dans une variante, être effectuée par une ouverture ménagée dans le fond de la cuve 1, à travers la paroi inférieure 101.

[0051] La cuve 1 est en outre pourvue dans sa paroi inférieure 101 d'une fenêtre 105 définissant de préférence un secteur angulaire de la paroi.

[0052] Comme on peut le voir de façon plus détaillée sur la figure 2, la fenêtre 105 est légèrement décalée périphériquement dans la cuve par rapport à l'ouverture d'introduction de la biomasse, illustrée par la référence 106 sur la figure, d'un angle environ compris entre 30 et

90 degrés.

[0053] Un arbre central rotatif 122 est disposé au centre de la cuve 1, de manière à s'étendre depuis le fond de la cuve sensiblement perpendiculairement à la paroi inférieure 101. La cuve 1 est associée à des moyens d'entraînement contrôlé de l'arbre en rotation sur lui-même, dont un mode de réalisation sera décrit de façon plus détaillée plus avant dans la présente description.

[0054] Dans le fond de la cuve 1, au moins une pale 121 est fixée sur l'arbre 122, par un bord latéral dit interne 141, de manière à en être solidaire en rotation. Cette pale 121 est disposée dans la cuve de manière à s'étendre, au-dessus de la paroi inférieure 101, sensiblement perpendiculairement à cette paroi, en direction du sommet de la cuve, et de telle sorte qu'elle vienne sensiblement, par un bord latéral dit externe opposé 142, sensiblement contre la paroi périphérique 102 de la cuve. On entend ici par sensiblement le fait que la pale 121 est apte à se déplacer à l'intérieur de la cuve, entraînée par l'arbre rotatif 122 dont elle est solidaire, sans pour autant exercer de frottements contre d'une part la paroi périphérique 102 et d'autre part la paroi inférieure 101 de la cuve, et tout en étant suffisamment proche de ces parois respectives pour qu'il ne subsiste entre elles aucun intervalle qui soit suffisamment grand pour laisser circuler la biomasse.

[0055] Sur la figure 2, pour plus de clarté, l'arbre 122 n'a pas été représenté, mais il est illustré par sa cavité de réception 143 formée entre les pales au centre du fond de la cuve.

[0056] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, le dispositif comporte une pluralité de pales 121. Dans l'exemple représenté sur les figures, ces pales sont au nombre de huit, un tel nombre n'étant cependant nullement limitatif de l'invention. Ces pales 121 sont disposées à des intervalles angulaires réguliers les unes des autres, et elles définissent entre elles des compartiments de section de forme sensiblement triangulaire 144. L'ouverture 106 d'introduction de la biomasse dans la cuve 1 est disposée sous le niveau supérieur des compartiments 144. Un cadre grillagé, qui n'est pas représenté sur les figures, est de préférence disposé juste au-dessus des pales 121, de manière à délimiter les compartiments 144 dans leur partie supérieure, et à maintenir la biomasse dans ces compartiments dans le fond de la cuve 1, immergée dans le bain d'huile 108.

[0057] Un indicateur du niveau d'huile, qui n'est pas représenté sur les figures, est disposé dans la cuve 1. Cet indicateur est classique en lui-même, et peut prendre toute forme connue de l'homme du métier.

[0058] Des dévésiculeurs, qui n'ont pas non plus été représentés sur les figures pour des raisons de clarté, sont disposés dans la cuve 1, dans une partie supérieure de cette dernière. Ces dévésiculeurs peuvent prendre toute forme connue de l'homme du métier, par exemple des tricots ou des matelas métalliques. Ils permettent d'éliminer les résidus d'huile de la vapeur d'eau se formant lors de la friture dans la cuve 1 et se dirigeant vers

le sommet de cette dernière, pour s'en échapper par l'ouverture 104.

[0059] En référence à la figure 1, le dispositif comporte, sous la cuve 1, des moyens 3 de transfert de la biomasse vers une deuxième cuve 2, dite séparateur, disposée sous la première cuve 1. Ces moyens se présentent sous la forme d'un conduit 31, de préférence sensiblement rectiligne, reliant la fenêtre 105 de la première cuve 1 à la deuxième cuve 2.

[0060] Le conduit 31 peut être associé à des moyens de refroidissement de l'huile circulant en son intérieur, par exemple sous la forme d'un échangeur thermique illustré de façon schématique sur la figure et désigné par la référence 32.

[0061] La cuve de séparation, ou séparateur 2 présente de préférence une forme sensiblement cylindrique de large diamètre. Il est délimité à une extrémité supérieure par une paroi supérieure 201 et à une extrémité inférieure opposée par une paroi inférieure en forme d'entonnoir 202 délimitant en son intérieur un volume de contour sensiblement conique 203 dans le fond du séparateur.

[0062] Le séparateur 2 est représenté de façon plus détaillée sur la figure 3. En son intérieur, le conduit 31 se prolonge, à travers la paroi supérieure 201, par un tube plongeur 204 qui s'étend sensiblement verticalement dans le séparateur, jusqu'à atteindre le volume inférieur conique 203 par une extrémité inférieure ouverte 205.

[0063] Sur la surface périphérique externe du tube plongeur 204 sont fixées des ailettes 206, qui présentent par exemple une forme plate sensiblement triangulaire s'évasant en éloignement du tube 204 et inclinées, depuis leur zone de fixation à ce dernier, en direction du volume inférieur 203 du séparateur, suivant un angle qui peut être par exemple, comme illustré sur la figure, environ égal à 45 degrés. Ces ailettes sont de préférence dimensionnées de manière à s'étendre sensiblement jusqu'à une paroi périphérique 207 délimitant le séparateur 2. Dans l'exemple particulier illustré sur les figures, le séparateur comporte trois rangées comprenant chacune quatre ailettes 206, disposées en outre de façon telle que les ailettes d'une première rangée soient décalées angulairement par rapport aux ailettes d'une seconde rangée, et ainsi de suite, de sorte à occuper ensemble au final toute la surface circulaire du séparateur. Ces ailettes empêchent avantageusement toute matière solide contenue dans le fond du séparateur de remonter vers sa partie supérieure.

[0064] L'invention ne se limite cependant pas à un tel nombre et à une telle disposition des ailettes, toute autre configuration entrant également dans le cadre de l'invention dans la mesure où elle permet d'atteindre le résultat précité.

[0065] A l'extrémité inférieure 208 du séparateur 2, correspondant sensiblement au sommet du cône formé par la paroi inférieure 202, il est ménagé dans cette paroi une ouverture 209 permettant le passage de matière solide jusqu'à des moyens d'évacuation en continu de cette

matière, qui sont désignés globalement par la référence 210 sur la figure 1. Ces moyens d'évacuation peuvent être de tout type. Il s'agit par exemple d'un mécanisme d'extrusion étanche, par exemple une vis sans fin équipée à son extrémité d'un sas permettant d'évacuer la biomasse frite en conservant une pression réduite dans le système.

[0066] Le séparateur 2 contient un bain d'huile 211, qui remplit de préférence sensiblement entièrement son volume interne, et qui est communicant avec le premier bain d'huile 108.

[0067] Un réservoir 51 contenant de l'huile froide est relié à un tuyau 52 qui débouche, à une extrémité opposée 53, dans le volume inférieur 203 du séparateur. Le tuyau 52 est associé, entre le réservoir 51 et le séparateur 2, à une vanne 54. Cette vanne est de préférence commandée automatiquement en ouverture et en fermeture, par des moyens classiques en eux-mêmes, en fonction de l'information relevée par l'indicateur de niveau disposé dans la cuve 1.

[0068] Le dispositif selon l'invention est en outre pourvu de moyens de circulation d'huile en continu dans un circuit fermé reliant la cuve 1 et le séparateur 2 de la manière exposée ci-après.

[0069] Un mode de réalisation de ce circuit de circulation d'huile est représenté de façon simplifiée sur la figure 1, et de façon schématique plus détaillée sur la figure 4.

[0070] Une première canalisation 401 débouchant par une première extrémité 402 à l'intérieur du séparateur 2, dans un volume interne supérieur de ce dernier, est branchée par une seconde extrémité opposée 403 à une deuxième canalisation 404, dans une partie médiane de cette dernière.

[0071] La première canalisation 401 est associée à une pompe 405 assurant la circulation d'huile en son intérieur. Cette pompe est de préférence choisie à débit variable.

[0072] La deuxième canalisation 404 débouche à une première extrémité 406 dans une partie inférieure d'un réservoir tampon rempli d'huile 407. Depuis cette première extrémité 406, au-delà de la zone d'intersection avec la première canalisation 401, cette deuxième canalisation 404 traverse des moyens de chauffage de l'huile circulant en son intérieur, par exemple sous forme d'un échangeur de chaleur 408, avant de venir déboucher, par une seconde extrémité 409 opposée à la première extrémité 406, dans une partie supérieure du réservoir tampon 407.

[0073] La circulation d'huile dans la deuxième canalisation 404 est assurée par une pompe 410, classique en elle-même, et qui est de préférence choisie pour présenter un fort débit.

[0074] L'échangeur de chaleur 408 est de préférence associé à un élément chauffant 408', qui constitue une source d'énergie supplémentaire pour le chauffage de l'huile circulant dans la deuxième canalisation 404. Cet élément chauffant peut être de tout type, en étant entendu qu'il est privilégié dans le cadre de l'invention la mise

en oeuvre de moyens peu coûteux en apport d'énergie. On privilégiera par exemple pour alimenter cet élément chauffant des sources d'énergie solaire.

[0075] Des moyens 411 de préchauffage de l'huile circulant dans la deuxième canalisation 404 en vue de la mise en route initiale du dispositif, disposés entre la première extrémité 406 de cette canalisation et l'échangeur de chaleur 408, peuvent également être compris dans le dispositif selon l'invention.

[0076] Une troisième canalisation 412 relie quant à elle, par une première extrémité 413, une extrémité supérieure du réservoir tampon 407, à la cuve 1 dans laquelle elle débouche par une seconde extrémité opposée 414. Un débitmètre 415 est disposé sur cette troisième canalisation 412.

[0077] Le sens de déplacement de l'huile dans ce double circuit est indiqué par les flèches répondant aux références suivantes sur la figure 4. L'huile extraite du séparateur 2 est amenée, suivant la direction 416, par la première canalisation 401, jusqu'à la deuxième canalisation 404, à une vitesse de préférence lente. Elle circule dans cette dernière selon la direction 417, c'est-à-dire depuis la partie inférieure du réservoir tampon 407, à travers l'échangeur de chaleur 408 associé l'élément chauffant 408', jusqu'à une partie supérieure du réservoir tampon 407. Sa vitesse de circulation dans cette canalisation 404 est de préférence rapide, de manière à favoriser l'échange thermique au niveau de l'échangeur 408. Dans la troisième canalisation 412, l'huile circule enfin, de préférence à faible vitesse, selon la direction 418, depuis l'extrémité supérieure du réservoir tampon 407 jusqu'à la cuve de friture 1.

[0078] La troisième canalisation 412 débouche de préférence dans la cuve 1 en affleurant la surface interne de la paroi périphérique 102 de cette dernière, de sorte que l'huile injectée dans la cuve par cette canalisation y tombe en formant un film sur la surface interne de cette paroi périphérique, et ne dérange par conséquent pas la surface du bain d'huile 108 en y créant des remous.

[0079] Un tube 420 est fixé, par une première extrémité 421, sur l'ouverture 104 ménagée au sommet de la cuve 1, au-dessus des dévésiculeurs. Ce tube est destiné à amener la vapeur d'eau dégagée lors de la friture de la biomasse dans la cuve 1, jusqu'à un compresseur mécanique de vapeur 422, par exemple un compresseur à lobe, qui la compresse, puis jusqu'à l'échangeur de chaleur 408 où elle peut être utilisée pour transférer son énergie à l'huile circulant dans la canalisation 404. Dans un tel mode de réalisation, l'élément chauffant 408' est de préférence un bac de récupération d'eau liquide provenant du compresseur 422 par la canalisation 420, et muni d'une résistance chauffante apte à chauffer cette eau pour fournir de l'énergie supplémentaire en vue du chauffage de l'huile. Ce bac peut être équipé d'un système de débordement pour évacuer l'eau excédentaire qu'il pourrait recevoir.

[0080] La circulation de la vapeur d'eau dans le tube 420 s'effectue selon la direction indiquée en 423 sur la

figure 4, du sommet de la cuve 1 à l'échangeur de chaleur 408.

[0081] L'apport d'huile froide du réservoir 51 au séparateur 2 s'effectue quant à lui selon la direction indiquée en 55 sur cette figure.

[0082] Le dispositif selon l'invention comporte des moyens de mise sous pression réduite dans la cuve de friture 1, de préférence mais non limitativement avantageusement constitués par le compresseur 422 intervenant par ailleurs dans le système de récupération de la vapeur d'eau dégagée lors de la friture. Il est également pourvu de moyens assurant l'étanchéité à basse pression.

[0083] Des moyens préférés d'entraînement en rotation de l'arbre central 122 de la cuve 1 sont représentés de façon très schématique sur la figure 1 et de façon plus détaillée sur les figures 5 à 7.

[0084] Ces moyens sont par exemple, pour des raisons principalement d'encombrement, disposés en partie haute de la cuve 1.

[0085] Un coulisseau 123 est disposé dans la cuve, sensiblement perpendiculairement à l'arbre central 122, que l'on situe par la référence 124 sur la figure 5. Cet arbre 122, que l'on n'a pas représenté pour des raisons de clarté, s'étend vers l'arrière perpendiculairement au plan de cette figure. Le coulisseau 123 est apte à être déplacé en translation, selon une direction perpendiculaire à l'axe de l'arbre 122, par un piston 125 actionné par un vérin, par exemple pneumatique, représenté sur la figure 1. Le coulissement s'effectue le long d'un rail 126 supporté par une couronne 127, illustrés sur les figures 5 et 7. Cette couronne 127 est fixée à la paroi périphérique 102 de la cuve 1, par des moyens classiques en eux-mêmes.

[0086] Sur une face supérieure dirigée vers le sommet de la cuve 1, le coulisseau 123 porte deux comes protubérantes respectivement 128 et 129, dont les profils sont illustrés sur la figure 6.

[0087] La première came 128, disposée à une extrémité dite avant du coulisseau située en vis-à-vis de l'arbre rotatif 122, contre un premier bord latéral du coulisseau, présente un bord arrière 130 en biseau s'élargissant vers ledit premier bord latéral. La seconde came 129, disposée quant à elle à une extrémité dite arrière opposée du coulisseau, contre un second bord latéral opposé de ce dernier, présente un bord avant 131 également en biseau sensiblement perpendiculairement au bord arrière 130 de la première came 129.

[0088] Ces comes déterminent en semble un chemin 132 sur la face supérieure du coulisseau 123, comme illustré sur la figure 6.

[0089] Le coulisseau 123 est associé à un disque rotatif 133 fixé autour de l'arbre 122 de manière à en être solidaire en rotation. Le coulisseau est disposé sous une face inférieure 134 du disque en regard du fond de la cuve, de manière telle que les comes 128, 129 soient aptes à interagir avec des galets 135 portés en sous-face du disque 133. Sur la figure 7, on a représenté pour

plus de clarté un seul galet 135. Le disque comporte en réalité une pluralité de galets, qui sont disposés circulairement sur toute sa périphérie à intervalles réguliers les uns des autres. Chaque galet est identifié sur la figure 5 par un pion 136 assurant sa fixation au disque, et débouchant sur la face supérieure 137 du disque opposée à la face inférieure 134.

[0090] Le pas entre les galets 135 est fixé, en liaison avec les dimensions et la position relative des cames 128 et 129 l'une par rapport à l'autre, à une valeur telle que chaque mouvement de translation du coulisseau 123, selon une direction perpendiculaire à l'axe de l'arbre 122, dans un sens ou dans l'autre, entraîne le déplacement d'un galet le long du chemin 132 formé par les cames 128 et 129, et par là-même un mouvement de rotation, selon la direction indiquée en 138 sur la figure 5, du disque 133. Cette rotation entraîne, par l'intermédiaire de l'arbre 122, le déplacement des pales 121 qui en sont solidaires dans la cuve 1. Par le choix de la cadence et de la vitesse de déplacement du coulisseau 123, on détermine ainsi avantageusement la vitesse de déplacement des pales 121 dans la cuve 1, et par là-même le temps de séjour de la biomasse dans cette cuve. Tout autre moyen de contrôle du temps de séjour de la biomasse dans la cuve 1 en général, ou de contrôle de la vitesse de la rotation des pales 121 plus particulièrement, connu en soi de l'homme du métier, entre également dans le cadre de l'invention.

[0091] Un mode de réalisation préféré, mais nullement limitatif de l'invention, d'une filière d'extrusion 113 à travers laquelle la biomasse est introduite dans la cuve 1, est représenté sur les figures 8 et 9.

[0092] Cette filière 113 s'y présente sous forme d'un disque percé en son centre d'une pluralité d'orifices d'extrusion 114. Une face avant 115 de ce disque, se disposant en regard de l'intérieur de la cuve 1, est représentée en plan sur la figure 8.

[0093] A l'arrière des orifices d'extrusion 114, au niveau d'une face arrière 117 opposée à la face avant 115, la filière présente de préférence des arrêtes coupantes 116 destinées à tailler la biomasse avant son introduction dans la cuve 1. Un tel mode de réalisation s'avère notamment tout à fait avantageux dans les cas où la biomasse se trouve sous forme filamenteuse, si bien qu'elle ne peut pas être broyée de manière satisfaisante avant son introduction dans la cuve de friture.

[0094] L'invention n'exclut pas pour autant que l'introduction de la biomasse dans la cuve soit réalisée à travers une filière d'extrusion de tout autre forme, notamment de forme classique en elle-même, c'est-à-dire sans zones coupantes, ou même encore directement à travers l'ouverture 106 ménagée dans la paroi périphérique 102 de la cuve 1, sans aucune filière d'extrusion.

[0095] De manière générale, les dimensions du dispositif selon l'invention, notamment de la cuve 1 et du séparateur 2, sont déterminées en fonction du type et de la quantité de biomasse à traiter, de sa teneur en eau, du pouvoir calorifique souhaité pour la matière frite et de

l'huile utilisée, selon des calculs du ressort de l'homme du métier.

[0096] A simple titre d'exemple, la cuve 1 peut présenter un diamètre de 0,90 m et une hauteur de 1,40 m, et les pales 121 présenter une hauteur, mesurée entre leur bord inférieur en vis-à-vis de la paroi inférieure 101 de la cuve et leur bord supérieur opposé, d'environ 20 cm. Le séparateur 2 peut quant à lui présenter une hauteur de 1,30 m, pour un diamètre d'environ 0,90 m. Le conduit 31 peut présenter une longueur d'environ 50 cm.

[0097] Le dispositif selon l'invention est par exemple mis en oeuvre comme suit.

[0098] Là encore, les paramètres d'opération sont choisis de façon générale selon des calculs à la portée de l'homme du métier, en fonction non seulement de la nature de la biomasse à traiter mais également de la teneur en eau souhaitée pour la matière frite, directement liée à son pouvoir calorifique, et du rendement énergétique visé lors de ces opérations de traitement. Des valeurs des paramètres d'opération sont données ci-après à simple titre d'exemple, sans être de quelque façon limitatives de l'invention.

[0099] Une huile, ou tout autre fluide défini conformément à l'invention, qui a été au préalable chauffé à une température supérieure d'au moins 10 °C à la température d'ébullition de l'eau par les moyens de préchauffage 411, est versé dans la cuve 1. Ce fluide peut par exemple émaner de déchets gras de poisson ou de viande, qui ont été faits fondre au préalable. Il peut également s'agir d'huile recyclée.

[0100] L'huile versée dans la cuve 1 s'écoule tout naturellement à travers la fenêtre 105 ménagée dans le fond de la cuve, par le conduit 31, pour venir remplir le séparateur 2. Une fois celui-ci rempli, le niveau d'huile augmente dans la cuve 1 au fur et à mesure du versage. L'huile est versée dans une quantité telle qu'elle recouvre entièrement les pales 121 disposées au fond de la cuve 1, et que son niveau dépasse de 1,5 à 2 fois la hauteur de ces pales dans la cuve. A simple titre d'exemple, pour une cuve 1 et un séparateur 2 de dimensions données ci-avant, on verse approximativement dans le dispositif une quantité d'huile comprise entre 1 et 2 m³, qui se répartit entre la cuve 1, pour un volume d'environ 0,2 m³, le séparateur 2, pour un volume d'environ 0,7 m³, et le circuit de circulation d'huile.

[0101] Une fois le dispositif fermé hermétiquement, on applique, au moyen du compresseur 422, une pression réduite dans la cuve 1. Tout autre moyen connu en soi pour la mise sous pression réduite entre également dans le cadre de l'invention. La pression d'opération est de préférence choisie pour être environ égale à 0,5 atm. La diminution de la pression dans la cuve 1 provoque la diminution de la température nécessaire à l'ébullition de l'eau contenue dans la biomasse qui sera introduite dans le bain d'huile. Le dispositif selon l'invention peut cependant tout aussi bien être opéré à pression atmosphérique.

[0102] En raison notamment des différences de volu-

me entre le bain d'huile 108 de la cuve 1 et le bain d'huile 211 du séparateur 2, ajoutées aux moyens de refroidissement du conduit 31 reliant la cuve et le séparateur l'un à l'autre, la température de l'huile dans ce dernier devient au cours du fonctionnement légèrement inférieure à celle de la cuve.

[0103] A titre d'exemple, pour un fonctionnement optimal du dispositif, la différence de température de l'huile entre le fond du séparateur 2 et la cuve 1 est d'au moins 10 °C.

[0104] Le mouvement des pales 121 est initié, par les moyens d'entraînement de l'arbre central rotatif 122. A chaque mouvement du piston 125 entraînant le coulisseau 123 en translation, il est imprimé à l'arbre 122 un mouvement de rotation sur lui-même, qui entraîne les pales à se déplacer dans la cuve 1. La rotation s'effectue dans le sens induisant le plus long chemin de déplacement des pales entre l'ouverture 106 d'introduction de la biomasse dans la cuve 1 et la fenêtre 105 ménagée dans sa paroi inférieure 101.

[0105] La biomasse est introduite dans la cuve 1 par les moyens d'introduction, notamment tels que ceux décrits ci-avant à titre d'exemple. Depuis la trémie d'alimentation 111, elle est par exemple extrudée directement dans la cuve à travers la filière d'extrusion 113, sous forme de segments de cordons.

[0106] L'invention n'exclut pas pour autant que la biomasse soit introduite dans la cuve 1 de toute autre manière. Par exemple, en fonction de ses propriétés physico-chimiques, la biomasse peut être broyée et introduite dans la cuve sans aucune autre opération, notamment d'extrusion, l'objectif général visé par l'invention étant d'amener dans la cuve de petits éléments obtenus à partir de la biomasse humide initiale, et présentant une surface de contact importante avec l'huile contenue dans la cuve.

[0107] La biomasse humide est introduite dans la cuve par l'ouverture 106 directement dans le bain d'huile, dans un des compartiments 144 formés entre deux pales 121 voisines. La biomasse bloquée dans ce compartiment est alors entraînée par la pale 121 délimitant l'arrière du compartiment, défini selon le sens d'avancement des pales, jusqu'à ce qu'elle atteigne au final la fenêtre 105 à travers laquelle elle tombe, sous l'effet de son poids, en direction du séparateur 2.

[0108] Pendant ce parcours dans la cuve 1, la biomasse se déshydrate par friture, selon un phénomène connu en soi, pour former une matière, par exemple un combustible, qui est solide et de teneur en eau réduite par rapport à la biomasse initiale.

[0109] Le débit d'introduction de la biomasse dans la cuve 1, la pression d'opération, la quantité et la température du fluide dans cette dernière, ainsi que la vitesse de rotation de l'arbre 122, qui détermine le temps de séjour de la matière dans le bain d'huile, sont fixés en fonction les uns des autres, en liaison avec les dimensions de la cuve, par des calculs à la portée de l'homme du métier, de manière à obtenir la teneur en eau, et donc le Pouvoir Calorifique Inférieur, souhaités pour le produit

final, en fonction également de la teneur en eau initiale de la biomasse humide. On peut atteindre par le dispositif selon l'invention une teneur en eau très basse de la matière solide finale, de quelques pourcents seulement.

5 **[0110]** Par exemple, en liaison avec les paramètres particuliers définis ci-avant, on imprime à l'arbre 122 une vitesse de rotation lente, de 1 tour en 5 à 20 minutes.

10 **[0111]** Le mode de réalisation selon l'invention intégrant une roue à aube tournante faisant l'objet des figures et décrit ci-avant s'avère particulièrement avantageux, notamment en ce qu'il permet un contrôle précis du temps de séjour de la biomasse dans l'huile, qu'il nécessite peu de maintenance du fait de sa constitution simple, et qu'il permet la mise sous pression réduite de la cuve, 15 puisque seule doit y être assurée une étanchéité au niveau du passage du piston 125 à travers la paroi de la cuve. En outre, l'utilisation du système de pales rotatives conformément à l'invention permet d'obtenir une grande surface de contact de la biomasse avec l'huile, et une 20 bonne maîtrise des transferts de chaleur se produisant dans le bain, du fait d'un rapport en masse biomasse / fluide relativement bas. Il en résulte une très grande maîtrise de la teneur en eau de la matière frite.

25 **[0112]** Lors de la friture, il se dégage dans la cuve 1, au-dessus du bain d'huile 108, de la vapeur d'eau issue de la déshydratation de la biomasse.

30 **[0113]** La matière frite parvenant à la fenêtre 105 ménagée dans la paroi inférieure 101 de la cuve 1 est entraînée par la gravité et la circulation forcée de l'huile, dans le conduit 31 puis dans le tube plongeur 204, dans la partie inférieure du séparateur 2. Elle s'y accumule et se trouve naturellement séparée, par un phénomène de 35 décantation gravitaire, de l'huile du bain 211 qui tend à remonter au-dessus d'elle. La présence des ailettes 206 empêche avantageusement la matière solide de remonter vers la partie supérieure du séparateur, même en présence de remous créés dans ce dernier lors de la chute de la matière.

40 **[0114]** La température légèrement plus froide de l'huile dans le séparateur par rapport à celle de la cuve 1, notamment dans la partie inférieure de celui-ci, le cas échéant en association avec les moyens de refroidissement disposés au niveau du conduit 31, permet avantageusement de bloquer l'ébullition de la biomasse à l'intérieur du séparateur, améliorant de ce fait la décantation 45 du solide dans le séparateur.

[0115] Dans le même temps, l'huile contenue dans le séparateur 2 récupère la chaleur emmagasinée dans la matière frite qui lui parvient. Il se crée à l'intérieur du 50 séparateur 2 un gradient de température entre l'huile située dans son fond, plus froide, et celle située dans sa partie supérieure, plus chaude.

55 **[0116]** La matière frite est évacuée du séparateur par les moyens d'évacuation 210, à travers l'ouverture 209 ménagée à cet effet en fond du séparateur. La vitesse d'extraction de la matière frite est déterminée, selon des calculs à la portée de l'homme du métier, de manière à assurer un temps de séjour de cette matière dans le sé-

parateur 2 suffisant pour permettre le transfert de la chaleur qu'elle a emmagasiné lors de la friture vers l'huile.

[0117] Le fonctionnement du dispositif selon l'invention est avantageusement opéré en continu, tant pour l'introduction de la biomasse dans la cuve 1 que pour la rotation des pales 121 et l'évacuation de la matière solide au fur et à mesure de son accumulation dans le fond du séparateur 2.

[0118] Par ailleurs, l'huile contenue dans le dispositif est également mise en circulation continue entre le séparateur 2 et la cuve 1, par l'intermédiaire du double-circuit de circulation fermé, sous l'action des pompes 405 et 410. Les débits de ces pompes sont déterminés selon des calculs du ressort de l'homme du métier, afin d'une part de maintenir l'équilibre des différences thermiques entre l'huile contenue dans la cuve 1 et le séparateur 2, et d'autre part de permettre un fonctionnement optimal de l'échangeur de chaleur 408. L'huile prélevée en partie haute du séparateur 2 présente avantageusement une température élevée, en partie grâce à la chaleur qu'elle a récupérée de la matière frite, et seul un faible apport d'énergie est nécessaire pour l'amener à une température d'ébullition à la pression appliquée dans la cuve 1.

[0119] Cet apport d'énergie est en partie assuré par l'échangeur de chaleur 408 qui fonctionne à partir de l'énergie de la vapeur d'eau dégagée lors de la friture.

[0120] Lorsque l'indicateur de niveau disposé dans la cuve 1 indique un niveau d'huile insuffisant dans cette dernière, un apport d'huile froide émanant du réservoir 51 est automatiquement effectué dans le séparateur 2. Cet apport permet d'augmenter le niveau d'huile dans la cuve 1, par l'effet de la communication des volumes internes du séparateur 2 et de la cuve 1 par le conduit 31. L'introduction d'huile froide est de préférence réalisée en partie basse du séparateur, de manière à maintenir un gradient de température optimal dans celui-ci et à stopper l'ébullition de la matière frite dès son arrivée dans le fond du séparateur.

[0121] Les effets cumulés de la récupération de l'énergie de vapeur d'eau dégagée lors de la friture pour réchauffer l'huile extraite du séparateur 2 avant de la réinjecter dans la cuve 1, et de la récupération dans l'huile du séparateur 2 de la chaleur de la matière frite, assurent avantageusement un rendement énergétique élevé du dispositif. Après l'apport d'énergie initial pour chauffer l'huile, le dispositif fonctionne quasiment en autonomie, seul un apport d'une petite quantité d'énergie extérieure supplémentaire étant nécessaire, au niveau de l'élément chauffant 408' associé à l'échangeur de chaleur 408, pour son fonctionnement.

[0122] Pour un faible coût de fonctionnement, le dispositif selon l'invention tel que décrit ci-avant permet avantageusement de fabriquer jusqu'à 80 kg/h d'un combustible pouvant présenter un Pouvoir Calorifique Inférieur allant jusqu'à 20 MJ/kg.

[0123] La description ci-avant illustre clairement que par ses différentes caractéristiques et leurs avantages, la présente invention atteint les objectifs qu'elle s'était

fixés. En particulier, elle fournit un dispositif de traitement de biomasse par friture, pour former notamment un combustible solide, qui ne nécessite qu'un faible apport d'énergie extérieure pour son fonctionnement et qui permet, pour un faible coût de revient, de former un combustible à fort pouvoir calorifique, de teneur en eau très bien maîtrisée. Ce dispositif constitue notamment un outil efficace de valorisation des déchets humides.

Revendications

1. Dispositif de traitement de biomasse humide par friture, comportant une première cuve (1) contenant un premier bain d'huile (108), des moyens aptes à maintenir l'huile dudit premier bain à une température de friture assurant la friture de la biomasse et des moyens d'introduction (111) de la biomasse dans ladite première cuve (1), des moyens de transfert (3) de matière frite solide de ladite première cuve (1) dans des moyens de séparation par décantation gravitaire de ladite matière frite et de l'huile, sous forme d'une deuxième cuve (2) contenant un deuxième bain d'huile (211) de température inférieure à ladite température de friture et en communication hydraulique avec ledit premier bain d'huile (108) et des moyens (210) d'évacuation de la matière frite solide hors de ladite deuxième cuve (2), **caractérisé en ce que** ledit dispositif comporte:

- des moyens de contrôle du temps de séjour de la biomasse dans le premier bain d'huile (108), comportant une roue à aube tournante disposée dans ledit premier bain d'huile (108) et apte à déplacer la biomasse depuis une zone d'introduction de ladite biomasse dans la première cuve (1) jusqu'à une fenêtre (105) de sortie vers la deuxième cuve (2), lesdits moyens aptes à maintenir l'huile dudit premier bain à une température de friture de la biomasse comportant des moyens (401) de prélèvement d'huile dans ladite deuxième cuve, des moyens de chauffage (408, 408') de l'huile prélevée et des moyens (412) d'injection de l'huile ainsi chauffée dans ladite première cuve (1).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens de chauffage de l'huile prélevée comportent des moyens (422) d'extraction de la vapeur d'eau dégagée dans la première cuve (1) lors de la friture, et des moyens (408) d'échange thermique entre l'huile prélevée dans la deuxième cuve (2) et ladite vapeur d'eau prélevée dans ladite première cuve (1).

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** les moyens de transfert (3) de matière frite solide de la première cuve (1) dans la deuxième cuve (2) sont constitués par un conduit (31) opérant par gravité et réalisant la communication entre le premier bain d'huile (108) et le deuxième bain d'huile (211). 5
4. Dispositif selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** ladite deuxième cuve (2) est disposée sous la première cuve (1), ledit conduit (31) relie une paroi inférieure (101) de ladite première cuve et une partie supérieure de ladite deuxième cuve, et les moyens d'évacuation (210) de la matière frite solide hors de la deuxième cuve (2) opèrent au niveau d'une partie inférieure opposée (202) de ladite deuxième cuve. 10
5. Dispositif selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** ledit conduit (31) débouche dans une partie supérieure de la deuxième cuve (2) et se prolonge à l'intérieur de ladite deuxième cuve par un tube plongeur (204) en atteignant une partie inférieure opposée (202). 20
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ledit tube plongeur est muni d'ailettes (206) inclinées en direction de ladite partie inférieure de la deuxième cuve. 25
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ladite fenêtre (105) de sortie vers la deuxième cuve (2) est formée dans une paroi inférieure (101) de ladite première cuve. 30
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens d'entraînement de ladite roue en mouvements de rotation discrets. 35
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens de maintien d'un niveau d'huile sensiblement constant dans la première cuve (1), par introduction d'huile froide dans la deuxième cuve (2). 40
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens de mise sous pression réduite à l'intérieur de la première cuve (1). 45
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la première cuve (1) comporte dans une partie supérieure des dévésiculeurs aptes à éliminer des résidus d'huile de la vapeur d'eau s'échappant au-dessus du premier bain d'huile (108) lors de la friture. 50
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 55

1 à 11, **caractérisé en ce que** les moyens d'introduction de la biomasse dans la première cuve (1) comportent une filière d'extrusion (113) disposée à travers une paroi (102) de ladite première cuve et présentant des zones coupantes (116) sur une face arrière (117) opposée au premier bain d'huile (108), et des moyens d'alimentation de ladite filière en biomasse.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aufbereitung feuchter Biomasse durch Frittieren, eine erste Wanne (1) umfassend, die ein erstes Ölbad (108) enthält, Mittel, um das genannte erste Bad auf einer Frittieretemperatur zu halten, die das Frittieren der Biomasse sicherstellt, und Mittel zum Einbringen (111) der Biomasse in die genannte erste Wanne (1), Mittel zur Beförderung (3) festen, frittierten Materials aus der genannten ersten Wanne (1) in Mittel zur Trennung des genannten frittierten Materials vom Öl durch Absetzklärung in Form einer zweiten Wanne (2), die ein zweites Ölbad (211) niedrigerer Temperatur, als der genannten Frittieretemperatur, enthält, und mit dem genannten ersten Ölbad (108) kommuniziert, und Mittel (210) zur Entnahme des festen frittierten Materials aus der genannten zweiten Wanne (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte Vorrichtung umfasst:
 - Mittel zur Regulierung der Aufenthaltsdauer der Biomasse im ersten Ölbad (108), ein drehbares Schaufelrad aufweisend, das im genannten ersten Ölbad (108) angeordnet und in der Lage ist, die Biomasse aus einem Einbringbereich der genannten Biomasse in die erste Wanne (1) zu einer Ausgangsöffnung (105) zur zweiten Wanne (2) zu fördern, wobei die genannten Mittel, die in der Lage sind, das Öl des genannten ersten Bades auf einer Frittieretemperatur der Biomasse zu halten, Mittel (401) zum Abziehen von Öl aus der genannten zweiten Wanne umfassen, Mittel zum Aufheizen (408, 408') des abgezogenen Öls und Mittel (412) zum Einleiten des so aufgeheizten Öles in die genannte erste Wanne (1).
2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Aufheizen des abgezogenen Öls Mittel (422) zum Ableiten des Wasserdampfes umfassen, der in der ersten Wanne (1) beim Frittieren freigesetzt wird, und Mittel (408) für einen Wärmetausch zwischen dem aus der zweiten Wanne (2) abgezogenen Öl und dem genannten Wasserdampf, der aus der genannten ersten Wanne (1) abgeleitet wird.

3. Vorrichtung nach irgendeinem der Patentansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Beförderung (3) festen, frittierten Materials aus der ersten Wanne (1) in die zweite Wanne (2) aus einer Leitung (31) bestehen, die durch Schwerkraft wirkt und die Verbindung zwischen dem ersten Ölbad (108) und dem zweiten Ölbad (211) herstellt. 5
4. Vorrichtung nach Patentanspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte zweite Wanne (2) unter der ersten Wanne (1) angeordnet ist, die genannte Leitung (31) eine untere Wand (101) der genannten ersten Wanne mit einem oberen Bereich der genannten zweiten Wanne verbindet und die Mittel (210) zur Entnahme des festen frittierten Materials aus der zweiten Wanne (2) in Höhe eines gegenüberliegenden unteren Bereichs (202) der genannten zweiten Wanne arbeiten. 10
5. Vorrichtung nach Patentanspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte Leitung (31) in einen oberen Bereich der zweiten Wanne (2) mündet und sich im Inneren der genannten zweiten Wanne in einem Tauchrohr (204) fortsetzt, um einen gegenüberliegenden unteren Bereich (202) zu erreichen. 20
6. Vorrichtung nach Patentanspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das genannte Tauchrohr mit Schaufeln (206) versehen ist, die in Richtung des genannten unteren Bereichs der zweiten Wanne geneigt sind. 25
7. Vorrichtung nach irgendeinem der Patentansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte Ausgangsöffnung (105) zur zweiten Wanne (2) in einer unteren Wand (101) der genannten ersten Wanne ausgebildet ist. 30
8. Vorrichtung nach irgendeinem der Patentansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Antriebsmittel umfasst, um das genannte Rad in unterbrochene Drehungen zu versetzen. 35
9. Vorrichtung nach irgendeinem der Patentansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zur Aufrechterhaltung eines im Wesentlichen konstanten Ölspiegels in der ersten Wanne (1) durch Einleiten kalten Öls in die zweite Wanne (2) aufweist. 40
10. Vorrichtung nach irgendeinem der Patentansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks im Inneren der ersten Wanne (1) aufweist. 45
11. Vorrichtung nach irgendeinem der Patentansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Wanne (1) in einem oberen Bereich Tropfenabscheider aufweist, die geeignet sind, Ölrückstände aus 50

dem Wasserdampf zu entfernen, der beim Frittieren über dem ersten Ölbad (108) entweicht.

12. Vorrichtung nach irgendeinem der Patentansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Einführen der Biomasse in die erste Wanne (1) ein Spritzmundstück (113) umfassen, das durch eine Wand (102) der genannten ersten Wanne angeordnet ist und auf einer dem ersten Ölbad (108) abgewandten Rückseite (117) Schneidzonen (116) aufweist, sowie Mittel zum Einspeisen von Biomasse in das genannte Spritzmundstück. 55

15 Claims

1. Device for processing wet biomass by frying comprising a first tank (1) containing a first oil bath (108), means able to maintain the oil of said first bath at a frying temperature for frying the biomass and means (111) for feeding the biomass in said first tank (1), means (3) for transferring fried solid material from said first tank (1) into means for separating by gravity settling said fried material and the oil, in the form of a second tank (2) containing a second oil bath (211) at a temperature lower than said frying temperature and in fluid communication with said first oil bath (108) and means (210) for discharging the solid fried material outside said second tank (2), **characterized in that** said device comprises : 20

means for checking the residence time of biomass in the first oil bath (108) comprising a paddle wheel rotatably arranged in said first oil bath (108) and

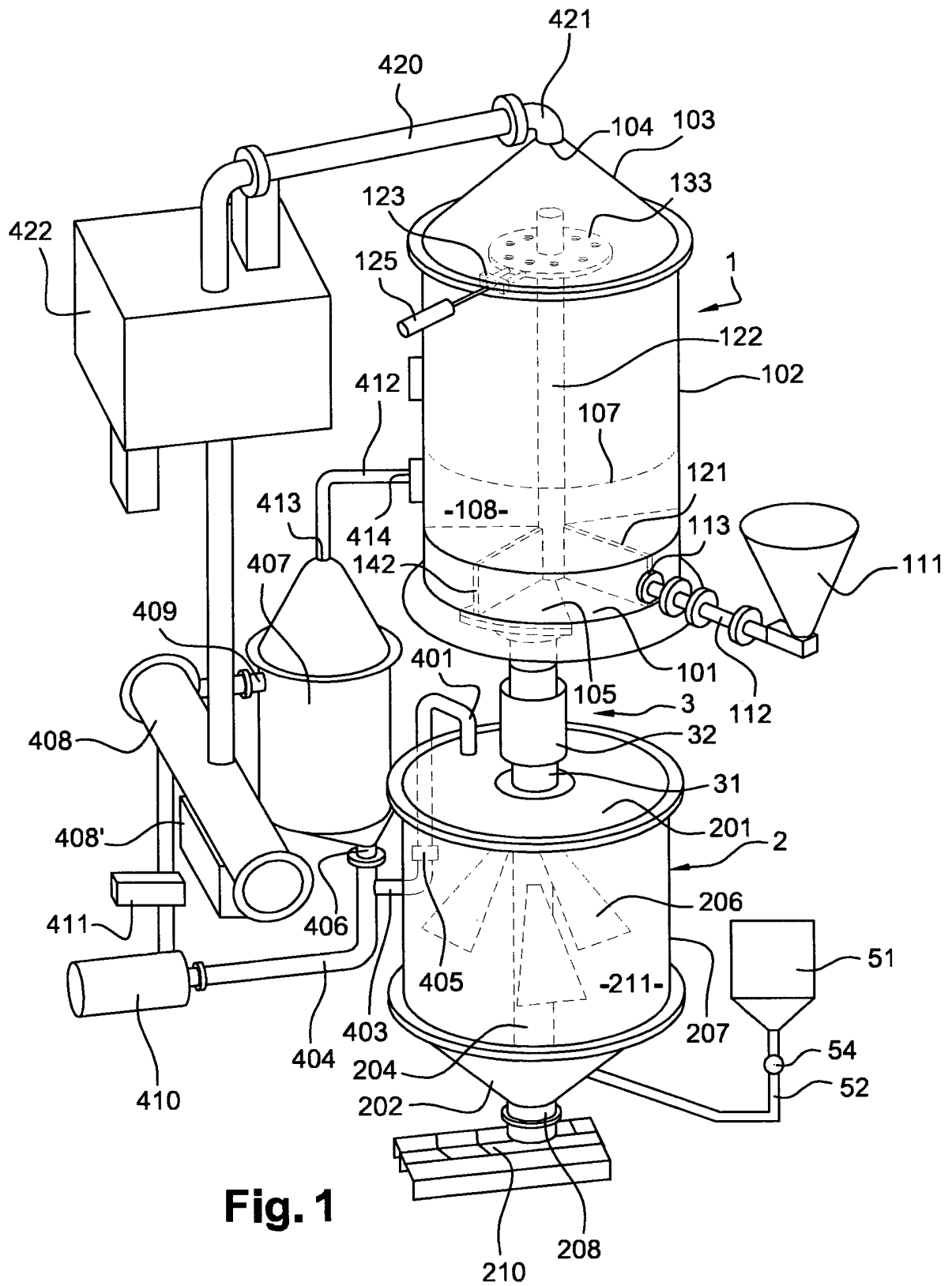
able to move the biomass from a feeding area of said biomass in the first tank (1) to an outlet window (105) towards the second tank (2), said means able to maintain the oil of said first oil bath to a frying temperature for frying the biomass comprising means (401) for taking oil in said second tank, means (408, 408') for heating the oil taken and means (412) for injecting the thus heated oil in said first tank (1). 25

2. Device according to claim 1, **characterized in that** the means for heating the oil taken comprise means (422) for extracting water vapor released in the first tank (1) during frying and means (408) for heat exchange between the oil taken in the second tank (2) and said water vapor taken in said first tank (1). 30
3. Device according to any of claims 1 to 2, **characterized in that** the means for transferring (3) fried solid material from said first tank (1) into the second tank (2) are constituted by a pipe (31) operating by gravity and providing the communication between the first oil bath (108) and the second oil bath (211). 35

4. Device according to claim 3, **characterized in that** said second tank (2) is placed below the first tank (1), said pipe (31) connects a lower wall (101) of said first tank and an upper part of said second tank and the means (210) for discharging the solid fried material outside the second tank (2) operate at an opposite lower part (202) of said second tank. 5
5. Device according to claim 3 or 4, **characterized in that** said pipe (31) opens into an upper part of the second tank (2) and is extended inside said second tank by a dip tube (204) reaching an opposite lower part (202) thereof. 10
6. Device according to claim 5, **characterized in that** said dip tube is provided with fins (206) inclined towards said lower part of the second tank. 15
7. Device according to any of claims 1 to 6, **characterized in that** said outlet window (105) towards the second tank (2) is formed in a lower wall (101) of said first tank. 20
8. Device according to any of claims 1 to 7, **characterized in that** it comprises means for driving said wheel with discrete rotating movements. 25
9. Device according to any of claims 1 to 8, **characterized in that** it comprises means for maintaining an oil level substantially constant in the first tank (1) by feeding cold oil into the second tank (2). 30
10. Device according to any of claims 1 to 9, **characterized in that** it comprises means for creating a reduced pressure inside the first tank (1). 35
11. Device according to any of claims 1 to 10, **characterized in that** the first tank (1) comprises in an upper part droplet separators able to eliminate oil residue from the water vapor escaping above the first oil bath (108) during frying. 40
12. Device according to any of claims 1 to 11, **characterized in that** the means for feeding the biomass into the first tank (1) comprise an extrusion die (113) placed through a wall (102) of said first tank and having cutting areas (116) on a rear side (117) opposite the first oil bath (108) and means for feeding said die with biomass. 45

50

55



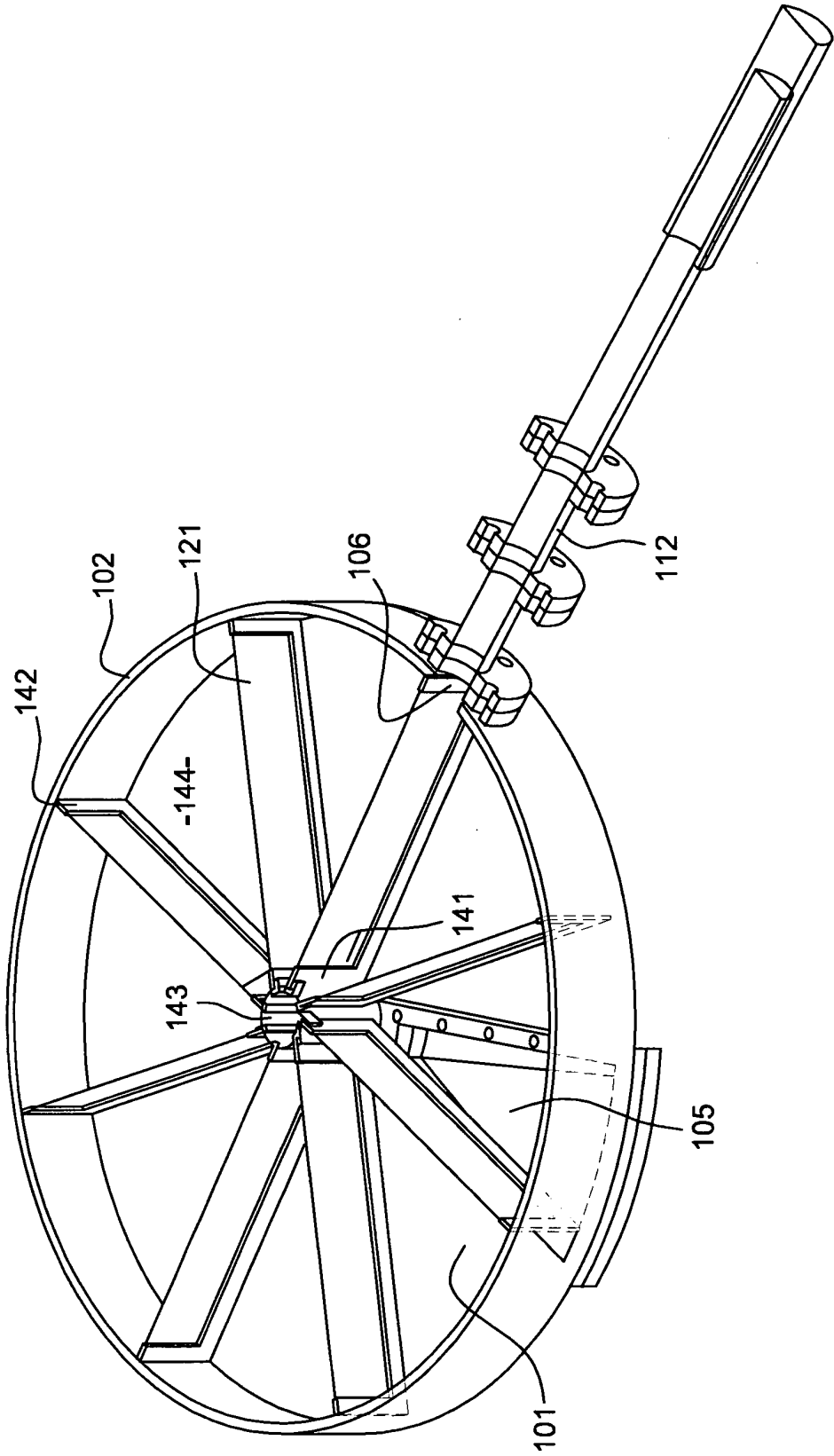


Fig. 2

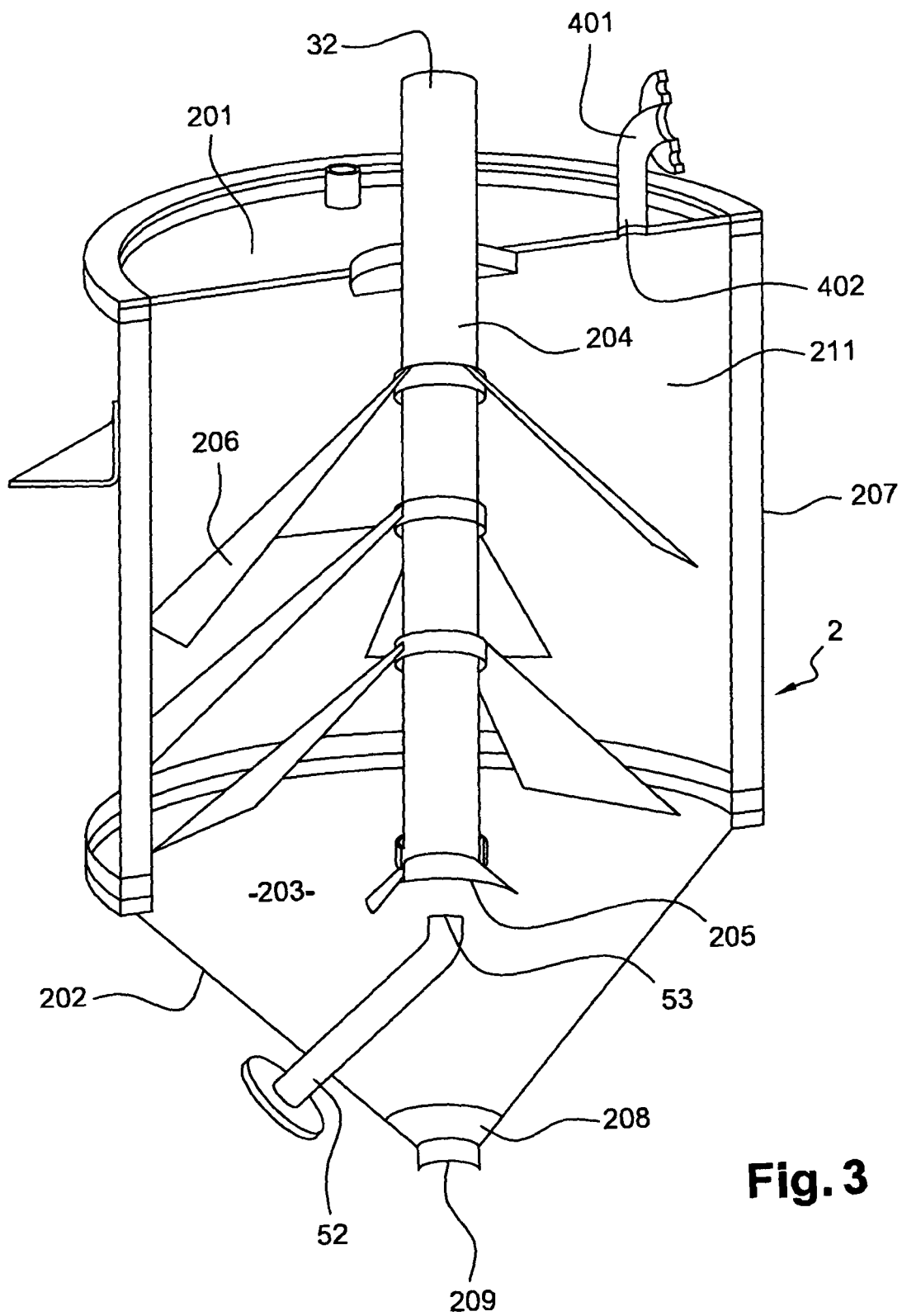


Fig. 3

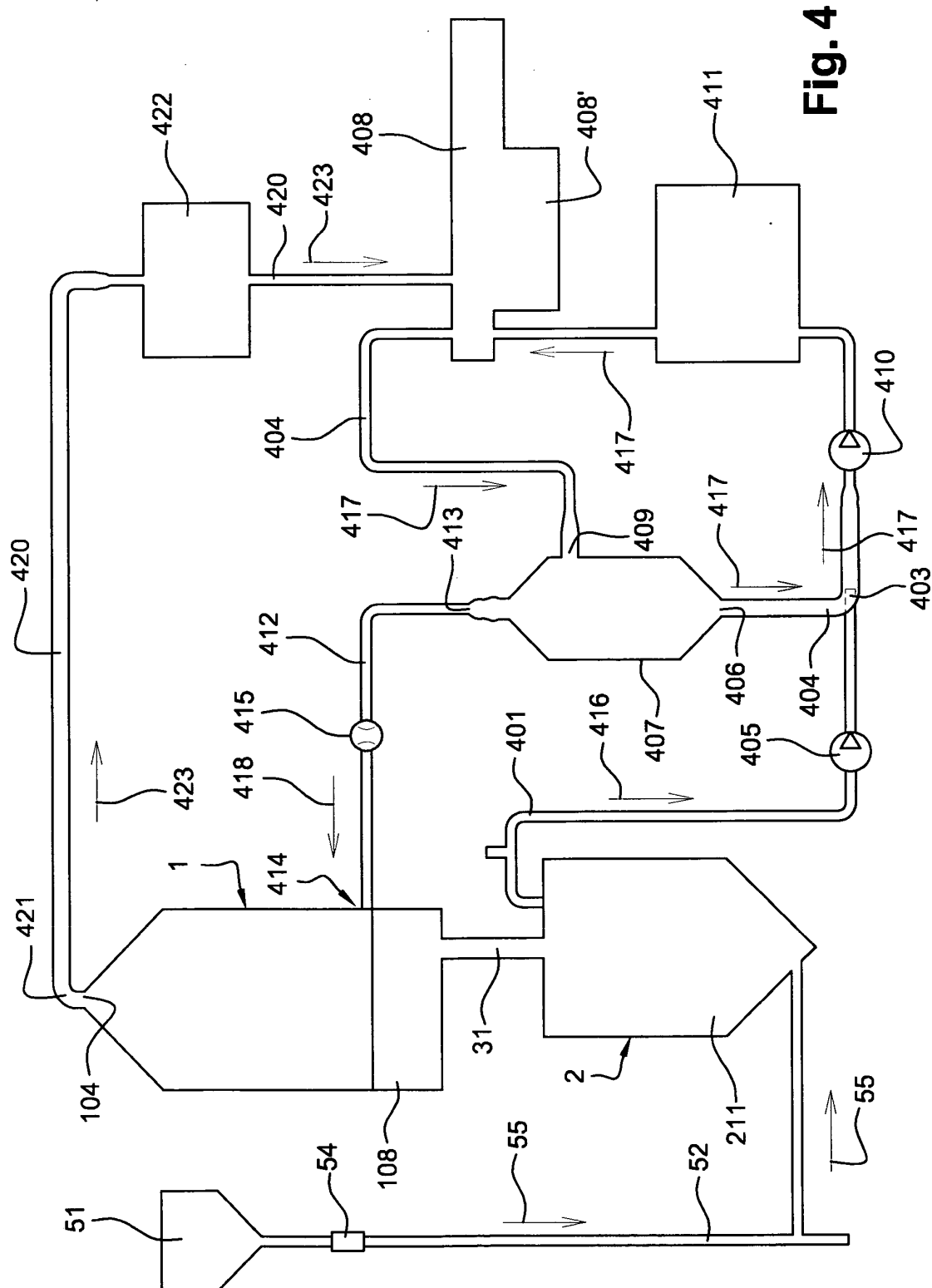


Fig. 7

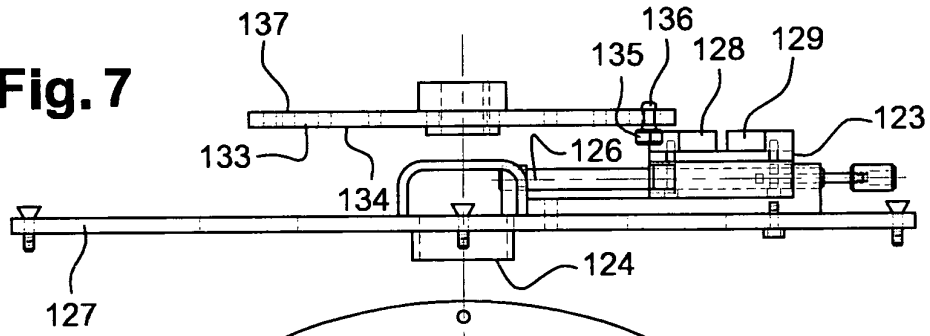


Fig. 5

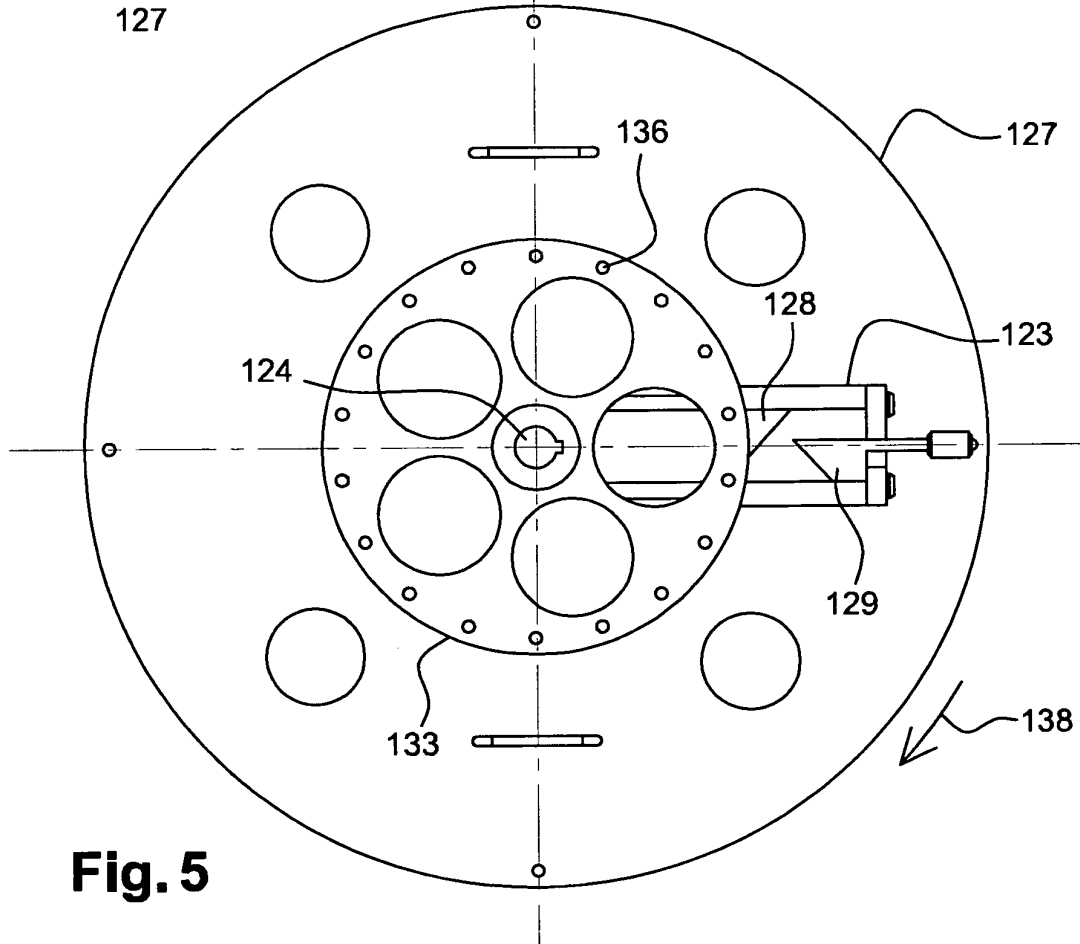
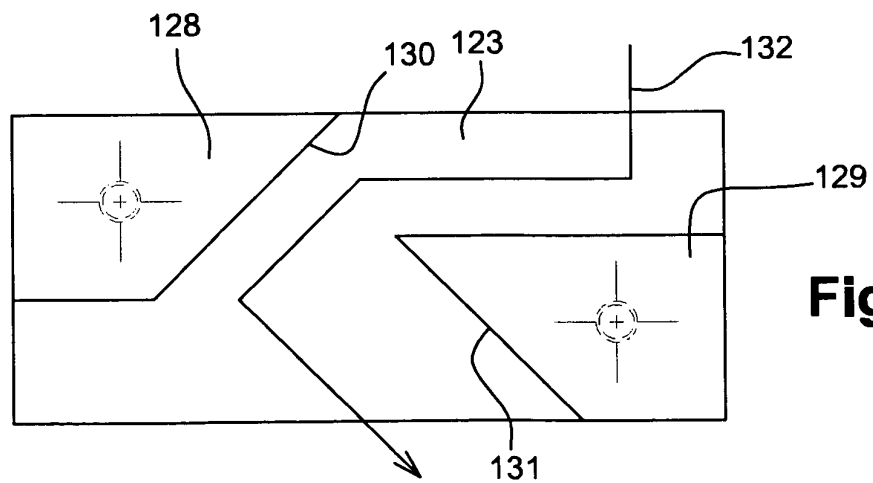


Fig. 6



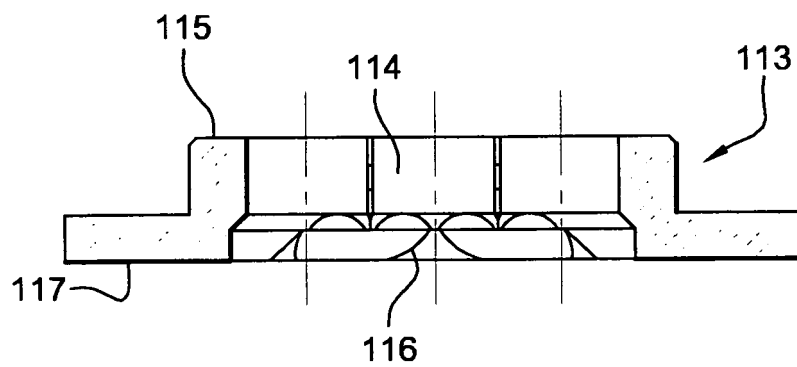
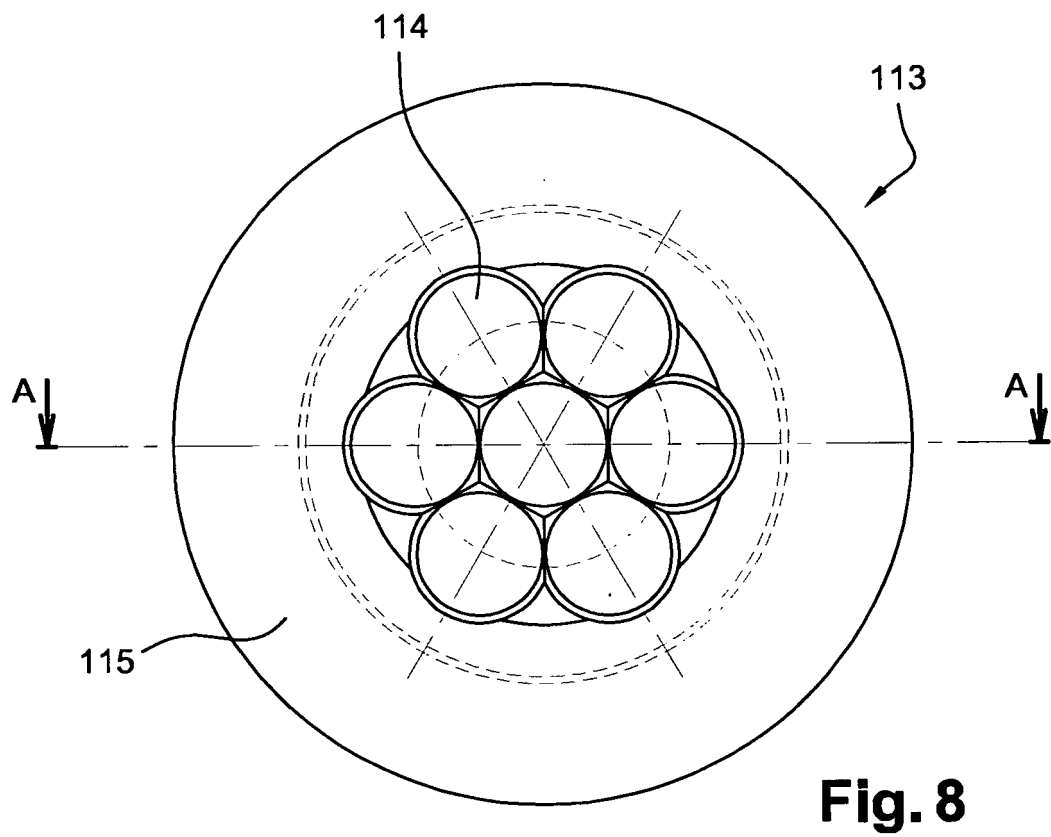


Fig. 9

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2009038252 A [0005]
- FR 714063 [0005]