

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 30979 B1** (51) Cl. internationale : **C04B 7/43; C04B 7/36; F27B 7/20**
(43) Date de publication : **01.12.2009**

(21) N° Dépôt : **31969**

(22) Date de Dépôt : **09.06.2009**

(30) Données de Priorité : **13.11.2006 EP 06291766.1**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2007/004257 30.10.2007**

(71) Demandeur(s) : **LAFARGE SA, 61 RUE DES BELLES FEUILLES F-75116 PARIS (FR)**

(72) Inventeur(s) : **PAXTON, Colin ; WEICHINGER, Michael**

(74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

(54) Titre : **PROCEDE POUR LA PRODUCTION DE CIMENT**

(57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE CIMENT CONSISTANT À CALCINER UNE FARINE CRUE CONTENANT DU CARBONATE DE CALCIUM DANS UN FOUR DE CALCINATION CHAUFFÉ PAR COMBUSTION D'UN COMBUSTIBLE CONTENANT DU CARBONE AU MOYEN D'UN GAZ COMPRENANT DE L'OXYGÈNE ET ENTRE 0 ET 80% EN VOLUME DE DIOXYDE DE CARBONE, ET À ISOLER LE GAZ PRODUIT PAR COMBUSTION ET CALCINATION DANS LE FOUR DE CALCINATION.

Abrégé:

5

L'invention concerne un procédé de production de ciment consistant à calciner une farine crue contenant du carbonate de calcium dans un four de calcination chauffé par combustion d'un combustible contenant du carbone au moyen d'un gaz comprenant de l'oxygène et entre 0 et 80% en volume de dioxyde de carbone, et à isoler le gaz produit par combustion et calcination dans le four de calcination.

15

01 DEC 2009

WO 2008/059378

3 0 9 7 9

PCT/IB2007/004257

PROCEDE POUR LA PRODUCTION DE CIMENT

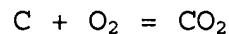
Cette invention concerne un procédé pour la production de ciment dans lequel une partie du dioxyde de carbone
5 généré est séparé des autres gaz impliqués dans le procédé de production dans un courant gazeux présentant une teneur accrue en dioxyde de carbone.

La production de ciment génère des quantités
10 substantielles de dioxyde de carbone. Le dioxyde de carbone est produit de deux manières. L'un des matériaux impliqués dans la production de ciment est le carbonate de calcium. Le carbonate de calcium est chauffé pour être calciné et perd du dioxyde de carbone
15 pour former de l'oxyde de calcium. La combustion d'un combustible contenant du carbone pour générer les températures élevées nécessaires pour produire du ciment génère également du dioxyde de carbone. Pour des raisons environnementales, il est souhaitable de
20 réduire la quantité de dioxyde de carbone libérée dans l'atmosphère.

Les matières premières nécessaires à la production de ciment, qui incluent le carbonate de calcium, sont
25 généralement mélangées, séchées et broyées pour former une « farine crue », qui est ensuite traitée pour produire du clinker, le principal composant du ciment. Dans une étape de préchauffage, la farine crue est chauffée juste en dessous de la température de
30 calcination. Elle passe ensuite dans un four de calcination où a lieu un chauffage supplémentaire et, lorsque la température augmente, une calcination du carbonate de calcium en oxyde de calcium se produit et du dioxyde de carbone est libéré. La farine crue
35 calcinée passe ensuite dans un four de cuisson où elle est chauffée à des températures supérieures pour produire le clinker, qui est ensuite broyé pour obtenir de la poudre de ciment.

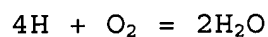
L'air est généralement utilisé comme source d'oxygène pour la combustion du combustible pour chauffer le four de calcination et le four de cuisson. Les principaux gaz présents dans l'air sont l'azote (environ 80 % en volume) et l'oxygène (environ 20 % en volume).

La combustion d'un combustible solide ou liquide à base de carbone peut être résumée par l'équation :



Le volume du combustible solide ou liquide est négligeable par rapport à celui des gaz impliqués. Un volume d'oxygène produit un volume de dioxyde de carbone. L'azote présent dans l'air utilisé pour la combustion n'est pas impliqué dans la combustion. Après la combustion, le courant gazeux contient environ 80 % en volume d'azote et environ 20 % de dioxyde de carbone. Le volume total de gaz est accru par la chaleur générée.

Quand un combustible hydrocarboné solide ou liquide est brûlé, l'hydrogène combiné présent dans le combustible se combine avec de l'oxygène selon l'équation :



L'eau générée se trouve à l'état gazeux et est donc présente comme un diluant gazeux du dioxyde de carbone qui est également produit. Un volume d'oxygène produit deux volumes de vapeur d'eau, le volume du combustible hydrocarboné solide ou liquide étant négligeable par rapport aux volumes de gaz impliqués. La vapeur d'eau contribue donc à une augmentation du volume de gaz formé par combustion en comparaison du volume d'oxygène utilisé. Cependant, elle est facilement séparée du dioxyde de carbone par un simple refroidissement à une étape ultérieure de l'opération. Le volume total de gaz augmente à l'étape de combustion avec la température accrue.

Dans les gaz combinés issus du procédé de calcination et de la combustion du combustible, le dioxyde de

carbone est généralement présent à 14 à 33 % en volume. L'autre constituant principal du gaz est l'azote. Bien que le mélange d'azote et de dioxyde de carbone puisse être séparé et le dioxyde de carbone stocké pour empêcher sa libération dans l'atmosphère, l'énergie nécessaire pour effectuer la séparation est trop élevée pour la rendre avantageuse. Si l'azote présent dans l'air est retiré et l'oxygène sensiblement pur résultant utilisé pour brûler un combustible, l'azote n'est alors pas présent comme diluant du dioxyde de carbone produit.

Si de l'oxygène était utilisé à la place de l'air dans la combustion de tout le combustible nécessaire pour produire du ciment, un coût supplémentaire pourrait être supporté. De plus, les procédés de combustion impliquant de l'oxygène non dilué se déroulent généralement avec une grande vigueur et génèrent des températures très élevées susceptibles d'endommager ou de raccourcir la durée de vie de l'usine de production.

La présente invention cherche à réduire les émissions de dioxyde de carbone lors de la production de ciment en utilisant de l'oxygène pour ne brûler qu'une partie du combustible nécessaire dans le procédé de production de ciment et en séparant le gaz issu de l'étape de calcination du gaz issu du four de cuisson où la clinkérisation a lieu. Le procédé peut être utilisé dans le procédé par voie sèche connu et dans d'autres procédés, par exemple le procédé par voie humide. L'utilisation d'oxygène, sensiblement pur ou mélangé avec du dioxyde de carbone, dans le four de calcination, combinée à la séparation du gaz quittant le four de calcination, offre un avantage environnemental.

Par conséquent, la présente invention concerne un procédé pour la production de ciment qui comprend la calcination de farine crue contenant du carbonate de

calcium dans un four de calcination chauffé par combustion d'un combustible contenant du carbone avec un gaz comprenant de l'oxygène et de 0 à 80 % en volume de dioxyde de carbone, et sensiblement exempt d'azote,
5 et l'isolement du gaz produit par combustion et calcination dans le four de calcination.

Le cheminement de la farine crue est généralement similaire à celui des procédés connus pour la
10 production de ciment. Dans de tels procédés, la farine crue est chauffée dans un préchauffeur, par exemple un préchauffeur à cyclone, puis est introduite dans un four de calcination, par exemple un four de calcination à creuset. La farine crue sortant du four de
15 calcination est introduite dans un four de cuisson. Le préchauffeur reçoit le gaz chaud issu du four de cuisson et du four de calcination.

Dans le procédé de l'invention, le gaz sortant du four
20 de calcination comprend une grande proportion de dioxyde de carbone et convient, après un traitement approprié (par exemple, refroidissement et dépoussiérage), pour un stockage ou un autre usage sans libération dans l'atmosphère.

25 La température du dioxyde de carbone quittant le four de calcination est généralement de 800 à 900°C. Le gaz peut être refroidi, par exemple dans un générateur de vapeur pour produire de l'énergie électrique. Afin de
30 minimiser l'entrée de gaz, qui pourrait réduire le pourcentage de dioxyde de carbone, les sous-pressions dans le générateur de vapeur sont de préférence évitées. Le générateur de vapeur fonctionne de préférence en surpression. Ensuite, le gaz est de
35 préférence dépoussiéré avant stockage, par exemple stockage géologique souterrain, par ex. dans des gisements de pétrole ou de gaz épuisés, ou avant un autre usage sans libération dans l'atmosphère.

Le gaz utilisé pour assurer la combustion du combustible comprend de préférence au moins 50 % en volume d'oxygène, par exemple au moins 80 %, de préférence au moins 90 %, idéalement au moins 95 %. Il est sensiblement exempt d'azote. Il peut comprendre du dioxyde de carbone, par exemple le dioxyde de carbone recyclé à partir du courant gazeux quittant le four de calcination. Ce dioxyde de carbone peut être introduit dans le four de calcination séparément du gaz enrichi en oxygène ou mélangé avec ce dernier. De l'oxygène peut être introduit, par exemple avec le gaz recyclé issu du four de calcination, généralement dans le fond du four de calcination. Il peut également être introduit en un ou plusieurs points sensiblement au même niveau que le ou chaque brûleur. Le dioxyde de carbone et le combustible peuvent également être tous les deux introduits en un ou plusieurs points d'entrée.

La présence d'une pluralité de points d'entrée dans le four de calcination facilite la régulation de la température qui sinon pourrait monter trop haut quand le gaz pour la combustion du combustible comprend une forte proportion d'oxygène. La calcination du carbonate de calcium en oxyde de calcium et en dioxyde de carbone est un procédé endothermique : l'introduction de farine crue au niveau d'une ou d'une pluralité d'entrées peut donc être employée pour réguler la température.

La quantité d'oxygène est contrôlée pour garantir une combustion sensiblement complète du combustible, mais aussi pour minimiser l'excès d'oxygène.

La farine crue pour la calcination est généralement séchée dans une étape de préchauffage. La farine crue calcinée issue du four de calcination est introduite dans un four de cuisson pour clinkérisation. La chaleur pour le four de cuisson est fournie en brûlant du combustible dans un gaz contenant de l'oxygène, généralement dans l'air.

La chaleur nécessaire pour le préchauffage est généralement fournie par le gaz issu du four de cuisson. La température maximale pendant le

5 préchauffage est de préférence contrôlée pour éviter une calcination prématurée et une libération de dioxyde de carbone. La température de la farine crue quittant le préchauffeur est de préférence inférieure à environ 800°C, généralement inférieure à environ 750°C. Les

10 combustibles utilisés pour la calcination et pour le four de cuisson peuvent être identiques ou différents, mais sont généralement identiques. Si le gaz issu de la calcination doit être stocké ou traité, par exemple sous terre, la présence de quantités mineures d'oxyde

15 de soufre et/ou d'azote peut être autorisée, auquel cas le combustible peut contenir des matériaux contenant du soufre et/ou de l'azote. De tels combustibles sont généralement meilleur marché. La teneur en soufre dans le combustible est de préférence faible (inférieure à

20 6 %). La teneur en azote dans le combustible est de préférence faible (inférieure à 1,5 %). Si du dioxyde de carbone de haute pureté est requis à partir de la calcination, un combustible qui est sensiblement exempt d'azote et de soufre est de préférence employé. De

25 préférence, la farine crue est alors aussi sensiblement exempte de ces éléments. De préférence, la farine crue présente une faible teneur en sulfate de calcium et en soufre pyritique.

30 Le combustible utilisé est de préférence du charbon ou du coke de pétrole. Du combustible issu de déchets peut être employé, mais un contrôle étroit de la combustion est alors nécessaire.

35 Le procédé selon l'invention permet la production d'un courant gazeux à partir du four de calcination présentant une teneur accrue en dioxyde de carbone. L'invention cherche à fournir un tel courant gazeux

comprenant au moins 90 % en volume de dioxyde carbone, de préférence au moins 95 %, par exemple 92 à 93 %.

La calcination est généralement effectuée en introduisant la farine crue préchauffée dans un courant gazeux, généralement un courant gazeux ascendant. Le courant gazeux est généralement produit en brûlant du combustible. Si nécessaire, afin de soutenir la farine crue dans le courant gazeux ascendant, une partie du gaz contenant du dioxyde de carbone quittant le four de calcination peut être remise en circulation et réintroduite dans le courant gazeux ascendant.

La vitesse du courant gazeux nécessaire pour soutenir la farine crue dépend, par exemple, de la finesse de la farine. La finesse de la farine crue utilisée dans le procédé de l'invention peut varier : des finesses connues peuvent être utilisées. Une farine crue ayant une petite granulométrie est de préférence employée pour faciliter le transport de la farine par le courant gazeux. Une farine laissant 10 % en poids de résidu sur un tamis de 75 μm (200 mesh) est avantageusement utilisée. Typiquement, un mètre cube de gaz (volume à température et pression normales) traversant le four de calcination supportera 2 kg de farine crue. Quand le courant gazeux est remis en circulation, de la vapeur d'eau peut être générée par combustion du combustible et peut également contribuer au volume du gaz remis en circulation. La concentration de dioxyde de carbone dans le four de calcination est alors proportionnellement réduite.

Le temps de résidence de la farine crue dans le four de calcination est relativement court, par exemple 5-6 secondes. La présence d'une concentration élevée de dioxyde de carbone dans le courant gazeux transportant la farine crue peut réduire la vitesse à laquelle le dioxyde de carbone est produit par calcination à une température donnée. Si la concentration de dioxyde de

carbone dans le courant gazeux est élevée, il peut s'avérer souhaitable d'augmenter la température pour fixer le niveau souhaité de calcination à partir de la farine crue lors de sa présence dans le four de calcination. La concentration de dioxyde de carbone dans le courant gazeux traversant le four de calcination est généralement maintenue à un niveau aussi faible que possible, cohérent avec un transport efficace de la farine à travers le four de calcination et le niveau souhaité de calcination.

Le niveau de calcination dans la farine quittant le four de calcination est généralement d'au moins 60 %, par exemple de 70 à 80 %, de préférence d'au moins 90 %. Il peut s'avérer souhaitable de contrôler le niveau de calcination à 80 % en poids ou plus, laissant jusqu'à 20 % de dioxyde de carbone résiduel dans la farine, par exemple un niveau de 92 à 95 %, laissant 5 à 8 % de dioxyde de carbone résiduel dans la farine crue quittant le four de calcination.

L'absence de matériaux tels que des alcalis, des sulfates et des chlorures dans le courant gazeux dans le four de calcination facilite son fonctionnement. Dans des procédés connus, de tels matériaux peuvent être présents, arrivant dans le gaz issu du four de cuisson.

Le four de calcination employé dans le procédé de l'invention peut être de conception connue, par exemple un four de calcination à creuset. Toute fuite d'air dans le four de calcination est de préférence évitée. Ceci est facilité en contrôlant les conditions de pression dans le procédé global de production de ciment. Afin de réduire l'entrée d'air lors de la mise en œuvre du procédé, il est souhaitable de maintenir une pression légèrement réduite dans le four de calcination par rapport à la pression à l'entrée du

four de cuisson. La réduction est généralement inférieure à 1 mbar, par exemple d'environ 0,3 mbar.

Un nouveau four de calcination pour un fonctionnement
5 selon l'invention peut être installé après-coup pour
fonctionner en parallèle avec un four de calcination
existant. L'alimentation en farine crue issue du
préchauffeur est ensuite répartie entre le nouveau four
de calcination et le four existant. La totalité ou une
10 partie, par exemple 20 % ou plus, de préférence jusqu'à
50 %, de la farine peut être détournée vers le nouveau
four de calcination. La libération totale de dioxyde de
carbone dans l'atmosphère à partir de l'étape de
calcination peut ainsi être réduite approximativement
15 en proportion de l'alimentation en farine crue du
nouveau four de calcination et du four existant. D'une
manière similaire, l'invention peut être adaptée à un
procédé avec four avec préchauffeur à suspension
existant.

20 L'invention est davantage illustrée par les dessins
annexés, dans lesquels :
la figure 1 illustre sous forme schématique le procédé
de l'invention ;
25 la figure 2 illustre dans de plus amples détails un
préchauffeur pour mettre en œuvre un procédé selon
l'invention ;
la figure 3 illustre dans de plus amples détails la
disposition d'un four de calcination pour mettre en
30 œuvre un procédé selon l'invention ; et
la figure 4 illustre une usine de production de clinker
de ciment intégrant le préchauffeur illustré sur la
figure 2 et le four de calcination illustré sur la
figure 3 pour mettre en œuvre un procédé selon
35 l'invention.

Considérons la figure 1, où de la farine crue est
introduite dans un préchauffeur (1). La farine
préchauffée est acheminée depuis le préchauffeur (1)

dans un four de calcination (3) comme l'indique la flèche entre ceux-ci. Le gaz chaud issu du préchauffeur (1) sort le long de la ligne (2). La farine précalcinée issue du four de calcination (3) est introduite dans un
5 four de cuisson (4) comme l'indique la flèche. Les gaz contenant un pourcentage élevé de dioxyde de carbone quittent le four de calcination (3) par le biais d'un ventilateur (5). Les gaz issus de la ligne (2) sortent
10 par le biais d'un ventilateur (6) vers le broyeur pour produire de la farine crue.

Considérons la figure 2, où les composants (2), (3), (4), (5) et (6) sont tels que sur la figure 1. La farine crue passe successivement à travers des cyclones
15 (7), (8), (9), (10) et (11) puis pénètre dans le four de calcination (3). Le gaz chaud issu du four de cuisson (4) circule à travers une colonne montante (12) jusqu'au cyclone (11) ; le gaz chaud issu du cyclone (11) circule à travers une colonne montante (13)
20 jusqu'au cyclone (10) ; le gaz chaud issu du cyclone (10) circule à travers une colonne montante (14) jusqu'au cyclone (9) ; le gaz chaud issu du cyclone (9) circule à travers une colonne montante (15) jusqu'aux cyclones (7) et (8).

25 De la farine crue fraîche est introduite dans la colonne montante (15) et est soulevée jusque dans les cyclones (7) et (8) ; la farine issue des cyclones (7) et (8) est introduite dans la colonne montante (14) et
30 est soulevée par le gaz chaud jusque dans le cyclone (9) ; la farine issue du cyclone (9) est introduite dans la colonne montante (13) et est soulevée jusque dans le cyclone (10) ; la farine issue du cyclone (10) est introduite dans la colonne montante (12) et est
35 soulevée jusque dans le cyclone (11) ; la farine est acheminée du cyclone (11) au four de calcination (3).

Considérons la figure 3, où les composants (1), (2), (3), (4) et (6) sont tels que sur la figure 1 et 2. Le

combustible pour la calcination pénètre dans le four de calcination (3) par la ligne (13). De l'oxygène est injecté par la ligne (14). Le gaz contenant du dioxyde de carbone remis en circulation est introduit dans le

5 four de calcination (3) par la ligne (15). Les gaz et la farine précalcinée quittent le four de calcination (3) et passent dans un cyclone (16). La farine précalcinée passe du cyclone (16) au four de cuisson (4). Le gaz contenant du dioxyde de carbone séparé

10 quitte le cyclone (16) par la ligne (17). Le gaz dans la ligne (17) est séparé en deux courants. Un premier courant dans la ligne (17) passe dans un réchauffeur à vapeur (18) puis dans un échangeur (19). Le gaz quittant l'échangeur (19) est séparé en deux courants.

15 Un premier courant issu de l'échangeur (19) le quitte par la ligne (20). Ce premier courant sortant par la ligne (20) constitue le gaz enrichi en dioxyde de carbone souhaité du procédé selon l'invention. Un second courant de gaz issu de l'échangeur (19) passe

20 par la ligne (21). Un second courant gazeux dans la ligne (17) passe par la ligne (22) jusqu'à la ligne (21). Les courants gazeux combinés des lignes (21) et (22) passent par un ventilateur de recirculation (23) et la ligne (15) jusqu'au four de calcination (3).

25

Considérons la figure 4, où une usine de ciment intégrant les composants des figures 1, 2 et 3 est illustrée. Le combustible pour la cuisson est introduit dans le four de cuisson (4) par la ligne (24). Le

30 clinker produit dans le four de cuisson (4) passe dans un refroidisseur de clinker (25). Le gaz résiduaire quitte le refroidisseur de clinker (25) par les lignes (26) et (27). Le courant gazeux dans la ligne (27) est scindé en deux courants. Un premier courant est utilisé

35 pour refroidir les gaz quittant le four de cuisson (4) le long de la ligne (28). La température des gaz chauds passant dans le préchauffeur (3) est contrôlée en ajustant les courants gazeux sur les lignes (27) et (28). Un second courant (29) passe dans la ligne (2) et

est utilisé pour sécher la matière première dans le broyeur produisant la farine crue.

L'invention concerne également une usine de production
5 de ciment pour fonctionnement, ou fonctionnant, selon
le procédé de l'invention ; le ciment produit par une
usine de production de ciment selon l'invention ; et
une usine et un procédé de production de ciment selon
10 l'invention sensiblement tels que décrits dans les
présentes par renvoi à l'une ou plusieurs des figures 1
à 4 des dessins annexés.

Dans cette description et les dessins annexés, sauf
indication contraire : les températures sont celles
15 mesurées d'une manière connue au cours du procédé de
production de ciment, par exemple avec un thermocouple
ou par pyrométrie ; et les pourcentages des gaz sont en
volume.

20 L'exemple suivant illustre l'invention sans la limiter.

EXEMPLE

De la farine crue est broyée, et la farine broyée est
ensuite introduite au sommet d'un préchauffeur (1). Le
25 préchauffeur comprend une série de cyclones (7) à (11)
et des conduites de raccordement (12), (13), (14) et
(15) (les colonnes montantes). Le préchauffeur (1)
reçoit du gaz chaud issu du four de cuisson. La farine
crue est chauffée lorsque les gaz sont refroidis dans
30 les colonnes montantes, et les cyclones (7 à 11)
capturent la farine de sorte qu'elle peut être
acheminée à l'étage inférieur suivant.

Les gaz qui traversent le préchauffeur (1) proviennent
35 uniquement du four de cuisson (4). Les gaz issus du
four de calcination (3) sont maintenus dans un courant
distinct.

Quand la farine crue quitte l'étage le plus bas du préchauffeur (1), elle est acheminée dans le four de calcination (3) à une température d'environ 750°C à 800°C. À ce stade, le niveau de précalcination sera

5 inférieur à environ 10 %, car la température est maintenue en dessous de 800°C. Au moment où les gaz quittent le four de cuisson (4) à environ 1100°C, le gaz d'échappement du refroidisseur (issu du refroidisseur de clinker) à environ 400°C à 500°C peut

10 être ajouté, avant que les gaz ne soient introduits dans le préchauffeur (1), en vue de réduire la température et de maintenir un niveau limité de précalcination. Les gaz sortant par le sommet du préchauffeur (1) ont une température d'environ 300°C et

15 une teneur en dioxyde de carbone d'environ 18 % en volume. Ils peuvent être utilisés pour compléter si nécessaire l'étape de séchage de la matière première.

La farine crue pénètre dans le four de calcination (3)

20 et est dispersée dans les gaz d'entrée qui ont été remis en circulation à partir de la sortie du four de calcination après refroidissement partiel, et dans l'oxygène injecté. Comme le but est d'avoir une forte concentration en dioxyde de carbone dans les gaz

25 résiduaux, de l'oxygène est utilisé pour la combustion du combustible de calcination à la place de l'air qui contient une quantité substantielle d'azote. Le courant de combustible vers le four de calcination (3) est contrôlé pour obtenir une température constante

30 des gaz à la sortie, afin de maintenir une précalcination constante qui est souhaitable pour la stabilité du four de cuisson.

Le niveau de précalcination de la farine crue est

35 contrôlé à environ 92 % pour éviter tout problème d'accumulation dans le four de calcination (3). La farine crue précalcinée est collectée après le four de calcination dans le cyclone (16), puis est acheminée jusqu'au four de cuisson (4). Il est avantageux

d'employer du charbon normal qui présente une faible teneur en azote pour minimiser la contamination des gaz de sortie. Après le cyclone (16) du four de calcination, une partie des gaz qui contiennent plus de 5 90 % en volume de dioxyde de carbone est recyclée vers l'entrée du four de calcination par la ligne (15), et le gaz restant est ensuite refroidi pour un traitement en aval. Le refroidissement est assuré par l'emploi d'un échangeur de chaleur comprenant un réchauffeur à 10 vapeur (18) afin de faciliter la minimisation de l'entrée d'air dans le procédé. Le fonctionnement du système à une pression légèrement négative est à cet égard aussi d'une certaine aide. De l'énergie électrique peut être générée en utilisant la vapeur 15 issue de l'échangeur de chaleur. Après l'échangeur de chaleur, une certaine partie des gaz est recyclée vers l'entrée du four de précalcination pour contrôler la température dans le ventilateur de recirculation, et le reste est acheminé vers un traitement en aval.

20 La farine crue pénétrant dans le four de cuisson forme du clinker de ciment de la manière normale. Le refroidisseur de clinker fonctionne d'une manière connue, excepté que la quantité de gaz et la 25 température sont légèrement supérieures aux valeurs normales, car aucun air tertiaire issu du four de cuisson (4) n'est utilisé pour le four de calcination (3). Une certaine partie des gaz issus du refroidisseur de clinker (25) peut être utilisée pour refroidir le 30 gaz de cuisson avant qu'il ne pénètre dans le préchauffeur, et le reste peut être utilisé pour le séchage de la matière première.

Revendications

1. Procédé pour la production de ciment qui comprend la calcination de farine crue contenant du carbonate de calcium dans un four de calcination chauffé par combustion d'un combustible contenant du carbone avec un gaz comprenant de l'oxygène et de 0 à 80 % en volume de dioxyde de carbone, et sensiblement exempt d'azote, et l'isolement du gaz produit par combustion et calcination dans le four de calcination.
5
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la combustion est effectuée avec un gaz comprenant de 90 à 100 % d'oxygène.
15
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel la farine crue est introduite dans le four de calcination en une pluralité de points.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le gaz fourni est introduit dans le four de calcination en une pluralité de points.
- 25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'oxygène et le dioxyde de carbone dans le gaz fourni sont introduits séparément dans le four de calcination.
- 30 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les effluents gazeux comprennent au moins 90 % de dioxyde de carbone.
- 35 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le niveau de calcination dans le four de calcination est contrôlé à 80 % en poids ou plus en laissant jusqu'à 20 % de dioxyde de carbone résiduel dans la farine.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le four de calcination fonctionne à une pression des gaz réduite de moins de 1 millibar par rapport à la pression des gaz dans le four de cuisson.

9. Dioxyde de carbone produit en tant qu'effluent gazeux à partir d'un four de calcination dans un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

10. Usine de ciment pour fonctionnement, ou fonctionnant, selon un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

11. Ciment produit par une usine de ciment selon la revendication 10.

20

25

30

35

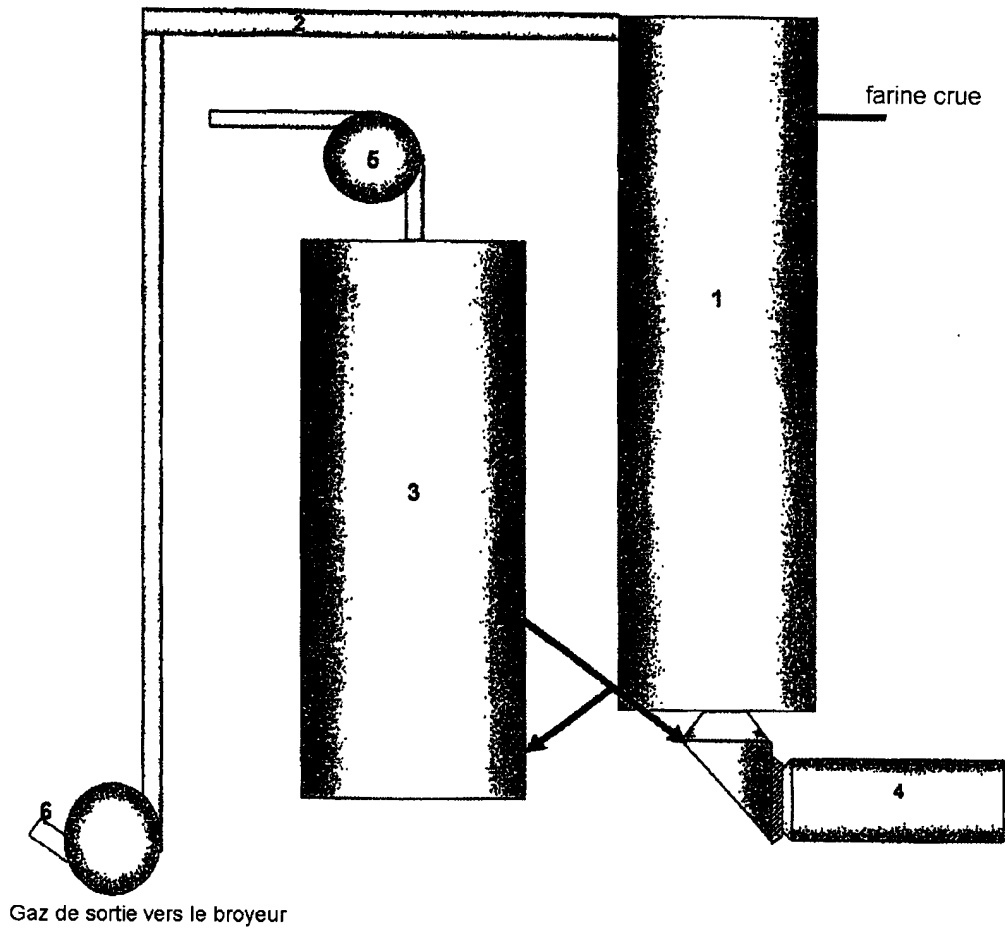


FIGURE 1

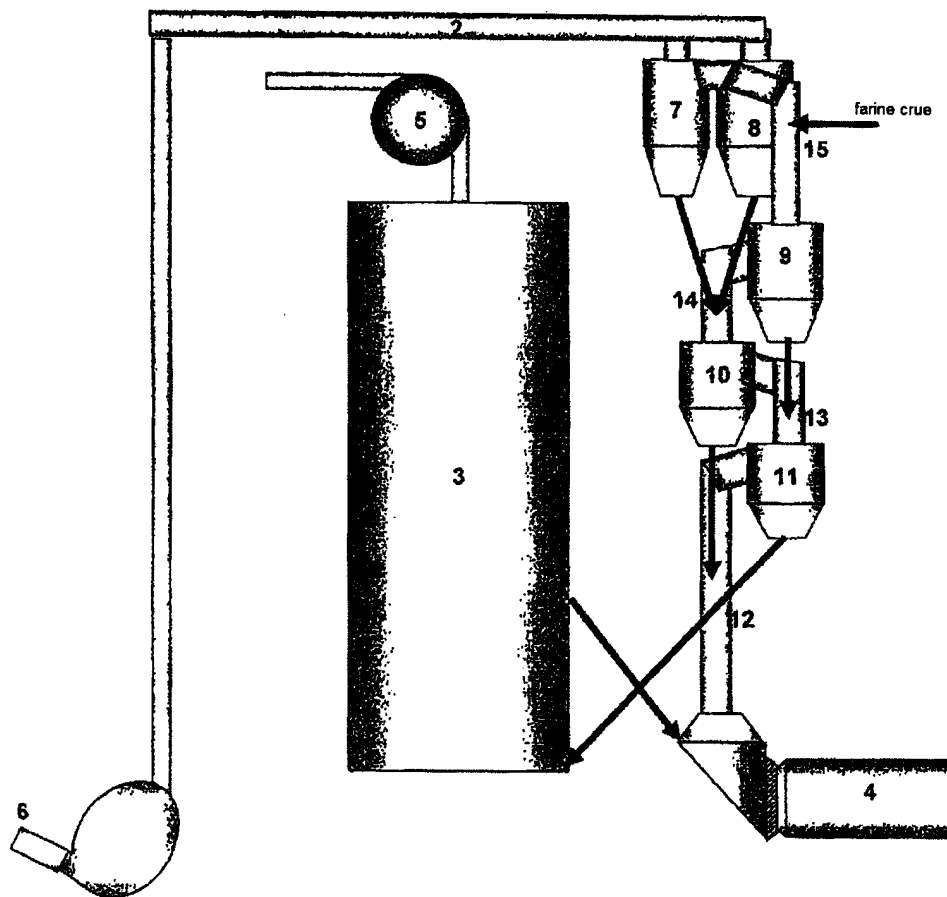


FIGURE 2

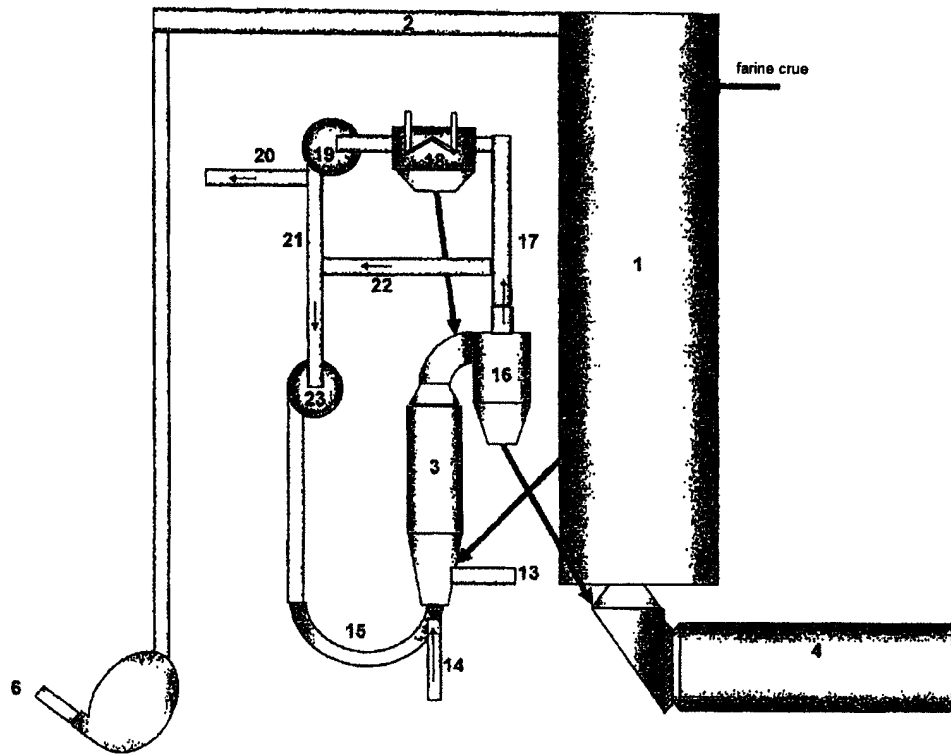


FIGURE 3

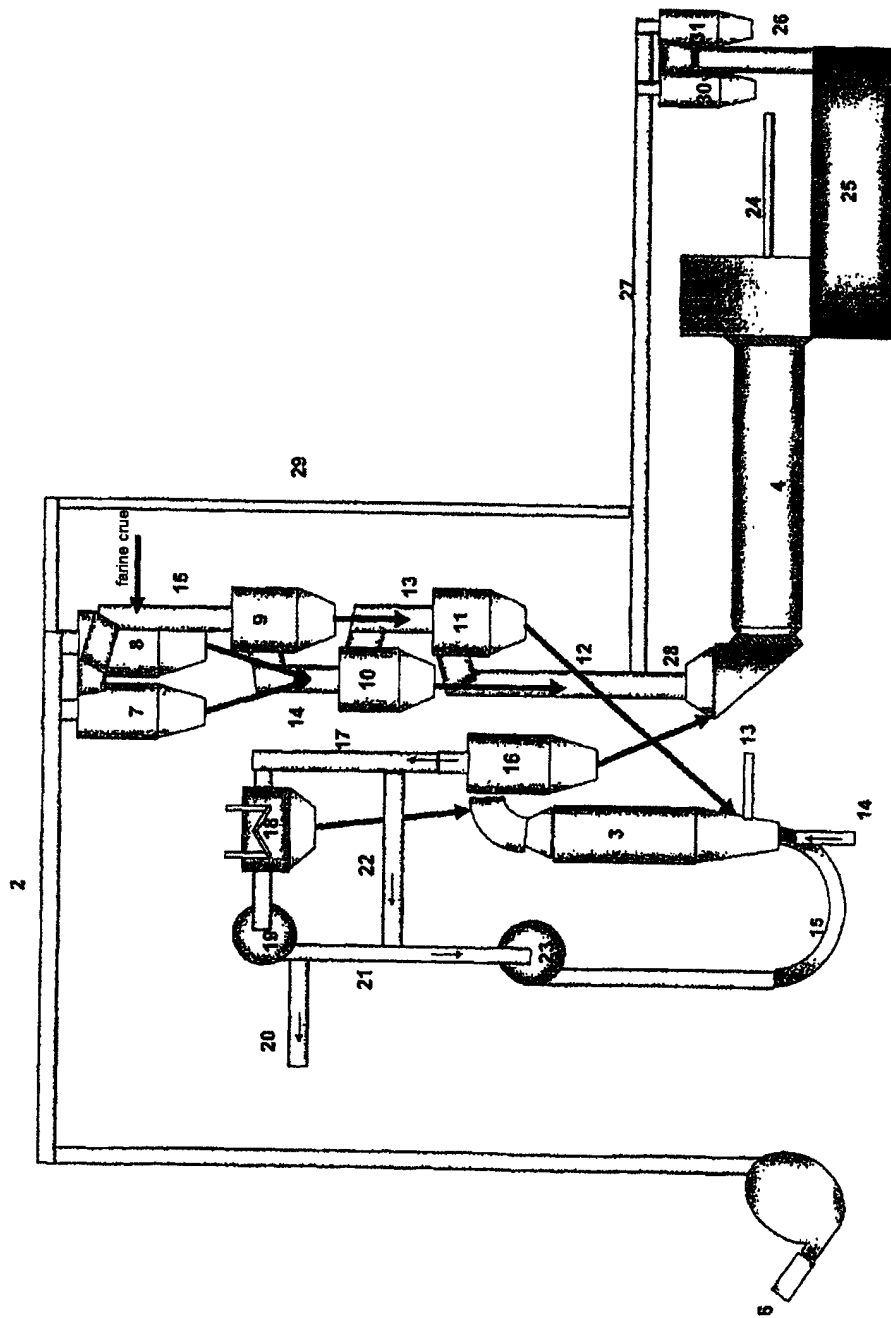


FIGURE 4