

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 29/10/2021

(21) Numéro de demande : BE2020/5223

(22) Date de dépôt : 07/04/2020

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : B01D 53/62, C04B 2/12, F23C 3/00, F23C 9/06, F23D 99/00, F23L 7/00, F27B 1/04, F27B 1/04

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

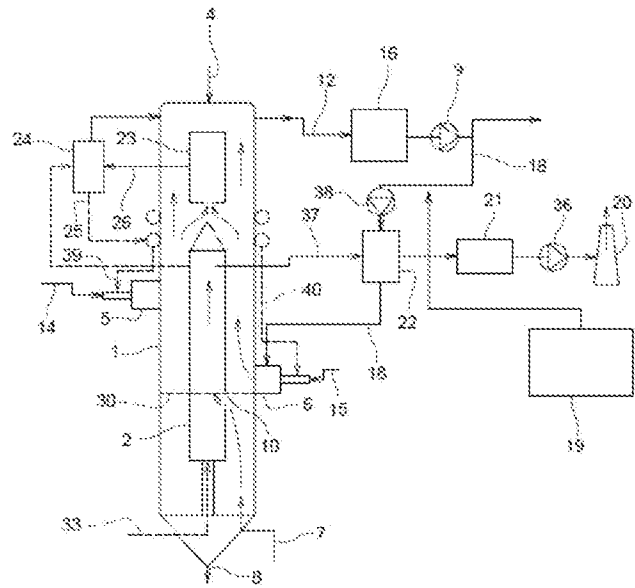
S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT
SA
1342, OTTIGNIES-LOUVAIN-LA-NEUVE
Belgique

(72) Inventeur(s) :

HABIB Ziad
1630 LINKEBEEK
Belgique

(54) Procédé de calcination de chaux ou dolomie et four droit annulaire mis en œuvre

Fig. 2



Procédé de calcination de chaux ou dolomie et four droit annulaire mis en œuvre

La présente invention se rapporte à un procédé de calcination de chaux ou dolomie dans un four droit annulaire présentant un cylindre externe et un cylindre interne formant entre eux un espace annulaire. On connaît un procédé de ce type qui comprend

- une alimentation en matière à calciner calcaire ou dolomitique au haut de l'espace annulaire dans lequel elle descend,
- une introduction de premières fumées de combustion dans ledit espace annulaire, à un premier niveau du four,
- une introduction de secondes fumées de combustion dans ledit espace annulaire, à un second niveau du four inférieur au premier niveau susdit,
- un préchauffage et une calcination de la matière à calciner en cours de descente dans l'espace annulaire, au contact des premières fumées de combustion et d'au moins une partie desdites secondes fumées de combustion qui subissent un tirage vers le haut, en contre-courant de la matière à calciner, et sont évacuées au haut du four sous la forme d'un courant gazeux supérieur,
- un refroidissement de la matière calcinée par amenée d'air de refroidissement de produit au bas de l'espace annulaire,
- une aspiration de cet air de refroidissement à l'intérieur du cylindre interne, à un troisième niveau du four inférieur au second niveau susdit,
- une extraction hors du four, à partir du cylindre interne, d'un courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement de produit, et

- un déchargement de chaux ou dolomie calcinée au bas du four (voir demande de brevet internationale WO2018/002151).

Au cours de ce processus, la matière calcaire ou dolomitique de départ dégage un important volume de CO₂ pendant sa calcination en chaux ou dolomie. De plus, pour réaliser cette calcination, il faut atteindre des températures élevées et donc procéder à la combustion de combustibles, ce qui, à son tour, provoque un dégagement important de CO₂. Globalement, les procédés de calcination présentent l'inconvénient de participer activement à l'augmentation de l'effet de serre.

Ce procédé tout à fait courant présente en outre l'inconvénient de prévoir une combustion de combustible avec de l'air et le refroidissement du produit calciné par de l'air. Il en résulte un dégagement au haut du four d'un courant gazeux présentant un taux élevé d'azote diatomique, et un taux comparativement faible de CO₂ (concentration en volume de l'ordre de 25% à 35% sur gaz sec), qu'il est coûteux de capturer en raison de la forte présence de diazote provenant de l'air utilisé.

Des tentatives ont déjà été mises en œuvre pour permettre d'éviter ces inconvénients.

On connaît déjà un four de calcination où un recyclage du CO₂ est prévu (US2020/0048146). Dans ce four, le CO₂ issu de la calcination est, en partie, chauffé et recyclé dans le four pour provoquer la calcination de la matière première et, en partie, dégagé hors de l'appareil sous forme d'effluent concentré en CO₂. Le gaz recyclé doit toutefois être chauffé à la température de calcination. Pour cela la combustion d'un combustible est requise et est effectuée dans l'air en dégageant un effluent gazeux où le CO₂ se trouve sous forme diluée.

La présente invention a pour but, à des fins d'utilisation ou de séquestration, de permettre une capture partielle ou totale du CO₂ dégagé au cours du procédé de calcination dans un four droit annulaire, non seulement lors de la calcination proprement dite, mais aussi au cours
5 de la combustion du combustible nécessaire pour atteindre la température de calcination, et cela sans modification, ou sans modification majeure, du four droit annulaire et du procédé qui y est mis en œuvre.

Pour résoudre ce problème il est prévu que le procédé
10 indiqué plus haut comprenne

- un prélèvement d'une partie du courant gazeux supérieur, évacué du four,
- une formation d'un premier mélange comburant par mélange de cette partie de courant gazeux supérieur avec du dioxygène pur,
- 15 - pour former lesdites secondes fumées de combustion, une combustion d'un combustible dans ce premier mélange comburant, et
- une élimination du courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement de produit.

20 Cette combustion dans du dioxygène donnant lieu aux secondes fumées de combustion a pour effet de produire dans celles-ci principalement du CO₂ à côté de quelques impuretés, présentes sous la forme de traces dans le combustible et dans la matière à calciner, et d'un peu d'oxygène non consommé par la combustion du combustible. Il en
25 résulte évidemment une augmentation drastique de la teneur en CO₂ du courant gazeux dégagé au haut du four.

La combustion du combustible dans du dioxygène pur donnerait lieu à des températures de flamme trop élevées pour les équipements usuels du four. Aussi, il est prévu suivant l'invention de

prélever une partie du courant gazeux supérieur riche en CO_2 et de le mélanger au dioxygène. Au lieu d'un comburant usuel formé du mélange $\text{O}_2 + \text{N}_2$ de l'air, on obtient ainsi un mélange $\text{O}_2 + \text{CO}_2$ à température de flamme appropriée, en produisant au haut du four un courant gazeux de plus en plus concentré en CO_2 . Ce CO_2 devient ainsi utilisable ou séquestrable dans des conditions favorables, ce qui permet de diminuer radicalement la contribution à l'effet de serre du four.

La mise en œuvre de ce procédé ne requiert pas nécessairement d'aménagement particulier du four en soi. Les seules modifications à apporter à celui-ci peuvent être simplement extérieures au four et consister à changer les circuits des fumées sortant du four et à prévoir au moins une source de dioxygène pur.

Par dioxygène pur (encore appelé oxygène dans la suite), il faut entendre suivant l'invention un gaz dont le taux en oxygène dépasse 50% en volume. Il sera de préférence égal ou supérieur à 95%, avantageusement de 98 à 100% en volume. La source de dioxygène pur peut, par exemple, être une unité de séparation d'air qui sépare l'air en dioxygène et diazote (encore appelé dans la suite azote) et qui travaille en parallèle au four, ou encore un réservoir de dioxygène installé à côté du four.

Par combustible, on entend, suivant l'invention, tout combustible solide, liquide ou gazeux, par exemple du gaz naturel, de l'hydrogène, du biogaz, du fioul, des huiles, du charbon ou du coke en poudre, de la biomasse solide, comme de la sciure de bois, du combustible solide de récupération, comme des plastiques, du papier, des cartons, etc.

Suivant un mode de réalisation de l'invention, ledit tirage vers le haut et ladite aspiration dans ledit cylindre interne sont réglés de manière à s'équilibrer dans l'espace annulaire de telle façon qu'une

première partie des secondes fumées de combustion est amenée par ledit tirage vers le haut de l'espace annulaire, en contre-courant de la matière à calciner, et qu'une seconde partie des secondes fumées de combustion est amenée vers le bas de l'espace annulaire, en co-courant de la matière à calciner, puis à l'intérieur du cylindre interne, par ladite aspiration de l'air de refroidissement de produit, en formant un mélange d'air de refroidissement de produit et de secondes fumées de combustion, à titre de courant gazeux inférieur susdit.

Conformément à ce mode de réalisation, le four n'a subi aucun aménagement intérieur, c'est-à-dire qu'il prévoit, comme dans les fours droits annulaires usuels, une zone de calcination en contre-courant de la matière à calciner et une zone de calcination en co-courant de cette dernière. Dans le courant gazeux supérieur, la concentration en CO_2 sur gaz sec est égale ou supérieure à 80% en volume sur gaz sec, en particulier supérieure à 85% en volume sur gaz sec, et de préférence supérieure à 90% ou même à 95% en volume sur gaz sec, et est donc parfaitement capturable. Dans ce mode de réalisation, le courant gazeux inférieur formé d'un mélange d'air de refroidissement de produit et de CO_2 à plus faible concentration en CO_2 (environ 40-60% sur gaz sec en volume) est éliminé, par exemple par une cheminée, ou reconcentré en CO_2 avec un procédé adapté.

Suivant un autre mode de réalisation de l'invention, ledit tirage vers le haut et ladite aspiration dans ledit cylindre interne sont réglés de manière à s'équilibrer dans l'espace annulaire de telle façon que la totalité des secondes fumées de combustion introduites dans l'espace annulaire subit le tirage vers le haut susdit et est incorporée dans ledit courant gazeux supérieur, le courant gazeux inférieur étant formé uniquement d'air de refroidissement de produit. Un tel procédé est rendu possible par exemple par une modification de la localisation mutuelle entre les ouïes de reprise permettant une aspiration de l'air de

refroidissement de produit à l'intérieur du cylindre interne et les chambres de combustion inférieures où sont produites les fumées de combustion inférieures. Suivant ce mode de réalisation, le courant gazeux inférieur est formé uniquement d'air de refroidissement de produit, dont la température a augmenté au contact de la matière calcinée dans la zone de refroidissement et tout le CO₂ produit par la calcination et par la combustion donnant lieu aux fumées de combustion inférieures est capturé dans le courant gazeux supérieur évacué hors du four.

Suivant un mode particulier de réalisation de l'invention, en amont de ladite combustion donnant lieu aux secondes fumées de combustion, le procédé comprend un échange de chaleur entre, d'une part, ledit premier mélange comburant et, d'autre part, ledit courant gazeux inférieur, qui est extrait hors du four. Comme on l'a indiqué ci-dessus, selon le cas, le courant gazeux inférieur est formé d'un mélange d'air de refroidissement de produit et de secondes fumées de combustion ou simplement d'air de refroidissement de produit. Ce courant gazeux inférieur a été chauffé au contact de la matière calcinée et permet, par échange de chaleur, de réguler à la température adéquate la partie de courant gazeux supérieur qui va être ou est mélangée au dioxygène. Pour permettre la combustion de combustible donnant lieu aux secondes fumées de combustion, il faut en effet que le comburant atteigne une température appropriée. Par cette récupération de chaleur, le courant gazeux inférieur est aussi favorablement refroidi avant son élimination dans l'atmosphère, ou sa réutilisation à des fins diverses.

Suivant l'invention le dioxygène est mélangé à ladite partie prélevée du courant gazeux supérieur évacué hors du haut du four, en amont ou en aval dudit échange de chaleur.

Suivant un autre mode du procédé suivant la présente invention, celui-ci comprend, pour former lesdites premières fumées de

combustion, une combustion d'un combustible dans un second mélange comburant de dioxyde de carbone et de dioxygène pur. Le comburant usuel à base d'air est ici aussi remplacé, au niveau des chambres de combustion où sont produites les premières fumées de combustion, par un mélange de dioxygène et d'un gaz concentré en CO₂. Le dioxygène pur peut provenir d'une unité de séparation d'air ou d'un réservoir à oxygène. Ceux-ci peuvent être les mêmes que ceux utilisés pour alimenter les chambres de combustion inférieures ou être des dispositifs différents. Le gaz concentré en CO₂, mélangé au dioxygène, peut provenir de n'importe quelle source de CO₂ extérieure au four ou propre à celui-ci. Le second mélange comburant peut aussi être un mélange gazeux O₂ + CO₂ utilisé préalablement pour refroidir l'enveloppe du cylindre interne.

Par exemple, le procédé peut comprendre

- 15 - un prélèvement d'une partie additionnelle du courant gazeux supérieur, évacué hors du four,
- un mélange de cette partie additionnelle du courant gazeux supérieur avec du dioxygène pur pour former ledit second mélange comburant, et
- 20 - une combustion d'un combustible dans ce second mélange comburant pour former lesdites premières fumées de combustion.

Dans ce cas, il n'y a plus utilisation d'air ni pour former les fumées de combustion inférieures, ni pour former les fumées de combustion supérieures. Il en résulte que le courant gazeux évacué hors du haut four est particulièrement concentré et donc parfaitement utilisable ou séquestrable.

Suivant un mode avantageux de réalisation, le procédé comprend en outre une récupération hors du four d'une fraction gazeuse formée des premières fumées de combustion et d'au moins une partie

des secondes fumées de combustion tirées vers le haut du four et, en amont de ladite combustion donnant lieu aux premières fumées de combustion, un échange de chaleur entre, d'une part, cette fraction gazeuse récupérée et, d'autre part, le second mélange comburant susdit.

Suivant un mode de réalisation particulier de l'invention, le procédé comprend un refroidissement du cylindre interne par un mélange gazeux de dioxyde de carbone et de dioxygène. Après ce refroidissement, ce mélange gazeux peut servir de mélange comburant additionnel pour ladite combustion du combustible donnant lieu aux secondes fumées de combustion. Il peut aussi servir de second mélange comburant ou de mélange comburant additionnel pour ladite combustion du combustible donnant lieu aux premières fumées de combustion.

Selon le procédé suivant l'invention, le courant gazeux supérieur susdit présente une concentration en CO_2 sur gaz sec égale ou supérieure à 80% en volume, en particulier supérieure à 85% en volume, et de préférence supérieure à 90% ou même à 95% en volume sur gaz sec.

D'autres détails et particularités du procédé suivant l'invention sont indiqués dans les revendications annexées.

L'invention concerne également un four droit annulaire pour la calcination de chaux ou de dolomie.

Un four droit annulaire usuel comprend

- un cylindre externe,
- un cylindre interne formant un espace annulaire avec le cylindre externe,
- au haut du four, une entrée d'alimentation pour introduire dans l'espace annulaire une matière à calciner calcaire ou dolomitique,
- plusieurs chambres de combustion supérieures, qui sont agencées à un premier niveau du four, et dans lesquelles a lieu une combustion

d'un combustible, de manière à introduire dans l'espace annulaire des premières fumées de combustion,

- plusieurs chambres de combustion inférieures, qui sont agencées à un second niveau du four inférieur audit premier niveau et dans lesquelles a lieu une combustion d'un combustible, de manière à introduire dans l'espace annulaire des secondes fumées de combustion,
- une entrée d'air de refroidissement de produit au bas de l'espace annulaire,
- une décharge pour récolter la chaux ou dolomie calcinée au bas du four,
- des moyens de tirage vers le haut qui évacuent hors du haut du four, au travers d'un conduit de sortie, un courant gazeux supérieur formé des premières fumées de combustion et d'au moins une partie desdites secondes fumées de combustion,
- des ouïes de reprise prévues dans le cylindre interne à un troisième niveau inférieur au second niveau susdit, et
- des moyens d'aspiration qui, par lesdites ouïes de reprise, aspirent l'air de refroidissement de produit depuis l'espace annulaire dans le cylindre interne et qui extraient hors du four, au travers d'un conduit d'extraction, un courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement de produit.

Comme expliqué précédemment, un tel four présente l'inconvénient de dégager dans l'atmosphère des volumes importants de gaz de fumée contenant une teneur élevée en azote et une teneur peu concentrée en CO₂.

Un four droit annulaire suivant l'invention comprend en outre

- un circuit de recirculation qui est agencé entre le conduit de sortie du courant gazeux supérieur susdit et lesdites chambres de

combustion inférieures et dans lequel est prélevée une partie du courant gazeux supérieur susdit évacué au haut du four, et

- une source de dioxygène pur qui communique avec le circuit de recirculation et alimente en dioxygène la partie du courant gazeux supérieur susdit passant dans le circuit de recirculation, en formant ainsi un premier mélange comburant pour ladite combustion de combustible dans lesdites chambres de combustion inférieures.

Suivant une forme de réalisation de l'invention, un échangeur de chaleur est agencé dans le circuit de recirculation de manière à permettre un échange de chaleur entre, d'une part, ledit premier mélange comburant passant dans ce circuit de recirculation et, d'autre part, le courant gazeux inférieur extrait hors du four par ledit conduit d'extraction.

Le courant gazeux de fumées de combustion qui sort au haut du four est refroidi. Par cet échange de chaleur la partie prélevée et remise en circulation de ce courant gazeux ainsi que le dioxygène peuvent être ainsi chauffés à une température adéquate pour la combustion dans les chambres de combustion inférieures.

Suivant une forme de réalisation particulièrement avantageuse du four suivant l'invention, il comprend en outre un conduit d'alimentation en mélange comburant qui alimente les chambres de combustion supérieures et qui est raccordé à une source de dioxygène pur et à une source de CO_2 et/ou à une source d'un mélange gazeux $\text{O}_2 + \text{CO}_2$.

Suivant une forme particulière de réalisation de l'invention, le four comprend, comme source de CO_2 , un circuit de recyclage qui est agencé entre le conduit de sortie du courant gazeux supérieur susdit et le conduit d'alimentation en mélange comburant des chambres de

combustion supérieures et dans lequel passe une partie additionnelle prélevée du courant gazeux supérieur susdit.

Suivant une autre forme de réalisation, la source d'un mélange gazeux $O_2 + CO_2$, susdite est raccordée, par un conduit d'amenée, à un système de refroidissement du cylindre interne du four, et ensuite au conduit d'alimentation en mélange comburant.

Avantageusement, dans le four droit annulaire suivant l'invention, le conduit d'alimentation en mélange comburant est agencé de manière à alimenter non seulement les chambres de combustion supérieures, mais également les chambres de combustion inférieures.

Suivant une forme de réalisation avantageuse de l'invention, le four comporte, à son sommet, des moyens de séparation d'une fraction gazeuse formée des premières fumées de combustion et d'au moins une partie des secondes fumées de combustion tirées vers le haut du four, un conduit de récupération de cette fraction gazeuse séparée et un échangeur de chaleur monté dans le circuit de recyclage de manière à permettre un échange de chaleur entre, d'une part, la fraction gazeuse séparée passant dans le conduit de récupération et, d'autre part, le second mélange comburant.

D'autres détails et particularités de l'invention ressortiront de la description donnée ci-après, à titre illustratif, d'exemples de réalisation suivant l'invention.

La figure 1 représente une vue en coupe axiale d'un four de calcination droit annulaire usuel.

La figure 2 représente de manière schématique un four droit annulaire usuel semblable à celui de la figure 1, de manière à illustrer de manière schématique son fonctionnement.

Les figures 3 à 5 représentent de manière schématique plusieurs formes de réalisation de four droit annulaire qui ont été aménagées suivant l'invention.

Ainsi qu'il ressort de la figure 1, un four droit annulaire usuel pour la calcination de roche calcaire ou dolomitique comprend un cylindre externe 1 et un cylindre interne 2 formant entre eux un espace annulaire 3 dans lequel descend la matière à calciner. La matière crue est introduite par le haut du four à l'entrée 4 et le produit cuit est déchargé par le bas par la décharge 8. Le combustible est injecté à deux niveaux au moyen des brûleurs de plusieurs chambres de combustion supérieures 5 et inférieures 6 (de 4 à 6 chambres selon la capacité du four). De manière générale, 1/3 du combustible est injecté dans les chambres 5 et 2/3 dans les chambres 6. La totalité des fumées des chambres supérieures 5 et une partie des fumées des chambres inférieures 6 sont tirées vers le haut par un ventilateur de tirage 9, donc à contre-courant du mouvement de la charge de matière, et évacuées par le conduit de sortie 12. Dans la zone A du four il se produit ainsi un préchauffage de la matière à calciner et dans la zone B une calcination à contre-courant. L'autre partie des gaz de fumées des chambres de combustion inférieures 6 est tirée vers le bas par une dépression créée au niveau des ouïes de reprise 10 prévues dans le cylindre interne 2, plus bas que les chambres de combustion 6. C'est la zone C de calcination en co-courant.

De l'air de refroidissement de produit est introduit par l'entrée 7 au bas de l'espace annulaire 3, pour refroidir la matière calcinée dans la zone D de refroidissement. Au niveau des ouïes 10 les fumées de la zone C de calcination en co-courant se mélangent alors avec l'air de refroidissement de produit introduit au bas du four en 7. Ce mélange forme un courant gazeux inférieur qui est extrait hors du cylindre interne 2 par des moyens d'aspiration, tels qu'un éducteur de recirculation 11, et

est remis en circulation dans les chambres de combustion inférieures 6 par un conduit de recirculation 13, et cela pour y servir de gaz comburant.

Ce four comporte en outre un cylindre supérieur 23 qui sert à séparer une fraction des fumées de combustion qui montent dans le four et qui dirige cette fraction gazeuse par un conduit de récupération 26 dans un récupérateur de chaleur 24. Dans celui-ci a lieu un échange de chaleur entre la fraction gazeuse récupérée et un air fourni par un conduit d'alimentation d'air moteur 31. Cet air moteur ainsi préchauffé est amené par un conduit de transfert 32 à l'éducteur de recirculation 11 pour permettre son fonctionnement.

De l'air de refroidissement est aussi, par un conduit d'amenée 33, introduit dans un système de refroidissement du cylindre interne 2 pour refroidir celui-ci.

Exemple 1 (selon l'art antérieur).

La figure 2 représente un four droit annulaire usuel de manière schématique.

A titre d'exemple, ce four permet une production de 170 tonnes par jour de chaux. Du calcaire est introduit dans le four par l'entrée 4 et il est calciné pour former un produit sous forme de poudre de chaux vive qui est déchargée en 8.

Le combustible introduit dans les chambres de combustion 5 et 6 peut être un combustible solide, tel que du coke et du charbon en poudre, une biomasse, ou fluide, comme du gaz naturel, de l'hydrogène, entre autres. Il est brûlé dans ces chambres en présence d'un comburant. Il est amené aux brûleurs des chambres 5 par un conduit d'alimentation de combustible¹⁴ et aux brûleurs des chambres 6 par un conduit d'amenée de combustible¹⁵.

Dans les chambres de combustion supérieures 5, le comburant est de l'air, qui, comme il est connu, contient en moyenne 79% en volume de N_2 et 21% en volume de O_2 . Cet air est, dans cet exemple de réalisation, l'air de refroidissement du cylindre interne 2 fourni par le conduit d'amenée 33, chauffé lors de son parcours dans le système de refroidissement du cylindre interne 2 et recyclé sous forme d'air comburant aux brûleurs des chambres de combustion 5 et 6 par des conduits de recyclage 34 et 35 respectivement.

Le tirage vers le haut par des moyens de tirage usuels 9 entraîne vers le haut les fumées de combustion des chambres de combustion supérieures 5 et une partie des fumées de combustion des chambres de combustion inférieures 6. Par des moyens d'aspiration, tels que l'éducteur de recirculation 11, une autre partie des fumées de combustion des chambres de combustion inférieures 6 est aspirée vers le bas, puis entraînée à l'intérieur du cylindre interne 2 au travers des ouïes de reprise 10. L'équilibre entre le tirage vers le haut et l'aspiration vers le bas dans l'espace annulaire 3 est représenté par un trait interrompu 30. La partie descendante des fumées des chambres de combustion inférieures 6 représente typiquement 20% à 40% en volume de ces fumées.

Dans les chambres de combustion inférieures 6, le comburant est constitué du mélange des fumées de combustion tirées vers le bas et de l'air de refroidissement de produit, mélange qui est, à l'aide de l'éducteur 11, remis en circulation dans les chambres 6 par le conduit de recirculation 13. Ce mélange gazeux contient une faible concentration en CO_2 et en O_2 , par exemple environ 9% en volume de CO_2 et 14% en volume de O_2 , le reste comprenant du diazote et des impuretés habituelles, présentes sous forme de traces dans le combustible.

L'éducteur de recirculation 11 fonctionne à l'aide de l'air moteur qui est fourni par le conduit d'alimentation 31, préchauffé dans le

récupérateur de chaleur 24 et ensuite amené à l'éducteur 11 par le conduit de transfert 32.

Le mélange comburant gazeux remis en circulation dans les chambres de combustion inférieures 6 présente une température
5 approximative de 900°C, qui est adéquate pour assurer une combustion appropriée du combustible. Le débit de ce mélange comburant remis en circulation est variable et dépend du réglage du four.

Afin de maintenir des températures raisonnables, les chambres de combustion supérieures 5 fonctionnent en défaut d'air
10 (environ 50% en volume) et les chambres de combustion inférieures 6 en excès d'air (environ 150%).

On prévoit dans cet exemple de l'air de refroidissement de produit à raison de 800 Nm³/t de chaux produite. Le mélange gazeux remis en recirculation représente environ 1600 Nm³/t de chaux et le
15 courant gazeux supérieur, qui est évacué au haut du four par le conduit de sortie 12, soumis à une filtration dans un filtre à poussières 16 et dégagé dans l'atmosphère par la cheminée 17, représente 2000 Nm³/t de chaux

367 Nm³ de CO₂/t de chaux sont dégagés au cours de la transformation du calcaire en chaux. 215 Nm³ de CO₂/t de chaux sont
20 produits par la combustion du combustible, à raison de 71 Nm³ dans les chambres de combustion supérieures 5 et de 144 Nm³ dans les chambres de combustion inférieures 6. Au total ce procédé produit donc 582 Nm³ de CO₂/t de chaux qui sont évacués dans le courant gazeux passant par la cheminée 17. Ce courant gazeux contient environ 30% en volume de
25 CO₂ sur gaz sec, ce CO₂ est donc difficilement directement séquestrable ou exploitable.

Exemple 2 (conforme à l'invention)

La figure 3 représente un four annulaire droit usuel, du type représenté sur la figure 2, mais aménagé suivant l'invention.

La même matière à calciner que dans l'exemple 1 est introduite dans le four. Les mêmes combustibles sont utilisés. Les chambres de combustion sont identiques. Toutefois les chambres de combustion inférieures 6 ont été abaissées à un niveau juste supérieur aux ouïes de reprise 10. Cette modification mineure dans l'intérieur du four facilite le fonctionnement de celui-ci totalement en contre-courant, avec une ligne d'équilibre 30 également abaissée. Dans ce four il n'y a plus de zone de calcination en co-courant et toutes les fumées de combustion sortant des chambres de combustion inférieures 6 sont tirées vers le haut comme celles sortant des chambres de combustion supérieures 5 pour former ensemble le courant gazeux supérieur.

Une partie du courant gazeux supérieur, évacué au haut du four par le conduit de sortie 12, est, à l'aide d'un moyen d'aspiration 38 prélevée dans un circuit de recirculation 18 qui aboutit aux chambres de combustion inférieures 6.

Dans l'exemple illustré, pour former un premier mélange comburant, cette partie de courant gazeux supérieur est mélangée à du dioxygène pur. Celui-ci provient d'une source de dioxygène, telle qu'une unité de séparation d'air 19. Ce mélange gazeux $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ est un mélange massique équivalent en CO_2 recyclé et en O_2 provenant de la source de dioxygène.

Le courant gazeux inférieur, aspiré dans le cylindre interne 2, est formé du seul air de refroidissement de produit, introduit par l'entrée 7, et passé dans le cylindre interne 2 au travers des ouïes de reprise 10. Cet air de refroidissement de produit est extrait du cylindre interne 2 à l'aide

d'un moyen d'aspiration, tel qu'un ventilateur d'aspiration 36, puis éliminé par un conduit d'évacuation 37 vers une cheminée 20, en passant par un filtre à poussières 21. Il n'y a donc plus d'éducteur de recirculation 11, ni besoin d'air moteur pour son fonctionnement, ni recirculation du courant gazeux inférieur.

Une partie de la chaleur de ce courant gazeux inférieur éliminé est, par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur 22, récupérée dans le mélange $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ passant dans le circuit de recirculation 18.

Les chambres de combustion supérieures 5 sont, dans l'exemple illustré, alimentées en un second mélange comburant semblable au premier mélange comburant susdit. Cela peut se faire par prélèvement dans le circuit de recirculation 18 ou pour plus de flexibilité par un mélange alimenté sur mesure depuis un système indépendant.

Dans l'exemple illustré sur la figure 3, un mélange gazeux $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ est introduit dans le four par le conduit 33 pour refroidir le cylindre 2. Il passe ensuite dans le récupérateur de chaleur 24 avant d'être dirigé vers les brûleurs des chambres de combustion supérieures et inférieures par le conduit d'alimentation 25, puis les conduits de recyclage 39 et 40 respectivement, et servir ainsi de second mélange comburant pour les chambres de combustion supérieures 5 et de mélange comburant additionnel pour les chambres de combustion inférieures 6. Un échange de chaleur a lieu, comme dans le four usuel, avec une fraction des fumées du courant gazeux supérieur séparée par un cylindre supérieur 23.

Si le combustible alimenté aux brûleurs est un combustible solide, un mélange $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ou du CO_2 pur peut aussi être utilisé comme gaz porteur.

Il faut noter que, comme la densité du CO_2 est supérieure à celle de l'azote, l'équivalent volumique $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ est inférieur au volume

d'air remplacé de l'ordre de 30%. Il en résulte une diminution du même ordre du volume de CO₂ recyclé. Cela réduit la perte de charge du four (environ 20%) et compense l'augmentation de la perte de charge due au déplacement vers le bas des chambres de combustion inférieures 6 (environ 15%).

Comme pour le four de l'exemple 1 on prévoit dans le présent exemple 800 Nm³/t de chaux d'air de refroidissement de produit à l'entrée 7. Comme dans l'exemple 1 également, 367 Nm³ de CO₂/t de chaux sont dégagés au cours de la transformation du calcaire en chaux. Les mêmes quantités de combustible que dans l'exemple 1 sont appliquées aux chambres de combustion, à raison de 71 Nm³/t de chaux dans les chambres de combustion supérieures 5 et de 144 Nm³/t de chaux dans les chambres de combustion inférieures 6. Et donc le bilan total de production de CO₂ est le même que dans le four de l'exemple 1, à savoir 582 Nm³ de CO₂/t de chaux.

Toutefois, dans le présent exemple 2, l'air de refroidissement de produit introduit dans le four en 7 forme, dans sa totalité, l'effluent de la cheminée 20, sans avoir été mélangé à des fumées du processus.

D'autre part, la combustion du combustible dans les chambres de combustion supérieures ne s'effectue plus dans l'air, et la combustion dans les chambres de combustion inférieures ne s'effectue plus dans un mélange d'air et de fumées de combustion. Ces combustions s'effectuent à présent dans un mélange comburant de CO₂ + O₂. Il en résulte que, dans les fumées dégagées, le CO₂ n'est plus dilué dans un grand volume de diazote.

Dans le présent exemple, le courant gazeux supérieur, à sa sortie du haut du four, représente 1550 Nm³/t de chaux, il en est prélevé 900 Nm³/t de chaux dans le circuit de recirculation 18 et on obtient donc

650 Nm³/t de chaux d'un effluent concentré, où la teneur en CO₂ est supérieure à 85% en volume sur gaz sec.

La fraction gazeuse prélevée du courant gazeux supérieur présente donc cette même teneur en CO₂ et est mélangée à 200 Nm³ /t de chaux de dioxygène, ce qui donne, aux chambres de combustion inférieures 6, une alimentation en mélange comburant de 1 100 Nm³/t de chaux.

Dans ces conditions d'effluent concentré à la sortie du haut du four, une capture à 100% du CO₂ présent devient possible pour une séquestration ou une exploitation.

Exemple 3 (conforme à l'invention)

La figure 4 représente un four annulaire droit semblable à un four usuel, tel que représenté sur la figure 2, et aménagé comme dans l'exemple 2.

Toutefois, dans cet exemple 3, au lieu de déplacer les chambres de combustion inférieures 6 vers le bas, on a relocalisé les ouïes de reprise 10 vers le haut, juste en dessous du niveau de ces chambres. Cette adaptation du four usuel est plus simple et donc moins coûteuse.

Le reste du procédé est inchangé par rapport au four de l'exemple 2. Il n'y a plus de zone de calcination en co-courant, celle-ci devient dans ce four une zone de refroidissement. Comme dans le four de l'exemple 2, la combustion du combustible s'effectue en présence de premier et second mélanges comburants CO₂ + O₂, et l'effluent obtenu au haut du four est très concentré en CO₂, à une valeur supérieure à 85% en volume sur gaz sec.

Exemple 4 (conforme à l'invention)

La figure 5 représente un four annulaire droit semblable à un four usuel, tel que représenté sur la figure 2. Ici, seul l'agencement des éléments externes au four est modifié conformément à ce qui a été prévu dans les fours suivant l'invention des exemples 2 et 3. Par contre, le four en soi n'est pas modifié, les chambres de combustion inférieures 6 et les ouïes de reprise 10 ne sont pas relocalisées et il subsiste ici une zone de calcination en co-courant.

Par conséquent, une partie des fumées de combustion provenant des chambres de combustion inférieures 6 est mélangée avec l'air de refroidissement de produit introduit dans le four à l'entrée 7. Ce mélange gazeux extrait du cylindre interne 2 et évacué par la cheminée 20 est donc un effluent dilué, car en plus d'une partie du CO_2 de combustion et d'une partie du CO_2 de calcination, il contient tout l'air de refroidissement de la chaux. La teneur en CO_2 de cet effluent reste toutefois plus élevée que dans les effluents des fours traditionnels, environ 40-60% sur gaz sec au lieu de 30%, mais elle est inférieure à celle obtenue dans le courant gazeux évacué au haut du four. Celui-ci n'est en effet pas dilué dans de l'air et contient une teneur en CO_2 supérieure à 85% sur gaz sec.

Dans cet exemple de réalisation on a également représenté en traits interrompus des variantes pour l'alimentation en CO_2 et en O_2 du conduit d'alimentation en mélange comburant 25. Le dioxygène peut provenir d'une unité de séparation d'air 28, de l'unité de séparation d'air 19 ou encore de tout autre source de O_2 . Le CO_2 peut provenir d'une source de CO_2 indépendante 27. Il peut aussi provenir du courant gazeux supérieur passant dans le conduit de sortie 12 dont une partie additionnelle est prélevée dans un circuit de recyclage 29. Ici, on peut aussi prévoir, comme dans les exemples 2 et 3, un mélange gazeux CO_2 +

O₂ pour refroidir le cylindre interne, alimenter le conduit 25, puis les chambres de combustion 5 et 6.

Il doit être entendu que la présente invention n'est en aucune façon limitée aux formes de réalisation décrites ci-dessus et que bien des
5 modifications peuvent y être apportées sans sortir du cadre des revendications annexées.

Dans toutes les formes de réalisation, aussi bien celle de l'exemple 1 de l'art antérieur, que des exemples 2 à 4 suivant l'invention, on peut envisager une variante où le cylindre supérieur 23 est absent, ce
10 qui empêche une récupération de chaleur dans un récupérateur 24.

Suivant, l'invention, on peut aussi prévoir que l'apport de dioxygène dans le circuit de recirculation 18 ait lieu en aval de l'échangeur de chaleur 22.

De même, suivant l'invention, on peut prévoir d'agencer le
15 moyen d'aspiration 38, qui sert à prélever une partie du courant gazeux supérieur dans le circuit de recirculation 18, dans la section de ce circuit qui se trouve en aval de l'échangeur de chaleur 22 et en amont des chambres de combustion inférieures 6.

REVENDICATIONS

1. Procédé de calcination de chaux ou dolomie dans un four droit annulaire présentant un cylindre externe et un cylindre interne formant entre eux un espace annulaire, comprenant

- 5 - une alimentation en matière à calciner calcaire ou dolomitique au haut de l'espace annulaire dans lequel elle descend,
- une introduction de premières fumées de combustion dans ledit espace annulaire, à un premier niveau du four,
- une introduction de secondes fumées de combustion dans ledit espace annulaire, à un second niveau du four inférieur au
10 premier niveau susdit,
- un préchauffage et une calcination de la matière à calciner en cours de descente dans l'espace annulaire, au contact des premières fumées de combustion et d'au moins une partie desdites secondes fumées de combustion qui subissent un
15 tirage vers le haut, en contre-courant de la matière à calciner, et sont évacuées au haut du four sous la forme d'un courant gazeux supérieur,
- un refroidissement de la matière calcinée par amenée d'air de refroidissement de produit au bas de l'espace annulaire,
- 20 - une aspiration de cet air de refroidissement de produit à l'intérieur du cylindre interne, à un troisième niveau du four inférieur au second niveau susdit,
- une extraction hors du four, à partir du cylindre interne, d'un courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement de
25 produit et

- un déchargement de chaux ou dolomie calcinée au bas du four,

caractérisé en ce qu'il comprend

- un prélèvement d'une partie du courant gazeux supérieur, évacué du four,
- une formation d'un premier mélange comburant par mélange de cette partie de courant gazeux supérieur avec du dioxygène pur,
- pour former lesdites secondes fumées de combustion, une combustion d'un combustible dans ce premier mélange comburant, et
- une élimination du courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement de produit.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit tirage vers le haut et ladite aspiration dans ledit cylindre interne sont réglés de manière à s'équilibrer dans l'espace annulaire de telle façon qu'une première partie des secondes fumées de combustion est amenée, par ledit tirage vers le haut de l'espace annulaire, en contre-courant de la matière à calciner, et qu'une seconde partie des secondes fumées de combustion est amenée vers le bas de l'espace annulaire, en co-courant de la matière à calciner, puis à l'intérieur du cylindre interne, par ladite aspiration de l'air de refroidissement de produit, en formant un mélange d'air de refroidissement de produit et de secondes fumées de combustion, à titre de courant gazeux inférieur susdit extrait hors du four.

3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit tirage vers le haut et ladite aspiration dans ledit cylindre interne sont réglés de manière à s'équilibrer dans l'espace annulaire de telle façon que la totalité des secondes fumées de combustion introduites dans l'espace annulaire subit le tirage vers le haut susdit et est incorporée

dans ledit courant gazeux supérieur, le courant gazeux inférieur extrait hors du four étant formé uniquement d'air de refroidissement de produit.

4. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que, en amont de ladite combustion donnant lieu aux secondes fumées de combustion, il comprend un échange de chaleur entre, d'une part, ledit premier mélange comburant et, d'autre part, ledit courant gazeux inférieur formé d'un mélange d'air de refroidissement de produit et de secondes fumées de combustion, qui est extrait hors du four.

5. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce que, en amont de ladite combustion donnant lieu aux secondes fumées de combustion, il comprend un échange de chaleur entre, d'une part, ledit premier mélange comburant et, d'autre part, l'air de refroidissement de produit formant ledit courant gazeux inférieur qui est extrait hors du four.

6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le courant gazeux supérieur et le courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement sont soumis à une filtration après sortie du four.

7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend, pour former lesdites premières fumées de combustion, une combustion d'un combustible dans un second mélange comburant de dioxyde de carbone et de dioxygène pur.

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend

- un prélèvement d'une partie additionnelle du courant gazeux supérieur, évacué hors du four,
- un mélange de cette partie additionnelle du courant gazeux supérieur avec du dioxygène pur pour former ledit second mélange comburant, et

- une combustion d'un combustible dans ce second mélange comburant pour former lesdites premières fumées de combustion.

9. Procédé suivant l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une récupération hors du four d'une fraction gazeuse formée des premières fumées de combustion et d'au moins une partie des secondes fumées de combustion tirées vers le haut du four et, en amont de ladite combustion donnant lieu aux premières fumées de combustion, un échange de chaleur entre, d'une part, cette fraction gazeuse récupérée et, d'autre part, le second mélange comburant susdit.

10. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend un refroidissement du cylindre interne par un mélange gazeux de dioxyde de carbone et de dioxygène pur qui, après ce refroidissement, sert de mélange comburant additionnel pour ladite combustion du combustible donnant lieu aux secondes fumées de combustion.

11. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend un refroidissement du cylindre interne par un mélange gazeux de dioxyde de carbone et de dioxygène pur qui, après ce refroidissement, sert de second mélange comburant ou de mélange comburant additionnel pour ladite combustion du combustible donnant lieu aux premières fumées de combustion.

12. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le courant gazeux supérieur susdit présente une concentration en CO₂ sur gaz sec égale ou supérieure à 80% en volume, en particulier à 85% en volume, avantageusement à 90% en volume, de préférence à 95% en volume.

13. Procédé suivant l'une des revendications 2 et 4, caractérisé en ce que le courant gazeux inférieur susdit présente une concentration en CO₂ sur gaz sec égale ou supérieure à 40% en volume.

14. Four droit annulaire pour la calcination de chaux ou de dolomie, comprenant

- un cylindre externe (1),
- un cylindre interne (2) formant un espace annulaire (3) avec le cylindre externe,
- au haut du four, une entrée d'alimentation (4) pour introduire dans l'espace annulaire une matière à calciner calcaire ou dolomitique,
- plusieurs chambres de combustion supérieures (5), qui sont agencées à un premier niveau du four, et dans lesquelles a lieu une combustion d'un combustible de manière à introduire dans l'espace annulaire des premières fumées de combustion,
- plusieurs chambres de combustion inférieures (6), qui sont agencées à un second niveau du four inférieur audit premier niveau et dans lesquelles a lieu une combustion d'un combustible, de manière à introduire dans l'espace annulaire des secondes fumées de combustion,
- une entrée d'air de refroidissement de produit (7) au bas de l'espace annulaire,
- une décharge (8) pour récolter la chaux ou dolomie calcinée au bas du four,
- des moyens de tirage vers le haut (9) qui évacuent hors du haut du four, au travers d'un conduit de sortie (12), un courant gazeux supérieur formé des premières fumées de combustion et d'au moins une partie desdites secondes fumées de combustion,
- des ouïes de reprise (10) prévues dans le cylindre interne (2) à un troisième niveau inférieur au second niveau susdit, et

- des moyens d'aspiration qui, par lesdites ouïes de reprise (10), aspirent l'air de refroidissement depuis l'espace annulaire dans le cylindre interne (2) et qui extraient hors du four, dans un conduit d'extraction (37), un courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement de produit,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre

- un circuit de recirculation (18) qui est agencé entre le conduit de sortie (12) du courant gazeux supérieur susdit et lesdites chambres de combustion inférieures (6) et dans lequel est prélevée une partie du courant gazeux supérieur susdit évacué au haut du four, et
- une source de dioxygène pur (19) qui communique avec le circuit de refroidissement et alimente en dioxygène la partie du courant gazeux supérieur susdit passant dans le circuit de recirculation (18), en formant ainsi un premier mélange comburant pour ladite combustion de combustible dans lesdites chambres de combustion inférieures (6).

15. Four droit annulaire suivant la revendication 14, caractérisé en ce qu'un échangeur de chaleur (22) est agencé dans le circuit de recirculation (18) de manière à permettre un échange de chaleur entre, d'une part, ledit premier mélange comburant passant dans ce circuit de recirculation (18) et, d'autre part, le courant gazeux inférieur extrait hors du four par ledit conduit d'extraction (37).

16. Four droit annulaire suivant l'une des revendications 14 et 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un conduit d'alimentation en mélange comburant (25) qui alimente les chambres de combustion supérieures (5) et qui est raccordé à une source de dioxygène pur (27) et à une source de CO₂ (28, 29) et/ou à une source d'un mélange gazeux O₂ + CO₂.

17. Four droit annulaire suivant la revendication 16, caractérisé en ce qu'il comprend, comme source de CO₂, un circuit de recyclage (29) qui est agencé entre le conduit de sortie (12) du courant gazeux supérieur susdit et le conduit d'alimentation en mélange
5 comburant (25) des chambres de combustion supérieures (5) et dans lequel passe une partie additionnelle prélevée du courant gazeux supérieur susdit.

18. Four droit annulaire suivant la revendication 16, caractérisé en ce que la source d'un mélange gazeux O₂ + CO₂, susdite
10 est raccordée, par un conduit d'amenée (33), à un système de refroidissement du cylindre interne (2) du four, et ensuite au conduit d'alimentation en mélange comburant (25).

19. Four droit annulaire suivant l'une des revendications 16 à 18, caractérisé en ce que le conduit d'alimentation en mélange
15 comburant (25) est agencé de manière à alimenter également les chambres de combustion inférieures (6).

20. Four droit annulaire suivant l'une des revendications 16 à 19, caractérisé en ce qu'il comporte au sommet du four des moyens de séparation (23) d'une fraction gazeuse formée des premières fumées de
20 combustion et d'au moins une partie des secondes fumées de combustion tirées vers le haut du four, un conduit de récupération (26) de cette fraction gazeuse séparée et un échangeur de chaleur (24) monté dans ce conduit de récupération de manière à permettre un échange de chaleur entre, d'une part, la fraction gazeuse séparée passant dans le
25 conduit de récupération (26) et, d'autre part, le mélange gazeux comburant passant par le conduit d'alimentation en mélange comburant (25).

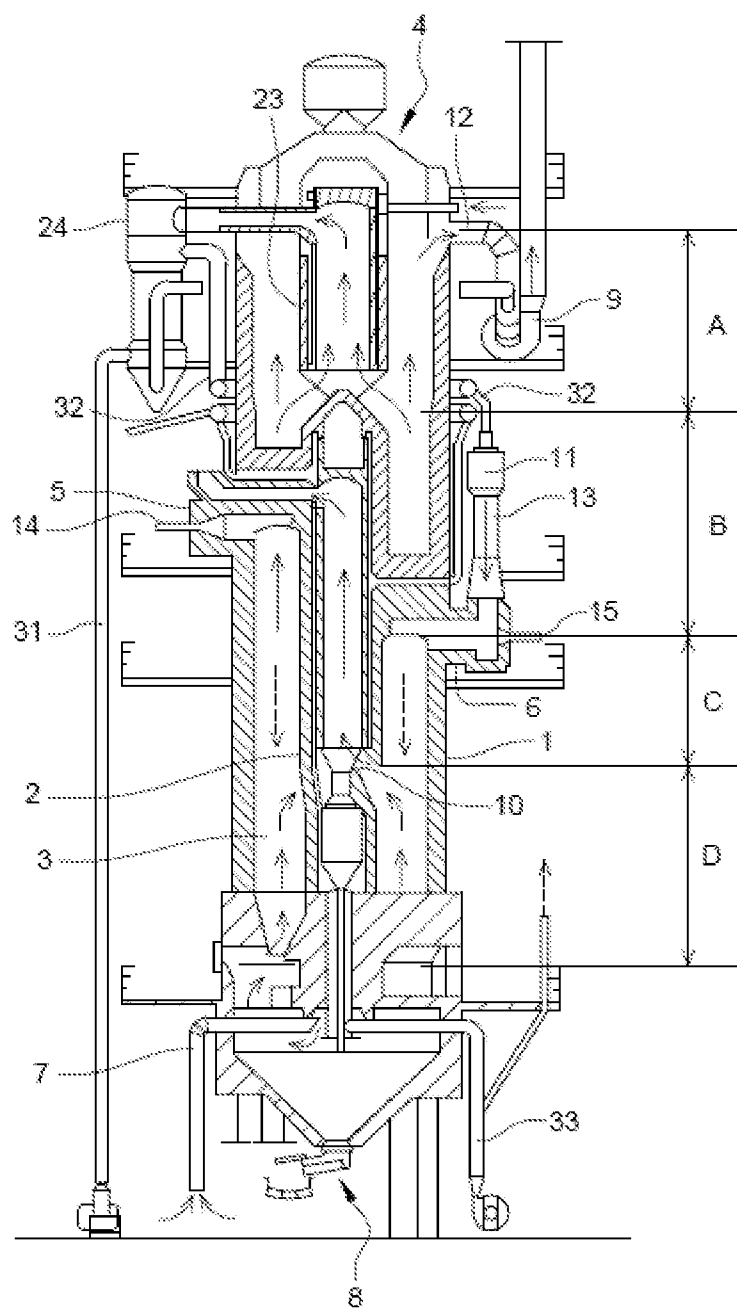
**Fig. 1**

Fig. 2

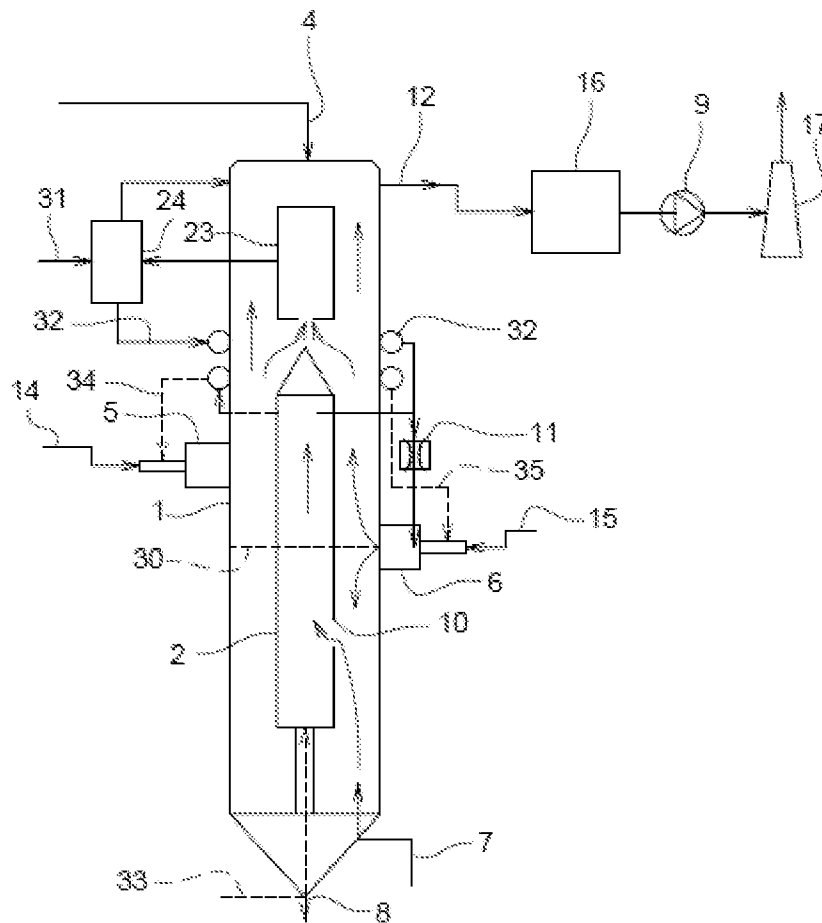


Fig. 3

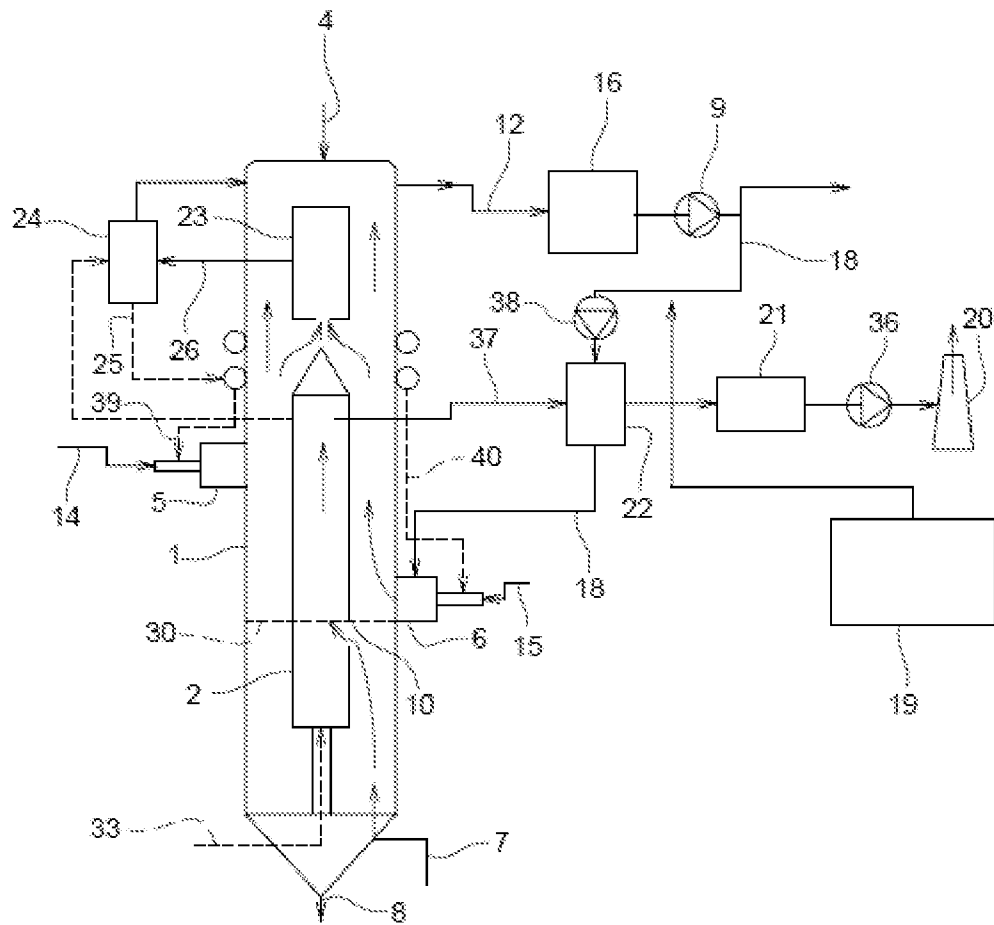
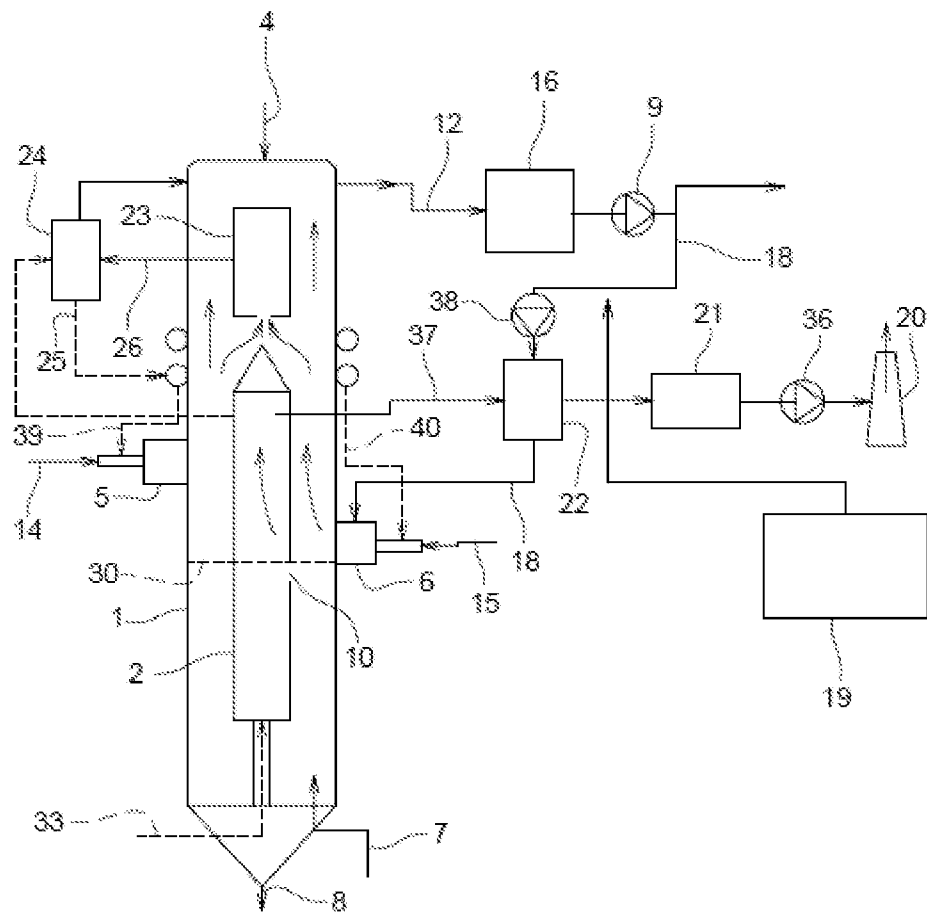


Fig. 4



TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE	REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE PAT-10458-BE01
Demande nationale belge n° 202005223	Date du dépôt 07-04-2020
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom) S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT	
Date de la requête d'une recherche de type international 25-04-2020	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN76054
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)	
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB Voir rapport de recherche	
II. DOMAINES RECHERCHES	
Documentation minimale consultée	
Système de classification	Symboles de la classification
IPC	Voir rapport de recherche
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés	
III. ☐ IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. ☐ ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 202005223

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE		
INV.	F23C3/00 C04B2/12	F23C9/06 F27B1/04
	F23D99/00	F23L7/00
		B01D53/62
ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F23C F23D F23L B01D C04B F27B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y,D	WO 2018/002151 A1 (LHOIST RECH ET DEVELOPPEMENT SA [BE]) 4 janvier 2018 (2018-01-04) cité dans la demande	1,2,6, 10,11, 14-17
A	* page 8, ligne 13 - page 9, ligne 15 * * figure 5 *	3-5,7-9, 12,13, 18-20
Y	----- US 2010/077947 A1 (HACK HORST [US]) 1 avril 2010 (2010-04-01)	1,2,6, 10,11, 14-17
A	* page 2, alinéa 25 - page 3, alinéa 32 * * figure 1 *	3-5,7-9, 12,13, 18-20
	----- -/-	
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
° Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée		Date d'expédition du rapport de recherche de type international
9 décembre 2020		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Gavriliu, Costin

C.(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 2 724 770 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 30 avril 2014 (2014-04-30) * colonne 7, alinéa 37 - colonne 11, alinéa 53 * * figure 1 * -----	1,14

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202005223

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2018002151	A1	04-01-2018	BE 1024784 A1 27-06-2018
			EP 3475609 A1 01-05-2019
			FR 3053102 A1 29-12-2017
			WO 2018002151 A1 04-01-2018

US 2010077947	A1	01-04-2010	US 2010077947 A1 01-04-2010
			WO 2010035233 A2 01-04-2010

EP 2724770	A1	30-04-2014	AUCUN



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN76054	Date du dépôt(jour/mois/année) 07.04.2020	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202005223
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F23C3/00 F23C9/06 F23D99/00 F23L7/00 B01D53/62 C04B2/12 F27B1/04			
Déposant S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☐ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☐ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Janvier 2007)	Examineur Gavriliu, Costin
--	-------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202005223

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
 - a. Nature de l'élément:
 - ☐ un listage de la ou des séquences
 - ☐ un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
 - b. Type de support:
 - ☐ sur papier
 - ☐ sous forme électronique
 - c. Moment du dépôt ou de la remise:
 - ☐ contenu(s) dans la demande telle que déposée
 - ☐ déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
 - ☐ remis ultérieurement
3. ☐ De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande internationale telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202005223

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	1-20
	Non :	Revendications	
Activité inventive	Oui :	Revendications	3-5, 7-9, 12, 13, 18-20
	Non :	Revendications	1, 2, 6, 10, 11, 14-17
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-20
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Point V:

- 1 Les documents suivants du rapport de recherche sont cités dans la présente opinion écrite:
- D1 WO 2018/002151 A1 (LHOIST RECH ET DEVELOPPEMENT SA [BE]) 4 janvier 2018 (2018-01-04) cité dans la demande
- D2 US 2010/077947 A1 (HACK HORST [US]) 1 avril 2010 (2010-04-01)
- 2 Le document D1 décrit un four droit annulaire pour la calcination de chaux ou de dolomie, comprenant
- un cylindre externe (6),
 - un cylindre interne (7) formant un espace annulaire (8) avec le cylindre externe,
 - au haut du four, une entrée d'alimentation (9) pour introduire dans l'espace annulaire une matière à calciner calcaire ou dolomitique,
 - plusieurs chambres de combustion supérieures (11), qui sont agencées à un premier niveau du four, et dans lesquelles a lieu une combustion d'un combustible de manière à introduire dans l'espace annulaire des premières fumées de combustion,
 - plusieurs chambres de combustion inférieures (12), qui sont agencées à un second niveau du four inférieur audit premier niveau et dans lesquelles a lieu une combustion d'un combustible, de manière à introduire dans l'espace annulaire des secondes fumées de combustion,
 - une entrée d'air de refroidissement de produit (15) au bas de l'espace annulaire,
 - une décharge (10) pour récolter la chaux ou dolomie calcinée au bas du four,
 - des moyens de tirage vers le haut (13) qui évacuent hors du haut du four, au travers d'un conduit de sortie, un courant gazeux supérieur formé des premières fumées de combustion et d'au moins une partie desdites secondes fumées de combustion,
 - des ouïes de reprise (14) prévues dans le cylindre interne (7) à un troisième niveau inférieur au second niveau susdit, et
 - des moyens d'aspiration qui, par lesdites ouïes de reprise (14), aspirent l'air de refroidissement depuis l'espace annulaire dans le cylindre interne (7) et qui extraient hors du four, dans un conduit d'extraction (16), un courant gazeux inférieur contenant l'air de refroidissement de produit (page 8, ligne 13 - page 9, ligne 15; figure 5).

La différence entre l'objet de la revendication 14 et le four selon le document D1 est que le four comprend:

- un circuit de recirculation qui est agencé entre le conduit de sortie du courant gazeux supérieur susdit et lesdites chambres de combustion inférieures et dans lequel est prélevée une partie du courant gazeux supérieur susdit évacué au haut du four, et
- une source de dioxygène pur qui communique avec le circuit de refroidissement et alimente en dioxygène la partie du courant gazeux supérieur susdit passant dans le circuit de recirculation, en formant ainsi un premier mélange comburant pour ladite combustion de combustible dans lesdites chambres de combustion inférieures.

Ces caractéristiques sont toutefois déjà employées dans le même but (de permettre une capture du CO₂ dégagé au cours du procédé de calcination de dolomie) dans le four analogue selon le document D2, qui décrit un four (14) ayant un circuit de recirculation (32) qui est agencé entre le conduit de sortie du courant gazeux supérieur (26) et la chambre de combustion inférieure et dans lequel est prélevée une partie du courant gazeux supérieur évacué au haut du four (14), et une source de dioxygène pur (58) qui alimente en dioxygène la partie du courant gazeux supérieur susdit passant dans le circuit de recirculation (32), en formant ainsi un mélange comburant pour ladite combustion de combustible dans ladite chambre de combustion inférieure. Il semble dès lors évident pour l'homme du métier d'appliquer ces caractéristiques, avec un effet correspondant dans un dispositif selon le document D1 précité et d'obtenir ainsi un four conforme à la revendication 14.

L'objet de la revendication 14 ne semble donc pas impliquer d'activité inventive, et la revendication n'est pas brevetable.

- 3 Le même argumentation s'applique mutatis-mutandis au procédé de la revendication 1 aussi. En conséquence, la revendication 1 n'est pas brevetable pour manque d'activité inventive de son objet.
- 4 Les caractéristiques faisant l'objet des revendications 2, 10, 11 sont également connues du même document D1, qui décrit qu'une première partie des secondes fumées de combustion est amenée, par le tirage vers le haut de l'espace annulaire, en contre-courant de la matière à calciner, et qu'une seconde partie des secondes fumées de combustion est amenée vers le bas de l'espace annulaire, en co-courant de la matière à calciner.

Le procédé comprend un refroidissement du cylindre interne par un mélange gazeux de dioxyde de carbone et de dioxygène pur.

En plus, le document D2 décrit les caractéristiques des revendications 6 et 15-17: une filtration (24) après sortie du four (14), un échangeur de chaleur (42) est agencé dans le circuit de recirculation (32), un conduit d'alimentation en mélange comburant (22) qui est raccordé à une source de dioxygène pur (58) et à une source de CO_2 (26), et, comme source de CO_2 , un circuit de recyclage (32) qui est agencé entre le conduit de sortie (26) du courant gazeux supérieur et le conduit d'alimentation en mélange comburant (22).

Les revendications 2, 6, 10, 11 et 15-17 ne sont donc pas brevetables pour manque d'activité inventive de leur objet.

- 5 L'objet des revendications 3-5, 7-9, 12, 13 et 18-20 ne semble pas d'être divulgué ou suggéré par les documents citées dans le rapport de recherche. Par conséquent, ces revendications semble de remplir les critères de nouveauté et d'activité inventive.