

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
20 août 2009 (20.08.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/101361 A2

(51) Classification internationale des brevets :
F27B 9/36 (2006.01) C04B 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2009/050219

(22) Date de dépôt international :
11 février 2009 (11.02.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0850831 11 février 2008 (11.02.2008) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS GEORGES CLAUDE [FR/FR]; 75 quai d'Orsay, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : AMIRAT, Mohand [FR/FR]; 7bis, rue de Bellou, F-28320 Gas (FR). KALCEVIC, Robert [FR/FR]; Entrée A2, 84, Avenue de Paris, F-78000 Versailles (FR). PANIER, Faustine [FR/FR]; 8, rue Boutillier, F-78350 Jouy En Josas (FR). TSIAVA, Rémi [FR/FR]; 71, rue André Breton, F-91250 Saint Germain-les-Corbeil (FR).

(74) Mandataire : DE VLEESCHAUWER, Natalie; L'Air Liquide, 75 quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

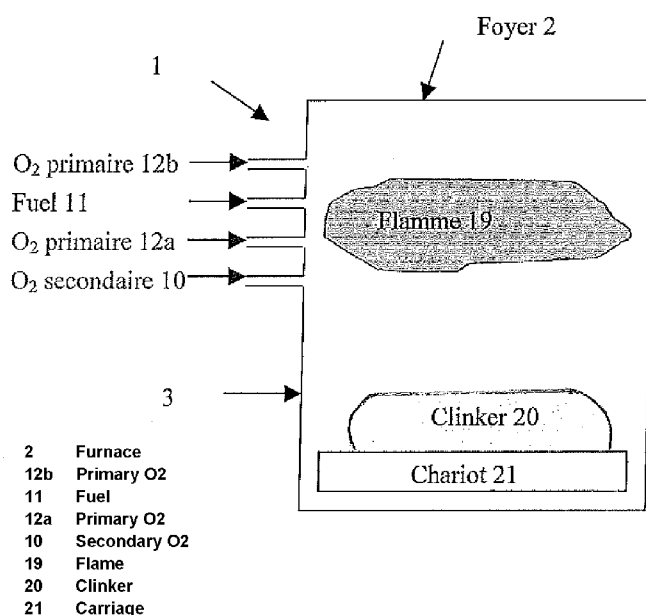
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF HEATING A MINERAL FEEDSTOCK IN A FIRING FURNACE OF THE TUNNEL FURNACE TYPE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE CHAUFFAGE D'UN CRU MINÉRAL DANS UN FOUR DE CUISSON DE TYPE FOUR TUNNEL

Figure 2



(57) Abstract : Method of heating a mineral feedstock in a firing furnace of the tunnel furnace type, having a hearth with an upstream inlet, a downstream outlet and sidewalls fitted with burners, in which method the feedstock is transported as a layer of approximately constant thickness along a treatment path in which the feedstock is heated and fired by means of said burners so as to obtain a fired product, said path being located between the upstream inlet and the downstream outlet of the furnace, characterized in that said burners comprise at least one fuel injector and at least one oxidizer injector and are positioned and oriented in such a way that their flames do not impact the layer, the at least one oxidizer injector being positioned relative to the at least one fuel injector so that the at least one fuel jet injected by the at least one fuel injector is separated from the layer by at least one oxidizer jet injected by at least one oxidizer injector.

(57) Abrégé : Procédé de chauffage d'un cru minéral dans un four de cuisson de type four tunnel ayant un foyer

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/101361 A2

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))*

avec une entrée amont, une sortie aval et des parois latérales équipées de brûleurs, procédé dans lequel le cru est transporté en nappe d'épaisseur sensiblement constante le long d'un trajet de traitement où le cru est chauffé et cuit au moyen desdits brûleurs de manière à obtenir un produit cuit, ledit trajet étant situé entre l'entrée amont et la sortie aval du foyer, caractérisé en ce que lesdits brûleurs comportent au moins un injecteur de combustible et au moins un injecteur d'oxydant et sont positionnés et orientés de manière à ce que leurs flammes n'impactent pas la nappe, le au moins un injecteur d'oxydant étant positionné par rapport à le au moins un injecteur de combustible de manière à ce que le ou moins un jet de combustible injecté par le au moins un injecteur de combustible est séparé de la nappe par au moins un jet d'oxydant injecté par au moins un injecteur d'oxydant.

PROCEDE DE CHAUFFAGE D'UN CRU MINERAL DANS UN FOUR DE CUISSON DE TYPE FOUR TUNNEL

La présente invention concerne un procédé pour le chauffage d'un cru minéral dans un four de cuisson de type tunnel.

Les émissions de CO₂ liées à l'activité humaine sont vraisemblablement responsables pour une grande part du réchauffement climatique que l'on semble observer à l'échelle terrestre. Ce constat a conduit notamment à la signature du protocole de Kyoto. Depuis un nombre croissant de pays se donnent des objectifs en termes de limitation des émissions de CO₂. Dans le cas de l'Union Européenne, par exemple, la mise en œuvre de ce protocole a abouti à un système d'allocation de droits d'émission de CO₂, ou quotas.

Avec des émissions d'environ 0,7 à 0,8 tonnes de CO₂ par tonne de ciment produite, les cimentiers sont parmi les plus gros émetteurs mondiaux (près de 5% des émissions globales liées à l'activité humaine). Les cimentiers se doivent donc d'être particulièrement actifs dans la recherche de moyens pour réduire leurs émissions de CO₂.

Les moyens mis en œuvre et les pistes de recherche pour réduire les émissions de CO₂, varient. Parmi ces pistes de recherche, nous pouvons citer l'utilisation des biofuels, la capture du CO₂ en vue de sa séquestration, ou encore des modifications de la composition du cru, avec d'avantage d'ajouts.

La question de la réduction des émissions de CO₂ se pose également pour la cuisson d'autres crus minéraux.

Dans la fabrication de ciment, la matière première, appelée cru, qui est un mélange d'argile et de calcaire principalement, est : d'abord (1) homogénéisée, typiquement par broyage, et (2) séchée, puis (3) réchauffée, typiquement jusqu'à environ 900°C, et (4) décarbonatée – à la température de réchauffage le carbonate de calcium se décompose pour donner de la chaux et du dioxyde de carbone - et ensuite (5) clinkérisée. Le clinker ainsi obtenu est trempé à l'air, puis broyé avec du gypse pour former le ciment.

Le clinker est obtenu par cuisson à haute température (clinkérisation), généralement comprise entre 1100°C et 1400°C, du cru décarbonaté. A cette température, la chaux et les différents composants de la matière se recombinent pour former le clinker. La clinkerisation se déroule habituellement dans un four rotatif.

Il a également été proposé de mettre en œuvre un four tunnel pour la cuisson de clinker. Ainsi il est connu de WO-A-02094732 de fabriquer du ciment sulfo-alumineux et/ou ferro-alumineux par clinkérisation d'un cru particulier dans un four tunnel, ledit cru étant traité jusqu'à clinkérisation par déplacement dans le foyer du four, en nappe d'épaisseur sensiblement constante et à vitesse de déplacement sensiblement constante, le long d'un trajet de traitement soumis à un gradient positif de température, et pendant un temps de traitement au cours duquel le cru reste en dessous de sa température de fusion, le produit clinkérisé étant refroidi en sortie de trajet de traitement.

La cuisson d'un cru minéral et en particulier la clinkérisation dans un four tunnel doit être réalisée en conditions stables d'exploitation afin de préserver l'installation et réduire les maintenances coûteuses et d'assurer la qualité du produit cuit.

Sauf cas exceptionnel, la clinkerisation s'effectue avantageusement en milieu oxydant. Dans le cas contraire, le soufre contenu dans le cru (SO_4^{2-}) est réduit en SO_2 et part avec les gaz de combustion. Cela pose deux problèmes : les fumées doivent ensuite être dépolluées, et la perte dans le clinker de l'élément SO_4^{2-} est préjudiciable à sa qualité. Des considérations analogues se posent pour la cuisson d'autres crus minéraux.

Toutefois, un surplus trop important d'oxygène dégrade les performances énergétiques de l'installation. En effet, un surplus d'oxygène dilue et baisse les températures et la surconsommation d'oxygène gâche de l'oxygène qui est cher.

L'objet de la présente invention est de proposer une technologie de combustion, adaptée aux fours tunnels, qui réponde aux contraintes décrites ci-dessus.

La présente invention concerne en particulier un procédé de chauffage d'un cru minéral dans un four de cuisson de type four tunnel ayant un foyer avec une entrée amont, une sortie aval et des parois latérales équipées de brûleurs. Le cru parcourt un trajet de traitement situé entre l'entrée amont et la sortie aval du foyer. Le cru est transporté en nappe d'épaisseur sensiblement constante le long du trajet de traitement où le cru est chauffé et cuit au moyen desdits brûleurs de manière à obtenir un produit cuit, tels que du clinker. Lesdits brûleurs comportent au moins un injecteur de combustible et au moins un injecteur d'oxydant, ledit oxydant ayant une teneur en oxygène supérieure à 22 %vol. Ces brûleurs sont appelés ci-après des « oxybrûleurs ». Ces oxybrûleurs sont positionnés et orientés de manière à ce que leurs flammes n'impactent pas la nappe. Selon l'invention, le au moins un injecteur d'oxydant est positionné par rapport à le au moins un injecteur de combustible de manière à ce que le ou moins un jet de combustible injecté par le au moins un injecteur de combustible est séparé de la nappe par au moins

un jet d'oxydant injecté par au moins un injecteur d'oxydant. Ainsi, au moins un jet d'oxydant vient s'intercaler entre chaque jet de combustible et la nappe. Par contre, comme il sera expliqué plus en détail ci-après, il n'est pas nécessaire que la totalité d'un jet oxydant ou que tout les jets d'oxydant d'un oxybrûleur se trouvent intercalés entre un jet de combustible et la nappe.

Grâce à ce positionnement des injecteurs de combustible et de comburant, une atmosphère oxydante est créée directement au-dessus de la nappe de cru.

Comme indiqué ci-dessus, dans les fours de type four tunnel (en anglais « tunnel kiln »), le cru est transporté entre l'entrée amont et la sortie aval du foyer. Pour le transport du cru, les fours tunnel sont équipés de moyens de transport mécaniques appropriés et adaptés aux températures qui règnent dans le foyer. Ainsi, le cru peut être transporté à travers le foyer au moyen de rouleaux, comme notamment décrit dans WO-A-02094732, sur un ou des tapis roulants ou sur des chariots (en anglais « kiln-cars ») comme décrit dans la partie 2.2.7.4.2 « Tunnel kilns » du document de référence de la Commission Européenne intitulé « Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry » d'août 2007

Les fours de type tunnel se distinguent ainsi des fours de type rotatif (en anglais « rotary kilns ») qui ne sont pas équipés de tels moyens pour le transport du cru et dans lesquels notamment, le transport du cru est typiquement réalisé sous l'effet de la gravité par une inclinaison du four rotatif même.

Le produit cuit est typiquement refroidi en sortie du trajet de traitement.

Selon une forme de réalisation, au moins un oxybrûleur est un oxybrûleur à injection concentrique avec une injection d'oxydant périphérique permettant de créer une atmosphère oxydante à l'extérieur de l'enveloppe de flamme. Dans ce cas, le jet d'oxydant injecté par l'injection périphérique entoure le jet de combustible, la partie inférieure du jet d'oxydant périphérique venant s'intercaler entre le jet de combustible et la nappe, séparant ainsi le jet de combustible de la nappe. De préférence, le procédé fera appel à plusieurs tels oxybrûleurs à injection concentrique. Avantagusement, tout les oxybrûleurs montés dans les parois latérales du foyer sont de tels oxybrûleurs à injection concentrique.

Lors du chauffage d'un cru minéral dans un four de cuisson de type four tunnel, le cru est statique sur un chariot/tapis qui se déplace. Afin d'obtenir un chauffage homogène de la charge, il convient de réaliser un transfert thermique en substance homogène sur la largeur du four. Un tel transfert thermique en substance homogène peut

être réalisé au moyen d'un mode de mise en œuvre selon lequel au moins un oxybrûleur est un oxybrûleur à injection concentrique avec :

- une injection d'oxygène périphérique,
- une injection d'oxygène centrale, et
- une injection de combustible entre l'injection d'oxygène périphérique et l'injection d'oxygène centrale.

De préférence, une pluralité, voire l'ensemble, des oxybrûleurs sont des oxybrûleurs de ce type.

Le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant centrale est avantageusement injecté à une impulsion plus élevée que le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant périphérique.

Avec ce type de brûleur à injection centrale et périphérique d'oxydant, on peut, dans le procédé suivant l'invention, ajuster la longueur de la flamme issue du brûleur de ce type par un réglage de la répartition entre le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant centrale et le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant périphérique. Le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant centrale représente entre 8% et 30% de la totalité d'oxygène injectée par l'oxybrûleur.

Un autre avantage que ce type de brûleurs présente est leur bonne adaptabilité de puissance.

Suivant une forme de réalisation, au moins un des oxybrûleurs comprend un ou des injecteurs d'oxydant inférieurs situés en dessous du au moins un injecteur de combustible de manière à ce que le ou les jets d'oxydant injectés par le ou les injecteurs inférieurs séparent le ou moins un jet de combustible injecté par le au moins un injecteur de combustible de la nappe. Ainsi, le ou les jets d'oxydant injectés par le ou les injecteurs inférieurs viennent s'intercaler entre le ou les jets de combustible et la nappe. On note qu'il n'est pas nécessaire que l'ensemble des injecteurs d'oxydant sont des injecteurs inférieurs situés en dessous du ou des injecteurs de combustibles. En effet, l'oxybrûleur peut également comprendre un ou plusieurs injecteurs d'oxydant situés au niveau d'un ou des injecteurs de combustible et/ou encore situés à un niveau au-dessus d'un ou des injecteurs de combustible.

Quand l'oxybrûleur comprend un ou des injecteurs d'oxydant inférieurs comme décrit ci-dessus, l'oxybrûleur est avantageusement un oxybrûleur à injection étagée d'oxydant. Dans le cas d'un oxybrûleur à injection étagée d'oxydant, une première partie

de l'oxydant, dit oxydant primaire, est injectée à proximité du ou des jets de combustible, une deuxième partie de l'oxydant, dit oxydant secondaire, étant injectée à une plus grande distance du ou des jets de combustible, une troisième partie de l'oxydant, dit oxydant tertiaire, étant optionnellement injectée à une distance encore plus grande du ou des jets de combustible. De cette façon, on réalise une combustion étagée : dans une première phase de combustion, le ou les jets de combustible réagissent avec l'oxydant primaire, le restant du combustible après la combustion primaire et les produits de combustion de cette combustion primaire entrant ensuite en contact avec l'oxydant secondaire dans une combustion secondaire et, dans le cas particulier où il y a répartition de l'oxydant en oxydant primaire, secondaire et tertiaire, le combustible restant après la combustion secondaire et les produits de combustion issus de cette combustion secondaire entrent en contact avec l'oxydant tertiaire dans une tertiaire phase de combustion.

Chaque injecteur de combustible est connecté à une source de combustible.

Chaque injecteur d'oxydant est connecté à une source d'oxydant.

Les combustibles utilisés sont préférentiellement des combustibles à faible coût (charbon, petcoke, déchets...) utilisés classiquement par les cimentiers. Il est néanmoins envisageable d'utiliser de manière avantageuse des combustibles gazeux (gaz naturel, propane...) ou liquide (fuel oil).

Comme mentionné ci-dessus, la teneur en oxygène de l'oxydant est supérieure à 22%vol. La teneur en oxygène de l'oxydant est avantageusement supérieure à 50%vol, de préférence supérieure à 70%vol et encore de préférence supérieure à 80%vol.

L'invention concerne également l'utilisation du procédé de chauffage décrit ci-dessus dans la fabrication de chaux ou de clinker.

Un four tunnel pour le chauffage d'un cru minéral avec obtention d'un produit cuit adapté pour la mise en œuvre du procédé comprend un foyer ayant une entrée amont, une sortie aval et des parois latérales équipées de brûleurs. Un tel four comprend également des moyens pour introduire une nappe de cru minéral dans le foyer par l'entrée amont, des moyens pour évacuer la nappe de produit cuit du foyer par la sortie aval et des moyens pour transporter la nappe le long d'un trajet de traitement entre l'entrée amont et la sortie aval, tels qu'un ou des chariots, des rouleaux ou des tapis roulants. Les brûleurs dont sont équipées les parois latérales du foyer sont des brûleurs suivant l'une quelconque des formes de réalisation décrites ci-dessus. Ces brûleurs sont donc des oxybrûleurs comportant au moins un injecteur de combustible et au moins un

injecteur d'oxydant. Ils sont positionnés et orientés de manière à ce que leurs flammes n'impactent pas la nappe. Le au moins un injecteur d'oxydant de ces brûleurs est positionné par rapport à le au moins un injecteur de combustible de manière à ce que le ou moins un jet de combustible injecté par le au moins un injecteur de combustible est séparé de la nappe par au moins un jet d'oxydant injecté par au moins un injecteur d'oxydant.

La technologie proposée est applicable à la fabrication de types de clinker divers, tels que le clinker pour ciment sulfo-alumineux et/ou ferro-alumineux cité dans WO-A-02094732, le clinker pour ciment Portland, la fabrication de chaux, ou la cuisson d'autres produits minéraux. Elle est particulièrement utile pour la cuisson de crus minéraux dont la composition est telle que leur cuisson nécessite un bon contrôle du transfert thermique vers le cru tels que le cru pour ciment sulfo-alumineux et/ou ferro-alumineux.

La présente invention permet en effet de créer une atmosphère à température relativement homogène au dessus de la nappe selon un profil longitudinal recherché.

Les avantages de la présente invention seront mieux compris à la lumière des exemples de l'invention décrits ci-après, référence étant faite aux figures 1 et 2, dans lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un brûleur à injection concentrique approprié pour le procédé suivant l'invention, la figure 1A représentant coupe transversale et figure 1B une vue frontale ; et
- la figure 2 est une représentation schématique en section transversale du foyer d'un four tunnel adapté pour la mise en œuvre du procédé suivant l'invention équipé d'un deuxième type de brûleur.

Les exemples ci-après concernent plus particulièrement la clinkérisation.

Le tunnel ou foyer est équipé d'oxybrûleurs alignés sur le côté du four, de part et d'autre de la nappe de matière. Lesdits brûleurs sont positionnés dans les parois latéraux et orientés de manière à ce que leurs flammes n'impactent pas la charge.

Le combustible utilisé est un combustible classiquement utilisés par les cimentiers, tel que le charbon, le petcoke, des déchets. Il est également possible d'utiliser des combustibles gazeux (gaz naturel, propane...) ou liquide (fuel oil).

Comme déjà mentionné ci-dessus, la teneur en oxygène dans l'oxydant d'un oxybrûleur est supérieure à 22 %vol, de préférence supérieure à 50%, encore de préférence supérieure à 70% et plus de préférence encore supérieure à 80%.

Différents types de brûleurs sont proposés afin de créer l'atmosphère adéquate pour le matériau :

a. oxybrûleurs à injections concentriques de combustible et d'oxydant (figure 1)

Le brûleur 1 dans la paroi latérale 3 est un oxybrûleur à injection concentrique, avec une injection d'oxydant périphérique 10 entourant l'injection de combustible 11 et permettant de créer une atmosphère oxydante à l'extérieur de l'enveloppe de flamme 19. Cette atmosphère oxydante permet d'éviter la réduction excessive des sulfates contenus dans le cru.

Par ailleurs, la nécessité de préserver le four ou d'adapter le transfert thermique sur la largeur (par exemple suite à un changement dans la composition du cru ou dans le débit de production du four) peut conduire à un besoin de changer la longueur de la flamme 19 produite par un ou des brûleurs. Pour cela, il est possible d'utiliser des brûleurs à injection concentrique avec :

- de l'oxydant périphérique 10 entourant l'injection de combustible 11, pour créer une atmosphère oxydante à l'extérieur de l'enveloppe de flamme comme mentionnée ci-dessus,
- et de l'oxydant central 12 entouré par l'injection de combustible 11 et permettant un meilleur mélange des réactifs et un réglage de la longueur de la flamme 19.

Le réglage de la répartition entre le débit d'oxydant périphérique et le débit d'oxydant central se fait en fonction de la puissance recherchée et de la longueur de flamme recherchée.

Typiquement, l'oxydant central, ou primaire, 12 injecté à plus haute impulsion que l'oxydant secondaire 10 va permettre de régler la longueur de flamme. La proportion de cet oxydant est typiquement telle que l'oxydant central 12 fourni entre 8% et 30% de la totalité de l'oxygène injecté par le brûleur, par exemple de l'ordre de 15%. A stœchiométrie constante, l'augmentation de la proportion d'oxygène primaire (oxygène fourni par l'oxydant central) va réduire la longueur de la flamme en améliorant le mélange oxydant/combustible.

b. oxybrûleurs avec injections espacés de combustible et d'oxydant (figure 2).

Selon le deuxième exemple, l'injection de combustible dans le foyer 2 est séparée, c'est-à-dire espacée, de l'injection d'oxydant dans le four de clinkerisation.

Une première ligne d'injecteurs d'oxydant (oxydant secondaire) 10 se trouve à un niveau directement au dessus du niveau de la nappe 20 transporté sur le chariot 21 et en dessous du ou des injecteurs de combustible 11, au moins un injecteur d'oxydant primaire 12 étant situé à une moindre distance (par rapport à cette première ligne d'injecteurs 10) du ou des injecteurs de combustible 11 et à une plus grande distance (par rapport à cette première ligne d'injecteurs 10) de la nappe 20. Un tel brûleur 1 dans la paroi latérale 3 permet à nouveau de créer une atmosphère oxydante au-dessus de la nappe 20 et à l'extérieur de l'enveloppe de flamme 19. Cette atmosphère oxydante permet d'éviter la réduction excessive des sulfates contenus dans le cru.

De manière analogue à l'exemple 1,

- la première ligne d'injecteurs d'oxydant (oxydant secondaire) 10 permet de créer une atmosphère oxydante au-dessus de la nappe 20 à l'extérieur de l'enveloppe de flamme 19,
- et les autres injecteurs l'oxydant (oxydant primaire) 12 permettent un meilleur mélange des réactifs et un réglage de la longueur de la flamme 19,

Le réglage de la répartition entre les débits d'oxydant des différents injecteurs d'oxydant 10, 12 se faisant en fonction de la puissance recherchée et de la longueur de flamme 19 recherchée.

Dans l'exemple illustré dans la figure 2, des lignes supplémentaires d'injecteurs d'oxydant (oxydant primaire) 12 se situent (a) au dessus de cette première ligne d'injecteurs mais en dessous du ou des injecteurs de combustible 11 (ligne 12a) et (b) au dessus du ou des injecteurs de combustible 11 (ligne 12b).

L'écartement des lignes d'injection est fonction entre autre de la largeur du four. Le calcul de cet écartement, et en particulier l'écartement entre l'injecteur de combustible et les injecteurs d'oxydant primaire lors du design permet une optimisation entre longueur de flamme et réduction des NOx.

La puissance des différents oxybrûleurs le long du foyer 2 du four de clinkerisation est réglée pour obtenir le profil de chauffe recherché.

Le niveau des lignes d'injection d'oxydant ainsi que l'écartement des injections sur une même ligne peuvent également varier sur la longueur du four de clinkerisation afin d'obtenir le transfert thermique adéquat.

Des oxybrûleurs appropriés pour la présente invention qui permettent entre autre de faire varier en fonctionnement la longueur d'une flamme, et de l'ajuster au besoin sont décrits dans des demandes de brevet et des brevets de la demanderesse. Ainsi:

- EP-A-0763692, EP-A-1016825, EP-A-1195557 et FR-A-2837916 décrivent des oxybrûleurs commercialisés sous la dénomination commerciale ALGLASS VM™ qui permet de modifier la longueur de flamme en modifiant la répartition d'oxygène central ou périphérique (« Variable Momentum ») comme dans l'exemple 1 ci-dessus ; et
- FR-A-2823290, EP-A-1618334, EP-A-1702177 et EP-A-1704366 décrivent des oxybrûleurs à injections séparées avec un étagement de l'injection d'oxygène et un réglage de la répartition d'oxydant commercialisés sous la dénomination commerciale ALGLASS SUN™.

Un point commun de ces technologies est de permettre de modifier les caractéristiques de la flamme en fonctionnement.

Revendications

1. Procédé de chauffage d'un cru minéral dans un four de cuisson de type four tunnel ayant un foyer avec une entrée amont, une sortie aval et des parois latérales équipées de brûleurs, procédé dans lequel le cru est transporté en nappe d'épaisseur sensiblement constante le long d'un trajet de traitement où le cru est chauffé et cuit au moyen desdits brûleurs de manière à obtenir un produit cuit, ledit trajet étant situé entre l'entrée amont et la sortie aval du foyer, caractérisé en ce que lesdits brûleurs comportent au moins un injecteur de combustible et au moins un injecteur d'oxydant et sont positionnés et orientés de manière à ce que leurs flammes n'impactent pas la nappe, le au moins un injecteur d'oxydant étant positionné par rapport à le au moins un injecteur de combustible de manière à ce que le ou moins un jet de combustible injecté par le au moins un injecteur de combustible est séparé de la nappe par au moins un jet d'oxydant injecté par au moins un injecteur d'oxydant.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel au moins un brûleur est un brûleur à injection concentrique avec une injection d'oxydant périphérique permettant de créer une atmosphère oxydante à l'extérieur de l'enveloppe de flamme.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel au moins un brûleur est un brûleur à injection concentrique avec une injection d'oxydant périphérique, une injection d'oxydant centrale et une injection de combustible entre l'injection d'oxydant périphérique et l'injection d'oxydant centrale.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant centrale est injecté à une impulsion plus élevée que le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant périphérique.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, dans lequel on ajuste la longueur de la flamme issue d'un brûleur à injection concentrique avec une injection d'oxygène périphérique, une injection d'oxygène centrale et une injection de combustible entre l'injection d'oxygène périphérique et l'injection d'oxygène centrale, par un réglage de la répartition entre le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant centrale et le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant périphérique.

6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, dans lequel le jet d'oxydant injecté par l'injection d'oxydant centrale représente entre 8% et 30% de la totalité d'oxygène injectée par le brûleur.

7. Procédé selon la revendication 1, dans lequel au moins un brûleur comprend un ou des injecteurs d'oxydant inférieurs situés en dessous du au moins un injecteur de combustible de manière à ce que les jets d'oxydant injectés par ladite série d'injecteurs d'oxydant séparent le ou moins un jet de combustible injecté par le au moins un injecteur de combustible de la nappe.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel au moins un des brûleurs comprenant un ou des injecteurs d'oxydant inférieurs situés en dessous du au moins un injecteur de combustible est un brûleur à injection étagée d'oxydant.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'oxydant présente un teneur en oxygène d'au moins 50%vol, de préférence d'au moins 70%vol et encore de préférence d'au moins 80%vol.

10. Utilisation d'un procédé de fabrication suivant l'une quelconque des revendications précédentes dans la fabrication de chaux ou de clinker.

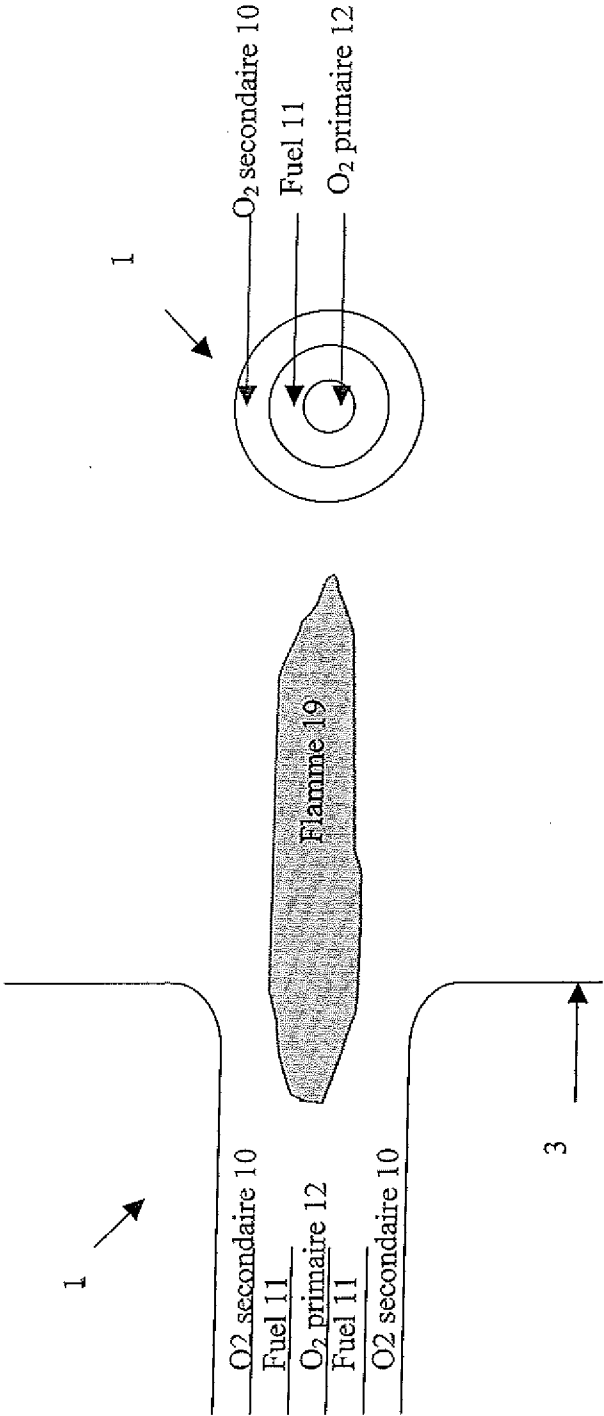
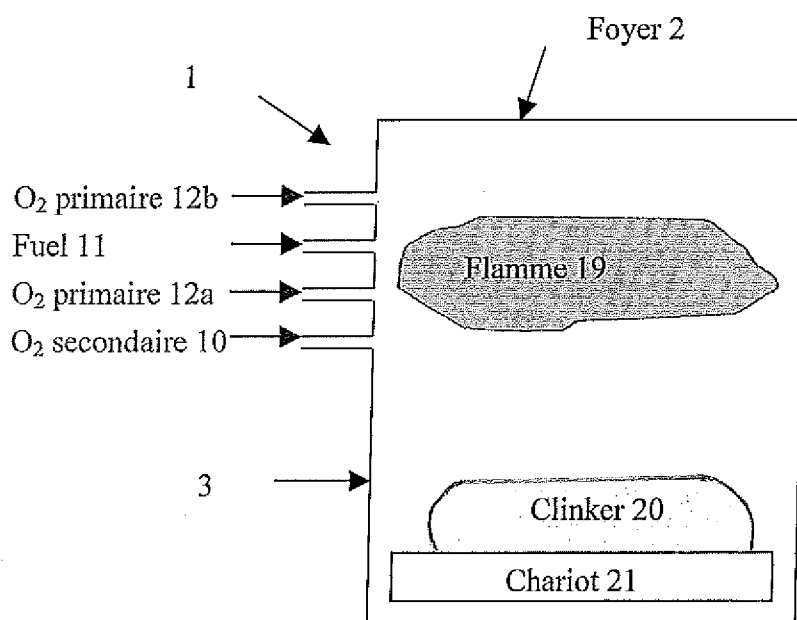


Figure 1A

Figure 1B

Figure 1

**Figure 2**