

⑤④ Procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate de calcium et d'une autre espèce.

②② Date de dépôt : 30.07.21.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *WELYA Société par actions simplifiée* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 03.02.23 Bulletin 23/05.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 21.06.24 Bulletin 24/25.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : PONS Y MOLL Olivier.

⑦③ Titulaire(s) : *WELYA Société par actions simplifiée*.

⑦④ Mandataire(s) : IP TRUST.



Description

Titre de l'invention : Procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate de calcium et d'une autre espèce

DOMAINE DE L'INVENTION

- [0001] L'invention concerne un procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux et d'une autre espèce.
- [0002] En particulier, le procédé selon la présente invention propose de calciner du carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux dans une chambre de calcination dans laquelle l'atmosphère gazeuse est préalablement établie à une pression faible et notamment inférieure à 1 Atm, voir inférieure à 0,1 Atm.
- [0003] Par ailleurs, la calcination est exécutée au moyen d'un chauffage radiatif de manière à limiter les apports de matière et ainsi former du dioxyde de carbone relativement exempt d'impuretés.
- [0004] Ces différents aspects ouvrent la voie à une valorisation du CO₂ et permettent ainsi d'en limiter les impacts environnementaux.
- [0005] Le procédé selon la présente invention est avantageusement mis en œuvre pour la formation d'un clinker de ciment ou la formation d'un verre.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

- [0006] Un procédé de formation de ciment connu de l'état de la technique implique le chauffage d'un mélange composé de calcaire (CaCO₃) et d'argile. En particulier, lors de l'exécution du procédé de formation de ciment, le mélange est introduit dans un four rotatif et est porté à une température supérieure à 1450°C, et plus particulièrement comprise entre 1500°C et 1600°C, afin de former un clinker de ciment.
- [0007] Toutefois, ce procédé de formation, du fait des réactions mises en œuvre, génère des quantités de dioxyde de carbone (CO₂) relativement importantes et incompatibles avec la tendance générale visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- [0008] Notamment, la décarbonatation du calcaire (calcination), qui intervient dans le four rotatif dès lors que la température est supérieure à 800°C, est la principale source d'émissions de CO₂ des procédés de formation de ciment.
- [0009] Afin de pallier ce problème, et ainsi limiter les émissions de CO₂ lors de la formation de ciment, il a été proposé dans le document FR2961505 de considérer un mélange qui par sa composition émet moins de CO₂. En particulier, ce mélange considéré dans ce document présente une quantité de calcaire réduite.
- [0010] Néanmoins, lors de la mise en œuvre de ce procédé, les émissions de CO₂ restent conséquentes, et ne peuvent répondre de manière durable aux exigences en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

- [0011] De manière alternative, et tel que décrit dans le document EP3656750, il est possible de séquestrer le dioxyde de carbone susceptible d'être formé lors de la calcination du calcaire. Toutefois, le procédé proposé dans ce document conduit également à la formation de quantités importantes de CO₂. Par ailleurs, et du fait des impuretés présentes, la valorisation de CO₂ formé reste compliquée et coûteuse à mettre en œuvre.
- [0012] Toujours de manière alternative, et tel que divulgué dans le document EP1879693, il est possible de faire recirculer le dioxyde de carbone produit lors de la calcination du calcaire. L'énergie thermique de dioxyde de carbone, formé à haute température, peut notamment être utilisée pour sécher le carburant, notamment le carburant solide, nécessaire au chauffage du four rotatif, et ainsi améliorer le rendement énergétique du procédé de formation du ciment. Toutefois, les quantités CO₂ produites dans le cadre de ce procédé restent encore trop importantes.
- [0013] Un but de la présente invention est donc de proposer un procédé de formation d'un produit final impliquant la calcination d'un carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux et pour lequel les émissions de CO₂ sont réduites au regard des procédés connus de l'état de la technique.
- [0014] Un autre but de la présente invention est également de proposer un procédé de formation d'un produit final impliquant la calcination d'un carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux et pour lequel le CO₂ produit lors de la calcination est aisément récupéré sans procédé de séparation à des fins de valorisation.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

- [0015] Les buts de la présente invention sont, au moins en partie, atteints par un procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux, dit carbonate, et d'une autre espèce, le procédé comprenant les étapes suivantes :
- [0016] b) un traitement thermique du carbonate, dans une chambre de calcination, destiné à calciner ledit carbonate en oxyde d'alcalin ou d'alcalino terreux, dit espèce intermédiaire, et en dioxyde de carbone ;
- [0017] c) une étape d'extraction du dioxyde de carbone produit lors de l'exécution de l'étape b) ;
- [0018] d) une étape finale qui comprend le mélange de l'espèce intermédiaire et de l'autre espèce afin de former le produit final ;
- [0019] le procédé étant remarquable en ce que le traitement thermique est précédé d'une étape a) de pompage de l'atmosphère gazeuse dans la chambre de calcination de manière à maintenir la pression gazeuse dans ladite chambre de calcination à une pression inférieure à 1 atmosphère, avantageusement inférieure à 0,1 atmosphère, encore plus avantageusement inférieure à 0,05 atmosphère, et en ce que l'énergie

nécessaire à l'exécution de l'étape b) est apportée par une source radiative à travers une fenêtre de la chambre de calcination.

- [0020] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape a) est poursuivie après le démarrage de l'étape b) et tant que la température dans la chambre de calcination reste inférieure à une température prédéterminée, avantageusement la température prédéterminée est comprise entre 200°C et 600°C, encore plus avantageusement la température prédéterminée est comprise entre 300°C et 500°C.
- [0021] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape a) prend fin dès lors que la température dans la chambre de calcination est supérieure à la température prédéterminée.
- [0022] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape c) débute lors de l'exécution de l'étape b) et dès que la température dans la chambre de calcination est supérieure à la température prédéterminée.
- [0023] Selon un mode de mise en œuvre, le dioxyde de carbone extrait lors de l'étape c) est stocké ou transformé en un produit de valorisation.
- [0024] Selon un mode de mise en œuvre, l'apport d'énergie par la source radiative comprend la concentration, par au moins un miroir réfléchissant et à concentration, d'un rayonnement lumineux, notamment un rayonnement solaire, en direction de la chambre de calcination.
- [0025] Selon un mode de mise en œuvre, la calcination du carbonate de calcium au cours de l'étape b) est exécutée à une température comprise entre 400°C et 1000°C, avantageusement entre 800°C et 1000°C.
- [0026] Selon un mode de mise en œuvre, le carbonate comprend du carbonate de calcium de sorte que l'espèce intermédiaire comprenne de l'oxyde de calcium et avantageusement le produit final comprend un clinker de ciment.
- [0027] Selon un mode de mise en œuvre, l'autre espèce comprend de l'argile.
- [0028] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape d) est suivie d'une étape e) de traitement thermique final du mélange, le traitement thermique final étant exécuté à une température comprise entre 1000°C et 1600°C.
- [0029] Selon un mode de mise en œuvre, le dioxyde de carbone extrait de la chambre de calcination est injecté, avant son stockage, dans un échangeur de chaleur afin de chauffer, par échange de chaleur, un fluide d'échange.
- [0030] Selon un mode de mise en œuvre, le fluide d'échange chauffé est injecté dans un module de préchauffage destiné à préchauffer l'espèce intermédiaire formée dans la chambre de calcination et l'autre espèce.
- [0031] L'invention concerne également une installation pour la formation d'un produit final à partir d'un carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux, dit carbonate, et d'une autre espèce, l'installation comprenant :

- [0032] - une chambre de calcination, pour la calcination de carbonate en oxyde d'alcalin ou d'alcalino-terreux, dit espèce intermédiaire, et en dioxyde de carbone, faite de brique réfractaire et pourvue d'une fenêtre transparente ;
- [0033] - un moyen de pompage configuré pour pomper l'atmosphère gazeuse dans la chambre de calcination de manière à maintenir la pression gazeuse dans ladite chambre de calcination à une pression inférieure à 1 atmosphère, avantageusement inférieure à 0,1 atmosphère, encore plus avantageusement inférieure à 0,05 atmosphère ;
- [0034] - un moyen de chauffage radiatif configuré pour apporter l'énergie nécessaire à la calcination du carbonate à travers la fenêtre transparente ;
- [0035] - un moyen d'extraction configuré pour extraire le dioxyde de carbone formé lors de la calcination du calcaire dans la chambre de calcination.
- [0036] - un moyen de stockage destiné à stocker le dioxyde de carbone formé dans la chambre de calcination et extrait par le moyen d'extraction ;
- [0037] - un moyen de mélange de l'autre espèce avec l'espèce intermédiaire formé dans la chambre de calcination.
- [0038] Selon un mode de mise en œuvre, le moyen de chauffage radiatif comprend au moins un miroir réfléchissant parabolique configuré pour concentrer des rayonnements lumineux, notamment des rayonnements solaires, dans la chambre de calcination à travers la fenêtre transparente.
- [0039] Selon un mode de mise en œuvre, le moyen d'extraction comprend une vanne d'extraction, un conduit d'extraction sur lequel est disposé une pompe d'extraction, le conduit d'extraction reliant la chambre de calcination et le moyen de stockage.
- [0040] Selon un mode de mise en œuvre, un échangeur de chaleur est intercalé entre la pompe d'extraction et le moyen de stockage, l'échangeur de chaleur étant configuré pour chauffer un fluide d'échange par échange de chaleur avec le dioxyde de carbone extrait de la chambre de calcination.
- [0041] Selon un mode de mise en œuvre, ladite installation comprend également un module de préchauffage destiné à préchauffer, à partir du fluide d'échange chauffé dans l'échangeur de chaleur, l'espèce intermédiaire formée dans la chambre de calcination et l'autre espèce.
- [0042] Selon un mode de mise en œuvre, le moyen de pompage comprend une pompe reliée à la chambre de calcination par un conduit de pompage, ledit conduit de pompage étant pourvu d'une vanne de pompage.
- [0043] Selon un mode de mise en œuvre, ladite installation comprend en outre une unité de valorisation du dioxyde de carbone extrait lors de la calcination carbonate, l'unité de valorisation étant configurée pour transformer le dioxyde de carbone en un produit intermédiaire.

Brève description des dessins

- [0044] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée d'un procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux et d'une autre espèce selon la présente invention qui va suivre en référence aux figures annexées sur lesquelles :
- [0045] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique d'une installation susceptible d'être mise en œuvre pour la formation d'un produit final à partir de carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux et d'une autre espèce selon la présente invention ;
- [0046] [Fig.2] La [Fig.2] est une représentation schématique de l'étape a) du procédé de formation d'un produit final selon la présente invention ;
- [0047] [Fig.3] La [Fig.3] est une représentation schématique des étapes a), b), et c) du procédé de formation d'un produit final selon la présente invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0048] La présente invention concerne un procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate d'un carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux et d'une autre espèce. En particulier, le procédé selon la présente invention propose de calciner le d'un carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux, dit carbonate, dans une chambre de calcination dans laquelle l'atmosphère gazeuse est préalablement établie à une pression faible et notamment inférieure à 1 Atm, voir inférieure à 0,1 Atm.
- [0049] Par ailleurs, l'énergie thermique nécessaire à la calcination du carbonate est apportée par une source radiative, notamment un rayonnement lumineux, à travers une fenêtre transparente ménagée dans la chambre de calcination. En d'autres termes, le chauffage lors de la calcination du carbonate se fait sans apport de matière.
- [0050] Ainsi, la combinaison d'une atmosphère contrôlée et d'un chauffage sans apport de matière permet de former du dioxyde de carbone exempt d'impuretés et donc plus facilement valorisable.
- [0051] En d'autres termes la présente invention ne vise pas un procédé limitant la production de dioxyde de carbone, mais plutôt de produire du dioxyde de carbone relativement exempt d'impuretés de manière à en faciliter la valorisation et/ou séquestration.
- [0052] En particulier, le dioxyde de carbone ainsi formé peut être, du fait de sa pureté, utilisé comme gaz réfrigérant, ou valorisé en tant que réactif dans le cadre de procédés de synthèse organique, ou encore comme nourriture pour les algues.
- [0053] L'invention n'est toutefois pas limitée à ces seules applications, et l'homme du métier, sur la base de ses connaissances générales, pourra imaginer tout autre type d'applications.
- [0054] La suite de la description sera limitée à la calcination d'un carbonate de calcium et notamment pour la formation d'un clinker de ciment. Plus particulièrement, la

suite de la description se rapporte à la formation d'un clinker de ciment à partir de carbonate de calcium et d'argile. Toutefois, l'homme du métier pourra adapter la présente invention à la formation d'un produit final (différent du clinker de ciment) impliquant la calcination d'un carbonate d'alcalin (par exemple Na_2CO_3 , K_2CO_3) ou d'un carbonate d'alcalino-terreux (MgCO_3 , ou un mélange $\text{MgCO}_3/\text{CaCO}_3$).

- [0055] La [Fig.1] représente une installation 10 convenant à la mise en œuvre d'un procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate de calcium et d'une autre espèce.
- [0056] L'installation représentée à la [Fig.1] comprend une chambre de calcination 11 susceptible d'être mise en œuvre pour la calcination de calcaire (carbonate de calcium) en oxyde de calcium et en dioxyde de carbone.
- [0057] En particulier, la chambre de calcination 11 est formée de briques réfractaires 12 et est pourvue d'une fenêtre 13. Les briques réfractaires 12 peuvent avantageusement être configurées pour absorber un rayonnement lumineux de manière à permettre le chauffage d'un volume intérieur de la chambre de calcination 10, plus particulièrement, les briques réfractaires 12 peuvent être de couleur sombre, par exemple brune ou grise.
- [0058] La fenêtre 13 est transparente aux rayonnements visibles et ultraviolets, et peut comprendre, sur sa surface intérieure, un traitement opacifiant aux rayonnements infrarouges (par rayonnement infrarouge, on entend un rayonnement dont la ou les longueurs d'onde sont supérieures à 700 nm).
- [0059] L'installation 10 comprend également un moyen de pompage 14 configuré pour extraire, en partie, l'atmosphère gazeuse dans la chambre de calcination de manière à maintenir la pression gazeuse dans ladite chambre de calcination à une pression inférieure à 1 atmosphère, avantageusement inférieure à 0,1 atmosphère, encore plus avantageusement inférieure à 0,05 atmosphère. Notamment, le moyen de pompage 14 comprend une pompe 15 reliée à la chambre de calcination 11 par un conduit de pompage, ledit conduit de pompage 16 étant pourvu d'une vanne de pompage 17.
- [0060] L'installation 10 comprend également un moyen d'extraction 18 configuré pour extraire le dioxyde de carbone formé lors de la calcination du calcaire dans la chambre de calcination.
- [0061] Le moyen d'extraction 18 peut comprendre un conduit d'extraction 19, une vanne d'extraction 20, et une pompe d'extraction 21. Le moyen d'extraction 18 peut relier la chambre de calcination 11 et un moyen de stockage 22. Le moyen de stockage 22, par exemple un réservoir, est notamment adapté pour stocker le dioxyde de carbone susceptible d'être formé dans la chambre de calcination 11.
- [0062] L'installation 10 peut comprendre un échangeur de chaleur 23 intercalé entre la pompe d'extraction 18 et le moyen de stockage 22. L'échangeur de chaleur 23 est notamment configuré pour permettre un échange de chaleur entre le dioxyde de

carbone extrait de la chambre de calcination et un fluide d'échange. En particulier, cet échange de chaleur permet d'imposer une augmentation de température au fluide d'échange. A cet égard, l'échangeur de chaleur 23 comprend un conduit de circulation du fluide d'échange reliant une entrée 23a et une sortie 23b, dans lequel du fluide d'échange peut circuler et être chauffé par échange thermique avec le dioxyde de carbone extrait de la chambre de calcination 11.

- [0063] L'installation 10 peut également comprendre un module de préchauffage 24 destiné à préchauffer l'oxyde de calcium formé dans la chambre de calcination, et/ou le mélange formé par l'oxyde de calcium et l'argile. Le module de préchauffage 24 est pourvu d'une entrée 24a et d'une sortie 24b reliées par un conduit de circulation dudit module 24. Plus particulièrement, le module de préchauffage 24 est agencé pour que le fluide d'échange chauffé dans l'échangeur de chaleur 23 et sortant par la sortie 23b dudit échangeur 23 soit injecté dans le module de préchauffage 24 par l'entrée 24a et en ressorte par la sortie 24b. Cette circulation permet ainsi d'assurer un préchauffage des matières premières destinées à former le clinker de ciment.
- [0064] L'installation comprend également un moyen de chauffage 25 radiatif configuré pour apporter l'énergie nécessaire à la calcination de calcaire à travers la fenêtre transparente.
- [0065] En particulier, le moyen de chauffage peut comprendre au moins un miroir réfléchissant 26 agencé pour concentrer un rayonnement lumineux à l'intérieur de la chambre de calcination 11.
- [0066] Plus particulièrement, l'au moins un miroir réfléchissant 26 est parabolique et est agencé pour concentrer le rayonnement solaire à l'intérieur de la chambre de calcination 11. Le moyen de chauffage 25 est, à cet égard, configuré pour permettre la calcination du calcaire en oxyde de calcium et en dioxyde de carbone dans le volume intérieur de la chambre de calcination. Plus particulièrement, le moyen de chauffage 25 est configuré pour permettre un chauffage à une température comprise entre 800°C et 1000°C dans la chambre de calcination.
- [0067] Enfin, l'installation 10 comprend un four rotatif 27 configuré pour permettre la formation d'un clinker de ciment à partir d'oxyde de calcium et d'argile.
- [0068] L'installation 10 selon la présente invention, et notamment la chambre de calcination 11, permet la formation de dioxyde de carbone relativement exempt d'impuretés et donc directement valorisable. En effet, l'agencement proposé permet de limiter la présence de contaminants dans le dioxyde de carbone susceptible d'être formé lors de la calcination du calcaire, et ainsi d'en faciliter la valorisation.
- [0069] La présente invention concerne également un procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate de calcium et d'une autre espèce. Le procédé peut notamment être mis en œuvre au moyen de l'installation décrite ci-avant.

- [0070] En particulier, et tel qu'illustré à la [Fig.2], le procédé comprend une étape a) qui comprend la disposition de calcaire CA dans la chambre de calcination 11 et l'extraction, au moins partielle, de l'atmosphère gazeuse dans ladite chambre de calcination 11 de manière à maintenir la pression gazeuse dans ladite chambre de calcination à une pression inférieure à 1 atmosphère, avantageusement inférieure à 0,1 atmosphère, encore plus avantageusement inférieure à 0,05 atmosphère. L'exécution de l'étape a) peut notamment mettre en œuvre l'ouverture de la vanne de pompage 17 et le démarrage de la pompe 15.
- [0071] Tel qu'illustré à la [Fig.3], le procédé comprend également une étape b) de traitement thermique du carbonate de calcium CA afin de le transformer en oxyde de calcium et en dioxyde de carbone. Notamment, ce traitement thermique est exécuté de sorte que la température dans le volume intérieur de la chambre de calcination atteigne une température supérieure à 800°C et avantageusement inférieure à 1000°C.
- [0072] Si d'autres carbonates devaient être considérés, la température de calcination pourrait être différente. Par exemple la calcination du MgCO_3 peut être mise en œuvre à partir de 400°C, et avantageusement à une température inférieure à 600°C.
- [0073] De manière avantageuse, l'étape a) peut se poursuivre après le démarrage de l'étape b) et tant que la température dans la chambre de calcination 11 reste inférieure à une température prédéterminée, avantageusement la température prédéterminée est comprise entre 300°C et 500°C, encore plus avantageusement la température prédéterminée est comprise entre 350°C et 450°C. Toujours de manière avantageuse, l'étape a) peut prendre fin dès lors que la température dans la chambre de calcination est supérieure à la température prédéterminée. Notamment, l'étape a) peut être stoppée par fermeture de la vanne de pompage 17 et arrêt de la pompe 15.
- [0074] Le procédé selon la présente invention comprend une étape c) d'extraction du dioxyde de carbone produit lors de l'exécution de l'étape b) ([Fig.3]). De manière avantageuse, l'étape c) débute lors de l'exécution de l'étape b) et dès que la température dans la chambre de calcination est supérieure à la température prédéterminée.
- [0075] L'exécution de l'étape c) peut, à cet égard, comprendre l'ouverture de la vanne d'extraction 20 et le démarrage de la pompe d'extraction 21.
- [0076] Le dioxyde de carbone extrait lors de l'étape c) peut être stocké ou transformé en un produit de valorisation.
- [0077] De manière avantageuse, le dioxyde de carbone extrait de la chambre de calcination est injecté, avant son stockage, dans l'échangeur de chaleur afin de chauffer, par échange de chaleur, un fluide d'échange. Ainsi, le fluide d'échange chauffé peut être injecté dans le module de préchauffage afin de préchauffer l'oxyde de calcium formé dans la chambre de calcination et l'autre espèce.

- [0078] Le procédé selon la présente invention comprend également une étape d) qui comprend le mélange de l'oxyde de calcium et de l'autre espèce afin de former le produit final.
- [0079] L'étape d) peut être suivie d'une étape e) de traitement thermique final du mélange exécuté à une température comprise entre 1000°C et 1600°C.
- [0080] Selon un mode de réalisation particulier, l'autre espèce comprend de l'argile et le produit final comprend un clinker de ciment.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de formation d'un produit final à partir de carbonate d'alcalin ou d'alcalino-terreux, dit carbonate, et d'une autre espèce, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- b) un traitement thermique du carbonate, dans une chambre de calcination (11), destiné à calciner ledit carbonate en oxyde d'alcalin ou d'alcalino terreux, dit espèce intermédiaire, et en dioxyde de carbone ;
- c) une étape d'extraction du dioxyde de carbone produit lors de l'exécution de l'étape b) ;
- d) une étape finale qui comprend le mélange de l'espèce intermédiaire et de l'autre espèce afin de former le produit final ;

le procédé étant caractérisé en ce que le traitement thermique est précédé d'une étape a) de pompage de l'atmosphère gazeuse dans la chambre de calcination (11) de manière à maintenir la pression gazeuse dans ladite chambre de calcination (11) à une pression inférieure à 1 atmosphère, avantageusement inférieure à 0,1 atmosphère, encore plus avantageusement inférieure à 0,05 atmosphère, et en ce que l'énergie nécessaire à l'exécution de l'étape b) est apportée par une source radiative à travers une fenêtre de la chambre de calcination (11), dans lequel l'étape a) est poursuivie après le démarrage de l'étape b) et tant que la température dans la chambre de calcination (11) reste inférieure à une température prédéterminée, la température prédéterminée est comprise entre 200°C et 600°C, plus avantageusement la température prédéterminée est comprise entre 300°C et 500°C, dans lequel l'étape a) prend fin dès lors que la température dans la chambre de calcination (11) est supérieure à la température prédéterminée.

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape c) débute lors de l'exécution de l'étape b) et dès que la température dans la chambre de calcination (11) est supérieure à la température prédéterminée.

[Revendication 3]

Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel le dioxyde de carbone extrait lors de l'étape c) est stocké ou transformé en un produit de valorisation.

- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'apport d'énergie par la source radiative comprend la concentration, par au moins un miroir réfléchissant (26) et à concentration, d'un rayonnement lumineux, notamment un rayonnement solaire, en direction de la chambre de calcination (11).
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la calcination du carbonate au cours de l'étape b) est exécutée à une température comprise entre 400°C et 1000°C, avantageusement entre 800°C et 1000°C.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le carbonate comprend du carbonate de calcium de sorte que l'espèce intermédiaire comprend de l'oxyde de calcium et l'autre espèce comprend de l'argile, avantageusement le produit final comprend un clinker de ciment.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape d) est suivie d'une étape e) de traitement thermique final du mélange, le traitement thermique final étant exécuté à une température comprise entre 1000°C et 1600°C.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le dioxyde de carbone extrait de la chambre de calcination (11) est injecté, avant son stockage, dans un échangeur de chaleur afin de chauffer, par échange de chaleur, un fluide d'échange, avantageusement, le fluide d'échange chauffé est injecté dans un module de préchauffage destiné à préchauffer l'oxyde de calcium formé dans la chambre de calcination (11) et l'autre espèce.

[Fig. 1]

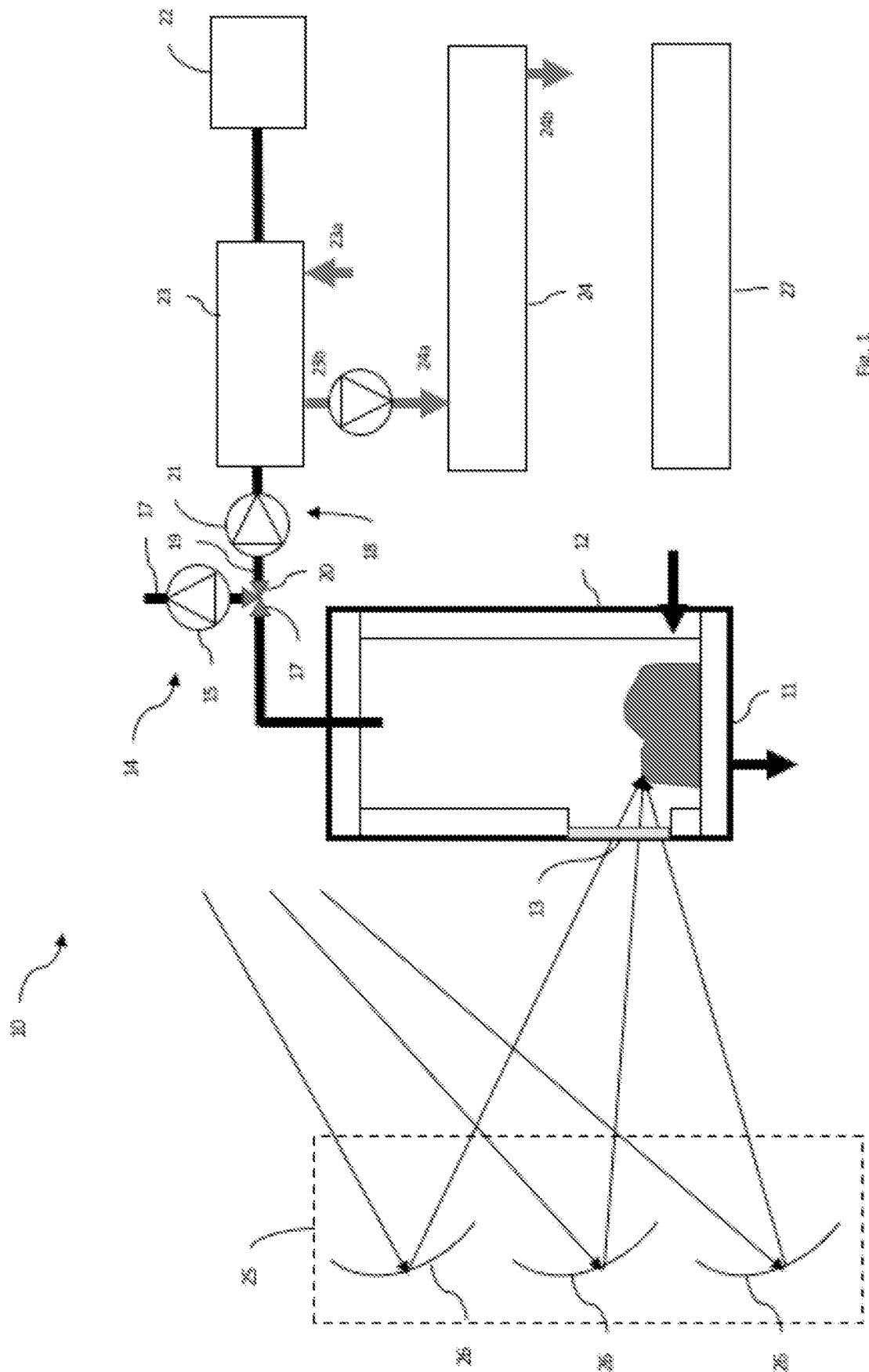


Fig. 1

[Fig. 2]

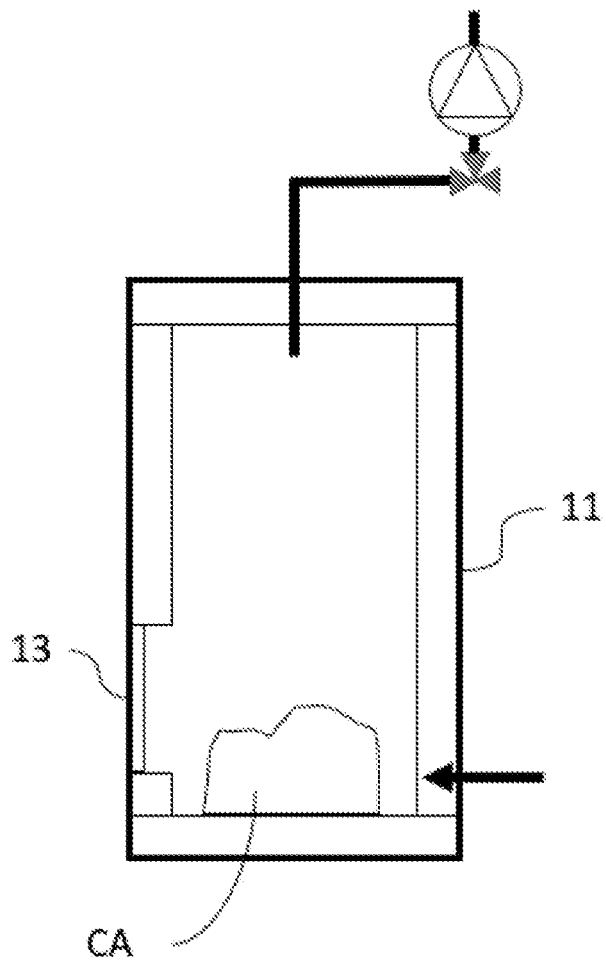


Fig. 2

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

WO 2007/002792 A2 (UNIV OHIO STATE [US];
FAN LIANG-SHIH [US] ET AL.)
4 janvier 2007 (2007-01-04)

CN 106 587 667 A (LIUZHOU CHANGQUAN TRADE
CO LTD) 26 avril 2017 (2017-04-26)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT