Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2633019 C 2013/09/17

(11)(21) 2 633 019

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2006/12/18
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2007/07/05
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2013/09/17
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2008/06/11
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2006/051371
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2007/074278
(30) Priorité/Priority: 2005/12/22 (FR0554032)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F23D 14/32* (2006.01), *C03B 5/235* (2006.01), *F23D 14/22* (2006.01), *F23D 14/66* (2006.01)

(72) Inventeurs/Inventors:
LEROUX, BERTRAND, FR;
CONSTANTIN, GABRIEL, FR;
IMBERNON, CHRISTIAN, FR;
TSIAVA, REMI, FR

(73) Propriétaire/Owner:
L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE, FR

(74) Agent: NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : PROCEDE D'OXYCOMBUSTION ETAGEE METTANT EN ŒUVRE DES REACTIFS PRECHAUFFES
(54) Title: STAGED OXYFUEL COMBUSTION METHOD USING PRE-HEATED REAGENTS

(57) Abrégé/Abstract:
L'invention concerne un procédé d'oxycombustion étagée dans lequel on injecte dans une chambre de combustion le jet du combustible au sein du jet de gaz oxygéné primaire, le jet du gaz oxygéné primaire par un orifice de diamètre D et le jet de gaz oxygéné secondaire par un orifice de diamètre d, placé à une distance l du jet de gaz oxygéné primaire, et dans lequel : - le jet du combustible débouche à une distance r en retrait de la paroi de la chambre de combustion, - le gaz oxygéné riche en oxygène est préchauffé à une température d'au moins 300°C, - le rapport r/D est compris soit entre 5 et 20, soit entre 0,75 et 3, et le rapport l/d est d'au moins 2.

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
5 juillet 2007 (05.07.2007)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/074278 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F23D 14/32 (2006.01) *C03B 5/235* (2006.01)
F23D 14/22 (2006.01) *F23D 14/66* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/051371

(22) Date de dépôt international :
18 décembre 2006 (18.12.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0554032 22 décembre 2005 (22.12.2005) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE** [FR/FR]; 75 Quai D'orsay, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **LEROUX, Bertrand** [FR/FR]; 3 passage de l'industrie, F-92130 Issy Les Moulineaux (FR). **CONSTANTIN, Gabriel** [FR/FR]; 81 rue des Prés St Martin, F-91600 Savigny S/orge (FR). **IMBERNON, Christian** [FR/FR]; 1 Résidence Plein Sud, F-94230 Thiais (FR). **TSIAVA, Rémi** [FR/FR]; 71 rue André Breton, F-91250 St Germain Les Corbeil (FR).

(74) Mandataire : **DUCREUX, Marie**; L'AIR LIQUIDE, SA, DPI, 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, 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, LV, LY, MA, MD, 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, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*
— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) **Title:** STAGED OXYFUEL COMBUSTION METHOD USING PRE-HEATED REAGENTS

(54) **Titre :** PROCEDE D'OXYCOMBUSTION ETAGEE METTANT EN OEUVRE DES REACTIFS PRECHAUFFES

(57) **Abstract:** The invention relates to a staged oxyfuel combustion method in which a combustion chamber is injected with a jet of fuel inside a jet of primary oxygen gas which is introduced through a hole having a diameter D and a secondary oxygen gas which is introduced through a hole having a diameter d, which is positioned at a distance I from the hole for the primary oxygen gas. According to the invention, the jet of fuel emerges at a distance r set back from the wall of the combustion chamber. The oxygen-rich oxygen gas is pre-heated to a temperature of at least 300 °C. The r/D ratio is between 5 and 20 or between 0.75 and 3 and the I/d ratio is at least 2.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un procédé d'oxycombustion étagée dans lequel on injecte dans une chambre de combustion le jet du combustible au sein du jet de gaz oxygéné primaire, le jet du gaz oxygéné primaire par un orifice de diamètre D et le jet de gaz oxygéné secondaire par un orifice de diamètre d, placé à une distance I du jet de gaz oxygéné primaire, et dans lequel : - le jet du combustible débouche à une distance r en retrait de la paroi de la chambre de combustion, - le gaz oxygéné riche en oxygène est préchauffé à une température d'au moins 300°C, - le rapport r/D est compris soit entre 5 et 20, soit entre 0,75 et 3, et le rapport I/d est d'au moins 2.

WO 2007/074278 A1

Procédé d'oxycombustion étagée mettant en œuvre des réactifs préchauffés.

La présente invention concerne un procédé de combustion d'un combustible à l'aide d'un gaz oxygéné riche en oxygène dans lequel le gaz oxygéné riche en oxygène est préchauffé à une température d'au moins 300°C.

De nos jours, les deux principales préoccupations pour le dimensionnement des brûleurs destinés aux fours industriels sont l'efficacité du transfert de chaleur à la charge et la réduction des émissions polluantes en particulier les oxydes d'azote. Une des méthodes les plus prometteuses pour répondre à ces deux préoccupations est l'oxycombustion étagée utilisant des réactifs préchauffés. En effet, il est connu que l'étagement de la combustion permet de réduire les émissions de NO_x et que le préchauffage des réactifs permet de réaliser des gains d'énergie.

L'oxycombustion est une combustion mettant en œuvre un gaz oxygéné de concentration en oxygène supérieure à l'air. Le procédé de combustion étagée des combustibles consiste à diviser la quantité d'oxydant nécessaire à la combustion totale du combustible en au moins deux flux d'oxydant introduits à différentes distances du flux de combustible. Ainsi, un premier flux d'oxydant est introduit à très proche distance du flux de combustible. Ce premier flux d'oxydant le plus proche du flux de combustible est dénommé le flux primaire ; il permet la combustion partielle du combustible à une température contrôlée qui limite la formation des NO_x. Les autres flux d'oxydant sont introduits à plus grande distance du combustible que le flux d'oxydant primaire ; ils permettent d'achever la combustion du combustible n'ayant pas réagi avec l'oxydant primaire. Ces flux sont dénommés flux secondaires.

Le préchauffage des réactifs (gaz oxygéné et combustible) a déjà été proposé dans différents schémas de récupération de la chaleur des fumées (US 6,071,116). On a également décrit dans WO 0079182 un brûleur avec injection de combustible et d'oxydant préchauffés. Toutefois, ces documents n'évoquent pas l'existence de problèmes liés à l'utilisation des réactifs chauds. Pourtant, l'utilisation de réactifs chauds peut conduire aux désagréments suivants :

- augmentation de la vitesse de flamme du mélange des réactifs. Le front de flamme se stabilise alors près des sorties des différents orifices des brûleurs accentuant les risques d'échauffement et de destruction prématurée des injecteurs.
- augmentation de la température de la flamme ce qui augmente le transfert radiatif à la charge et à la surface du brûleur,

- augmentation des niveaux de NO_x thermique suite à l'augmentation de la température de flamme.

Le but de la présente invention est de proposer des règles de dimensionnement pour un brûleur mettant en œuvre une oxycombustion étagée et des réactifs préchauffés afin de conserver les avantages de l'oxycombustion étagée sans subir les risques liés à l'utilisation de réactifs préchauffés.

Dans ce but, l'invention concerne un procédé de combustion d'un combustible à l'aide d'un gaz oxygéné riche en oxygène, dans lequel on injecte dans une chambre de combustion :

- un jet du combustible, et
- au moins deux jets du gaz oxygéné :
  . le premier jet du gaz oxygéné, dit primaire, étant introduit par un orifice de diamètre D et étant injecté autour du jet de combustible et en quantité telle à engendrer une première combustion incomplète, les gaz issus de cette première combustion comportant encore au moins une partie du combustible,
  . et le deuxième jet du gaz oxygéné, étant introduit par un orifice de diamètre d, placé à une distance l de l'orifice d'introduction du premier jet de gaz oxygéné primaire de manière à entrer en combustion avec la partie du combustible présent dans les gaz issus de la première combustion,

et dans lequel :

- le jet du combustible débouche au sein du jet de gaz oxygéné primaire en un point en retrait de la paroi de la chambre de combustion, ledit point étant situé à une distance r,
- le gaz oxygéné riche en oxygène est préchauffé à une température d'au moins 300°C,
- le rapport r/D est compris :
  . soit entre 5 et 20, de préférence entre 7 et 15,
  . soit entre 0,75 et 3,
- et le rapport l/d est d'au moins 2, de préférence d'au moins 10.

Le procédé selon l'invention met en œuvre une combustion dans laquelle le comburant est un gaz oxygéné riche en oxygène, c'est-à-dire présentant une concentration en oxygène plus élevée que l'air : il peut s'agir d'air enrichi en oxygène ou d'oxygène pur. De préférence, la concentration en oxygène de ce gaz oxygéné est d'au moins 70 % en volume.

Le procédé selon l'invention met en œuvre une combustion dans laquelle au moins le gaz oxygéné est préchauffé à une température d'au moins 300°C. Ce préchauffage peut se faire par toute méthode connue de l'art antérieur. De préférence, il s'agit d'un préchauffage par récupérateur permettant de récupérer la chaleur des fumées de

combustion. Le combustible peut être également préchauffé, de préférence à au moins 300°C.

Le procédé selon l'invention met en œuvre une combustion étagée dans laquelle le gaz oxygéné est divisé en deux flux qui sont introduits dans la chambre de combustion à différentes distances du jet de combustible. Le jet primaire est introduit au contact du jet de combustible et l'entoure. L'orifice de l'injecteur introduisant le jet primaire dans la chambre de combustion est de diamètre D. L'extrémité de cet injecteur de jet primaire débouche directement dans la chambre de combustion. Par contre, l'extrémité de l'injecteur de combustible ne débouche pas directement dans la chambre de combustion, mais est situé en retrait de la paroi de la chambre de combustion : l'extrémité de l'injecteur de combustible débouche au milieu de l'injecteur de jet primaire en un point en retrait de la paroi de la chambre de combustion, situé à une distance r de ladite paroi. Le diamètre de l'injecteur de combustible est généralement ajusté de manière à produire une flamme stable. Généralement, on introduit 2 à 20 % de la quantité totale en gaz oxygéné nécessaire à la combustion du combustible au moyen du jet primaire. Le complément de gaz oxygéné est introduit au moyen du jet secondaire par un injecteur dont l'extrémité débouche directement dans la chambre de combustion et dont l'orifice présente un diamètre d. Cet injecteur du jet secondaire est placé à une distance l de l'orifice de gaz oxygéné primaire, la distance l étant mesurée entre les bords les plus proches des orifices de l'injecteur de gaz oxygéné primaire et de l'injecteur de gaz oxygéné secondaire.

Une des caractéristiques essentielles de l'invention est qu'il faut éviter de mettre en œuvre le procédé d'oxycombustion étagée avec retrait de l'injecteur de combustible au sein de l'injecteur de gaz oxygéné primaire avec un dimensionnement tel que r/D soit compris entre 3 et 5. Les dimensionnements respectifs de r et D sont critiques car ils influencent le volume de la cavité créée par le retrait de l'injecteur de combustible au sein de l'injecteur de gaz oxygéné primaire. Par le choix du bon dimensionnement, l'invention permet, d'une part, d'éviter que la flamme de prémélange se développant dans cette cavité endommage les extrémités des injecteurs de combustible et de gaz oxygéné primaire et, d'autre part, d'éviter que le rayonnement provenant de la chambre de combustion endommage l'extrémité de l'injecteur de combustible.

Une autre caractéristique essentielle de l'invention est que le rapport l/d doit être d'au moins 2, de préférence d'au moins 10.

Habituellement, les orifices par lesquels sont injectés les réactifs présentent une section circulaire. Toutefois, l'invention couvre également les cas où les sections de ces orifices ne sont pas de forme circulaire ; dans ces derniers cas, les diamètres d et D évoqués ci-dessus correspondent aux diamètres hydrauliques des sections non

circulaires, le diamètre hydraulique étant défini comme le rapport de 4 fois la surface de la section de l'orifice divisé par le périmètre de la section de l'orifice.

La figure 1 est un schéma permettant d'illustrer les différents éléments de dimensionnement du procédé selon l'invention (r, d, D, l). Le combustible 1 est introduit au moyen de l'injecteur 7 placé dans l'injecteur 6 du gaz oxygéné primaire 2. L'extrémité de l'injecteur de combustible est située à une distance r en retrait de la paroi 4 de la chambre de combustion. L'extrémité de l'injecteur du gaz oxygéné primaire 2 présente un diamètre D. Le gaz oxygéné secondaire 3 est introduit par l'injecteur 5 dont l'extrémité présente un diamètre d. La distance entre les bords des extrémités des injecteurs 5 et 6 de gaz oxygéné est l.

Par mise en œuvre du procédé tel que précédemment décrit, il est possible de mettre en œuvre le préchauffage des réactifs de combustion dans un procédé d'oxycombustion étagée sans endommager prématurément les injecteurs de réactifs et sans augmenter l'émission de NO_x.

REVENDICATIONS

1. Procédé de combustion d'un combustible à l'aide d'un gaz oxygéné riche en oxygène, dans lequel on injecte dans une chambre de combustion :

- un jet du combustible, et

- au moins deux jets du gaz oxygéné :

le premier jet du gaz oxygéné, dit primaire, étant introduit par un orifice de diamètre D et étant injecté autour du jet de combustible et en quantité telle qu'il engendre une première combustion incomplète, les gaz issus de cette première combustion comportant encore au moins une partie du combustible,

et le deuxième jet du gaz oxygéné, étant introduit par un orifice de diamètre d, placé à une distance l de l'orifice d'introduction du premier jet de gaz oxygéné primaire de manière à entrer en combustion avec la partie du combustible présent dans les gaz issus de la première combustion,

et dans lequel :

- le jet du combustible débouche au sein du jet de gaz oxygéné primaire en un point en retrait de la paroi de la chambre de combustion, ledit point étant situé à une distance r,

- le gaz oxygéné riche en oxygène est préchauffé à une température d'au moins 300°C,

caractérisé en ce que :

- le rapport r/D est compris :

soit entre 5 et 20,

- et le rapport l/d est d'au moins 2.

2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le rapport r/D est compris entre 7 et 15.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le rapport l/d est d'au moins 10.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le gaz oxygéné riche en oxygène présente une concentration en oxygène d'au moins 70 % en volume.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le combustible est préchauffé à au moins 300°C.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications1 à 5, caractérisé en ce qu'il est mis en oeuvre dans un four à fusion de verre.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il est mis en oeuvre dans un four de réchauffage.

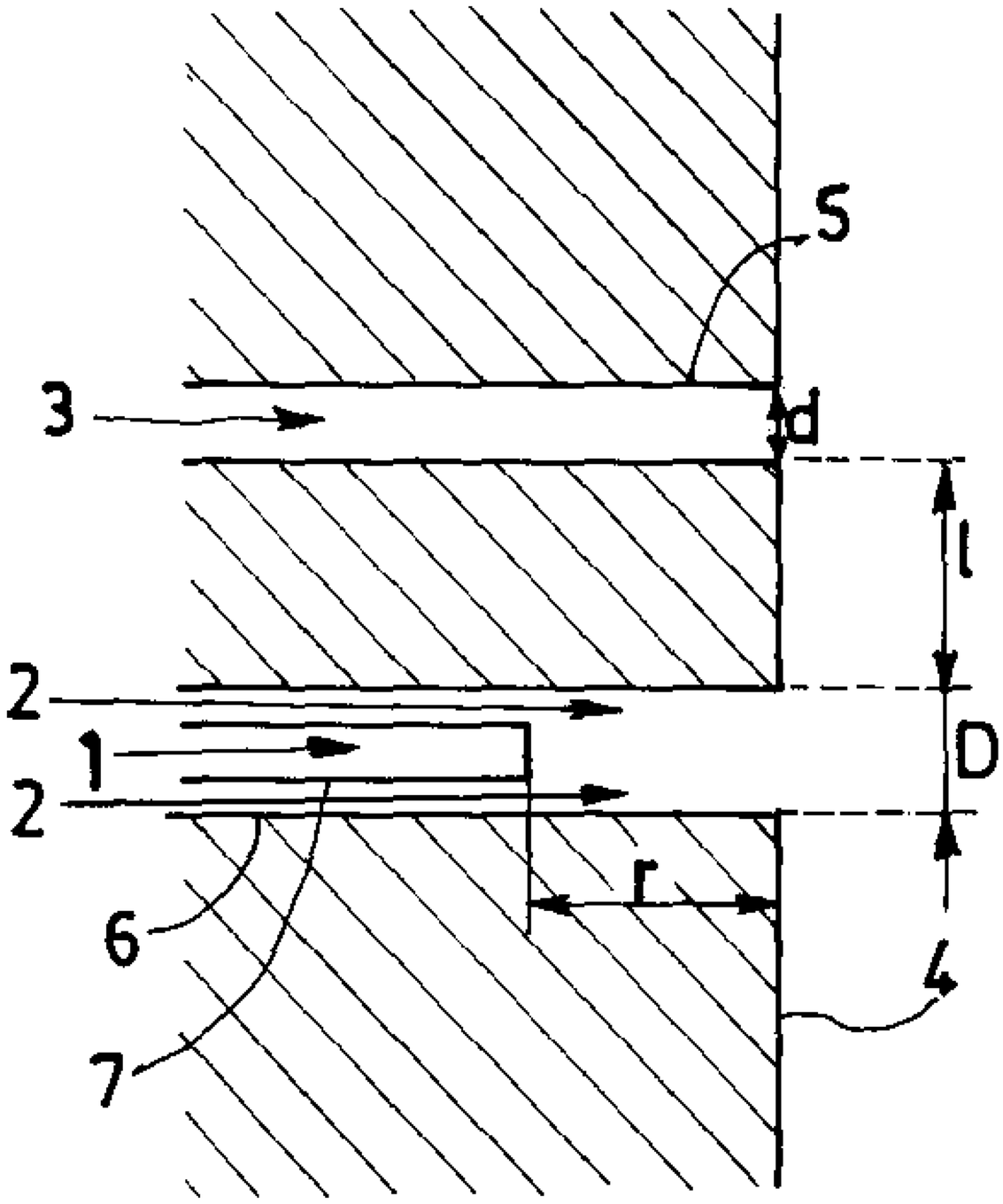

FIG.1