

(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
22 avril 2010 (22.04.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/043799 A2

(51) Classification internationale des brevets :
C10J 3/66 (2006.01) C10J 3/70 (2006.01)
F23C 10/00 (2006.01) C10J 3/82 (2006.01)
F26B 17/12 (2006.01) B01D 53/62 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2009/051920

(22) Date de dépôt international :
8 octobre 2009 (08.10.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0857066 17 octobre 2008 (17.10.2008) FR
0857903 21 novembre 2008 (21.11.2008) FR

(72) Inventeur; et

(71) Déposant : MORIN, Jean-Xavier [FR/FR]; 39, rue du Cas Rouge Marchandon, F-45170 Neuville Aux Bois (FR).

(74) Mandataires : LENNE, Laurence et al.; Feray Lenne Conseil, 39-41, Avenue Aristide Briand, F-92163 Antony 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, CL, 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, PE, 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, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, 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 (règle 48.2.g)

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR EXTRACTING CARBON DIOXIDE FROM THE ATMOSPHERE

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF D'EXTRACTION DE DIOXYDE DE CARBONE DE L'ATMOSPHERE

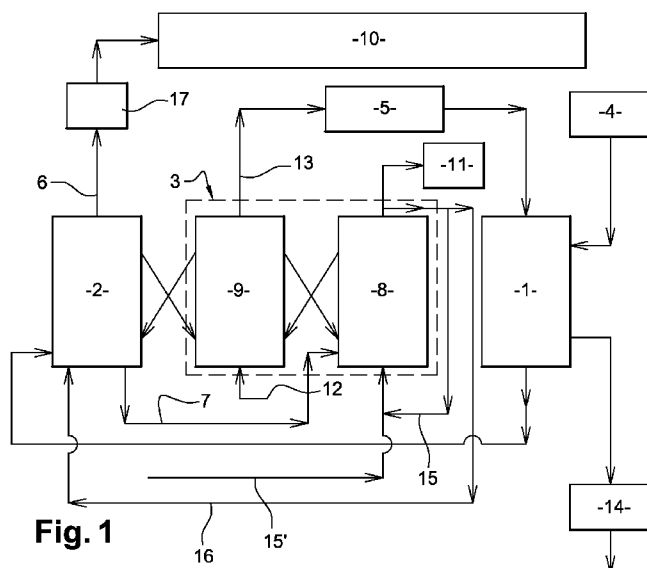


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for extracting carbon dioxide from the atmosphere, said method comprising the thermochemical conversion of biomasses as a natural intermediate vector for storing carbon dioxide, the carbon dioxide being trapped by a thermochemical cycle (3) that comprises a combustion reactor (8) and an oxidation chamber (9) connected together, and in which flow metal oxides which are alternately oxidised and reduced and which ensure the oxygen supply for the combustion, wherein said thermochemical conversion is achieved using a pyrolysis reactor (2) and said thermochemical cycle (3). According to the invention, the biomasses are dried (1) by air-lean fumes (13) exiting from the oxidation chamber (9) of said thermochemical cycle before said pyrolysis.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'extraction de dioxyde de carbone de l'atmosphère, par une conversion thermochimique de biomasses, en tant que vecteur intermédiaire naturel de stockage du dioxyde de carbone,, une capture du dioxyde

de carbone étant effectuée par un cycle thermochimique

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/043799 A2

(3) comportant un réacteur de combustion (8) et une chambre d'oxydation (9) interconnectées, et dans lequel circulent des oxydes métalliques qui sont alternativement oxydés et réduits et qui assurent l'apport d'oxygène pour ladite combustion, cette conversion thermochimique étant réalisée au moyen d'un réacteur de pyrolyse (2) et dudit cycle thermochimique (3). Selon l'invention, ladite pyrolyse est précédée d'un séchage (1) des biomasses effectué par des fumées en air appauvri (13) sortant de ladite chambre d'oxydation (9) dudit cycle thermochimique.

PROCEDE ET DISPOSITIF D'EXTRACTION DE DIOXYDE DE CARBONE DE L'ATMOSPHERE

5 L'invention concerne un procédé et un dispositif d'extraction de dioxyde de carbone de l'atmosphère.

L'augmentation continue des teneurs en dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère depuis 1860, qui a désormais tendance à s'accélérer, de par les émissions des installations industrielles de production d'électricité à base de
10 combustibles fossiles, conduit à un réchauffement climatique de deux degrés minimum en 2100 qu'il s'agit de limiter en divisant les émissions de CO₂ par un facteur de quatre pour ne pas dépasser 550 ppm de CO₂ dans les années 2100.

Le but de l'invention est d'extraire sélectivement et économiquement le CO₂ de l'air de l'atmosphère.

15 La biomasse d'origine agricole et forestière stocke le CO₂ par photosynthèse sur des périodes comprises entre un et cent ans. Cette biomasse étant très réactive avec plus de 70 % de matières volatiles sur sec et environ 50 % d'humidité sur brut, l'invention propose de prendre avantage de ces caractéristiques pour convertir cette biomasse en énergie et carburants
20 tout en capturant le CO₂ émis avec une technologie simplifiée et compacte.

Le CO₂ qui est capté peut être stocké pendant plusieurs centaines d'années dans le sous sol, par exemple dans des aquifères sous marins.

Grâce à l'invention, on réalise par cette nouvelle approche une extraction de CO₂ de l'air atmosphérique en utilisant un vecteur intermédiaire
25 naturel de stockage de CO₂ que constitue la biomasse.

Le document de brevet WO 01/02513 décrit par ailleurs un procédé de traitement de biomasse. Les substances organiques sont tout d'abord broyées et/ou séchées, puis introduites dans un réacteur de pyrolyse dans lequel elles sont mises en contact avec le matériau d'un lit fluidisé associé dont les gaz de
30 combustion sont purifiés avant rejet.

Selon ce procédé connu, aucune capture spécifique du CO₂ n'est prévue.

Le document de brevet US 2003/0029088 décrit un procédé de conversion de combustible en hydrogène, avec capture du dioxyde de carbone.

5 Selon ce procédé, la capture du dioxyde de carbone est effectuée par un cycle thermochimique comportant un réacteur de combustion et une chambre d'oxydation interconnectées, et dans lequel circulent des oxydes métalliques qui sont alternativement oxydés et réduits et qui assurent l'apport d'oxygène pour la combustion. Une conversion thermochimique est réalisée au moyen
10 d'un réacteur de pyrolyse et de ce cycle thermochimique.

S'il est envisagé d'utiliser de la biomasse en tant que combustible, ce document développe essentiellement l'utilisation de charbon.

L'objet de l'invention est d'adapter un tel procédé au traitement de biomasse à cycle carbone non fossile par un procédé perfectionné économique
15 qui puisse être adapté à toutes tailles d'installation. En particulier, le traitement de biomasses, par exemple les résidus agricoles, les déchets forestiers et les déchets ménagers triés, ou les biomasses cultivées à des fins énergétiques, telles que le miscanthus ou des algues, peut être effectué de façon très locale, à proximité des sources de biomasses, avec des installations
20 de petite taille et à très grande échelle.

L'invention propose donc un procédé d'extraction de dioxyde de carbone de l'atmosphère, par une conversion thermochimique de biomasses, en tant que vecteur intermédiaire naturel de stockage du dioxyde de carbone, ,
une capture du dioxyde de carbone étant effectuée par un cycle
25 thermochimique comportant un réacteur de combustion et une chambre d'oxydation interconnectées, et dans lequel circulent des oxydes métalliques qui sont alternativement oxydés et réduits et qui assurent l'apport d'oxygène pour ladite combustion, cette conversion thermochimique étant réalisée au moyen d'un réacteur de pyrolyse et dudit cycle thermochimique, caractérisé en
30 ce que ladite pyrolyse est précédée d'un séchage des biomasses effectué par

des fumées en air appauvri sortant de ladite chambre d'oxydation dudit cycle thermochimique.

Outre l'avantage d'une installation compacte, ces fumées constitue un gaz inerte contenant moins de 5% d'oxygène qui peut sécher la biomasse à
5 une température de 750°C sans combustion.

La pyrolyse permet de libérer les matières volatiles contenues dans la biomasse.

Ce mode de réalisation prend avantage de la grande porosité et réactivité du résidu carboné de biomasse après départ de l'humidité et des
10 matières volatiles.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, ce procédé assure une production d'énergie et de carburants.

Grâce à ce procédé, il est réalisé une capture du dioxyde de carbone avec production de carburants en amont du réacteur de pyrolyse et
15 d'électricité en amont du réacteur à lit fluidisé.

Les solides chauds en circulation dans ledit cycle thermochimique assurent de préférence ladite pyrolyse.

Avantageusement, les solides chauds en circulation dans ladite chambre d'oxydation assurent ladite pyrolyse.

Le système est ainsi le plus compact possible. Sachant que le résidu carboné à convertir peut ne représenter que 15% de la fraction de combustible entrant, le volume d'effluents gazeux, hors gaz de pyrolyse, se réduit à 15 %
20 des fumées d'une combustion à l'air. Or c'est ce débit d'effluents gazeux qui conditionne la taille des équipements d'un cycle thermochimique.

La compacité de ce système d'extraction de CO₂ est donc extrêmement élevée, ce qui réduit les coûts d'investissements et permet à un opérateur de se dispenser d'acheter les quotas CO₂, correspondant au cas d'emploi de combustibles fossiles.

L'autre avantage procuré par le fait de décomposer, ce traitement de
30 biomasse en trois étapes, séchage, pyrolyse et conversion du résidu carboné

est de minimiser l'apport d'oxygène à apporter pour la conversion du résidu solide carboné final.

Ladite production d'énergie et/ou de carburants est de préférence réalisée sous forme de vapeur haute pression et de gaz de synthèse dont la composition peut être ajustée après reformage pour fabriquer des carburants synthétiques du type méthanol ou du di-méthyle-éther.

De préférence, ledit cycle thermochimique utilise l'air, la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone pour oxyder et réduire lesdits oxydes métalliques.

Ledit air est avantageusement de l'air enrichi en oxygène.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre du procédé précisé ci-dessus, caractérisé en ce que ledit séchage est réalisé au moyen d'un réacteur de séchage constitué d'un lit mobile aéré à co-courant descendant, de forme évasée et muni de dévoûteurs.

L'invention est décrite ci-après plus en détail à l'aide de figures ne représentant qu'un mode de réalisation préféré de l'invention.

La figure 1 représente un dispositif de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

La figure 2 est une vue en coupe verticale d'un dispositif de séchage pour la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention.

Comme illustré sur la figure 1, un dispositif pour la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention comporte trois composants principaux interconnectés un réacteur de séchage 1, un réacteur de pyrolyse flash 2 et un convertisseur thermochimique 3, constituant un cycle thermochimique comportant un réacteur de combustion 8 et une chambre d'oxydation 9 interconnectées et dans lequel circule des oxydes métalliques qui sont alternativement oxydés et réduits.

La biomasse traitée 4 dont la teneur en humidité est de 40 à 55 %, est finement divisée par déchiquetage en copeaux de type papeterie et en sciure, puis introduite dans le réacteur de séchage 1, de préférence en lit mobile aéré à courant descendant, de forme évasée et muni de dévoûteurs, qui sera décrit

plus loin. En sortie de ce réacteur de séchage 1, la vapeur d'eau et l'air appauvri 14 sont libérés dans l'atmosphère.

Les gaz 5 admis dans ce réacteur de séchage 1 sont à une température de 400 à 600 °C. La biomasse une fois séchée à environ 10 à 15% d'humidité résiduelle est transférée par vis et chute gravitaire avec sas vers un réacteur de pyrolyse flash 2, réalisée à une température comprise entre 400 et 800°C, en lit fluidisé alimenté en solides chauds provenant du cycle thermochimique 3 fonctionnant à une température comprise 700 à 1000°C selon les oxydes utilisés. La libération des matières volatiles et de l'humidité résiduelle contenues dans la biomasse introduite est immédiate et constitue la sortie 6 de gaz de pyrolyse du procédé. Cette composition gazeuse peut être ajustée par un reformage à l'oxygène 17 à 1200 à 1400°C pour convertir les goudrons et le méthane puis une étape de « CO shift » pour arriver à une boucle 10 de synthèse de fabrication de carburants synthétiques, du type méthanol ou du di-méthyle-éther. La réaction ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$) représente ledit « CO shift ».

Le résidu carboné restant après pyrolyse, mélangé au matériau de lit en circulation, est transféré par une conduite 7 vers le réacteur de combustion 8, alimenté en vapeur d'eau et CO_2 par les conduites 15, 15' comme pour une gazéification autothermique classique. Le résidu carboné est converti progressivement dans la boucle circulante thermochimique 3 jusqu'à disparition du carbone et les cendres résiduelles s'échappent par un cyclone et par un soutirage de lit en bas de réacteur de combustion 8.

Le matériau de lit de ce réacteur de combustion 8 est celui du cycle thermochimique 3 dans lequel circule des oxydes métalliques naturels ou synthétiques qui sont alternativement oxydés et réduits et qui assurent l'apport d'oxygène pour la combustion ou gazéification, auquel se superpose le matériau de lit contenant le résidu carboné.

Ce matériau de lit en circulation qui est constitué de particules fines d'oxydes mixtes de type fer, titane et/ou manganèse est oxydé, réduit, joue le

rôle de caloporteur et contient le résidu carboné à convertir. Le CO₂ issu de la conversion du résidu carboné 11 sort du réacteur de combustion 8 et subit refroidissement, dépoussiérage, condensation de l'eau des fumées et compression pour transport. Il peut ensuite être stocké en aquifère. Une partie 5 15 de ce CO₂ avec de la vapeur d'eau assure l'alimentation du réacteur de combustion 8 et une autre partie 16 avec de la vapeur d'eau est injectée dans le réacteur de pyrolyse 2, selon les besoins de rapport CO/H₂ de l'étape de « CO shift », elle même dépendant du carburant synthétique final à produire.

L'oxydation très rapide du matériau de lit est assurée par une fluidisation à l'air ou à l'air enrichi à l'oxygène 12 dans la chambre d'oxydation 10 9 aménagée dans le convertisseur thermochimique 3 comportant des sas de gaz. Ces sas sont des dispositifs d'étanchéité entre des enceintes contenant des gaz de composition différente.

Le flux gazeux 13 évacué de cette chambre d'oxydation 9 est essentiellement de l'air appauvri en oxygène. Ce flux gazeux d'air appauvri en oxygène est particulièrement bien adapté au séchage de biomasse hautement réactive sans risque d'allumage et est utilisé préférentiellement pour le séchage de la biomasse, car il représente plus de 70 % du débit de fumées de l'installation.

20 La figure 2 représente le réacteur de séchage 1 qui est de préférence un lit mobile à courant descendant muni de dévoûteurs. Il comporte une enceinte 1A, de forme évasée vers le bas, sa partie haute recevant les biomasses à partir d'une trémie 1C par l'intermédiaire d'une vis sans fin d'entrée 1B. Sa partie basse est pourvue de vis sans fin de sortie 1D.

25 Les fumées en air appauvri sortant de la chambre de d'oxydation 8 du cycle thermochimique sont injectées 1E en partie haute de l'enceinte, pour réaliser le séchage et les gaz refroidis sont évacués 1F en partie basse.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'extraction de dioxyde de carbone de l'atmosphère, par une conversion thermochimique de biomasses, en tant que vecteur
5 intermédiaire naturel de stockage du dioxyde de carbone, , une capture du dioxyde de carbone étant effectuée par un cycle thermochimique (3) comportant un réacteur de combustion (8) et une chambre d'oxydation (9) interconnectées, et dans lequel circulent des oxydes métalliques qui sont alternativement oxydés et réduits et qui assurent l'apport d'oxygène pour
10 ladite combustion, cette conversion thermochimique étant réalisée au moyen d'un réacteur de pyrolyse (2) et dudit cycle thermochimique (3), caractérisé en ce que ladite pyrolyse est précédée d'un séchage (1) des biomasses effectué par des fumées en air appauvri (13) sortant de ladite chambre d'oxydation (9) dudit cycle thermochimique.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il assure une production d'énergie et de carburants.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les solides chauds en circulation dans ledit cycle thermochimique (3) assurent ladite pyrolyse (2).
- 20 4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les solides chauds en circulation dans ladite chambre d'oxydation (9) assurent ladite pyrolyse (2).
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite production d'énergie et/ou de carburants est réalisée sous forme de
25 vapeur haute pression et de gaz de synthèse dont la composition peut être ajustée après reformage pour fabriquer des carburants synthétiques (10).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit cycle thermochimique (3) utilise l'air, la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone pour oxyder et réduire lesdits oxydes métalliques.
 7. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit air est de l'air enrichi en oxygène.
- 5

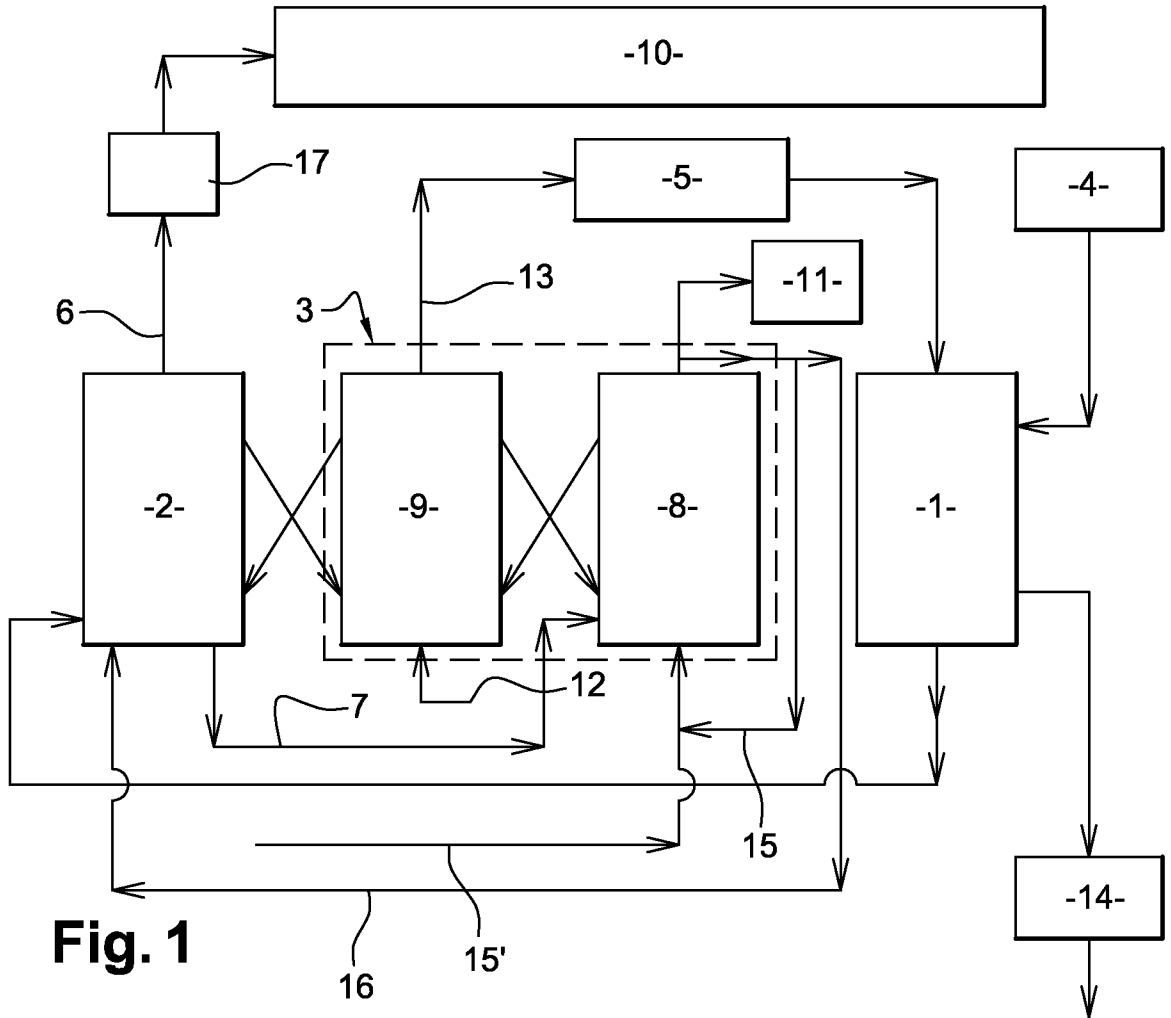


Fig. 1

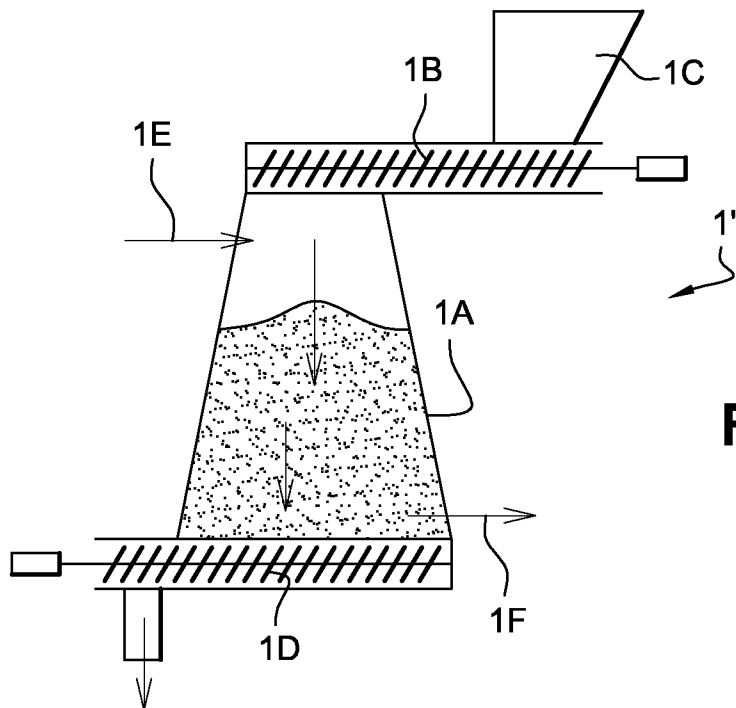


Fig. 2