



SPF ECONOMIE, P.M.E.,  
CLASSES MOYENNES & ENERGIE

NUMERO DE PUBLICATION : 1015604A3  
NUMERO DE DEPOT : 2003/0403  
Classif. Internat. : F23D  
Date de délivrance le : 07 Juin 2005

Le Ministre de l'Economie,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété intellectuelle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 11 Juillet 2003 à 24H00 à l'Office de la Propriété Intellectuelle

ARRETE :

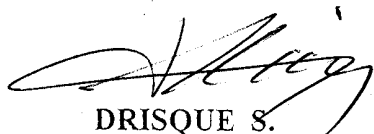
ARTICLE 1.- Il est délivré à : SCHOPPE Fritz  
Max-Rüttgers-Strasse 24, D-82057 ICKING(DEUTSCHLAND)

représenté(e)(s) par : VAN CUTSEM Paul, BUREAU VAN CUTSEM S.P.R.L., Avenue Winston Churchill 152/6 - B 1180 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR AUGMENTER LA STABILITE DE LA FLAMME DANS LES FOYERS AU CHARBON PULVERISE.

PRIORITE(S) 17.07.02 DE DEA10232373

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

  
DRISQUE S.  
Conseiller a.i.

Bruxelles, le 07 Juin 2005  
PAR DELEGATION SPECIALE :

  
S. DRISQUE  
Conseiller a.i.

Procédé et dispositif pour augmenter la stabilité de la flamme dans les foyers au charbon pulvérisé

5

La présente invention concerne des foyers pour du charbon pulvérisé et des combustibles pulvérisés similaires ayant une teneur moyenne à élevée en composants volatils, par exemple de la lignite, de la houille à volatilité moyenne à 10 élevée ou de la biomasse sous forme de poudre, par exemple de la poussière de ponçage de bois.

Des modes de réalisation de brûleurs essentiellement appropriés à cette fin sont connus, par exemple, de par EP 0 496 856 B1, qui constitue le dernier état du développe- 15 ment dans ce domaine.

Le brûleur à poudre décrit dans EP 0 496 856 B1 se compose d'un moufle de brûleur conique, qui s'élargit en direction de l'écoulement, auquel l'air à combustion est amené par le biais d'une grille d'aubes profilées radiale. 20 Une buse d'accélération de flamme se raccorde au moufle de brûleur. Avec les dimensions et les quantités de débit énoncées dans le document précité s'établit le phénomène d'écoulement propre à ce principe de brûleur, dans lequel l'air à combustion sortant de la grille d'aubes profilées 25 s'écoule sous un angle de dérivation d'environ 45° le long de la paroi du moufle de brûleur jusqu'au plus grand diamètre de celui-ci. À cet endroit, environ la moitié de l'écoulement de l'air à combustion se dévie en direction radiale vers l'intérieur et s'écoule ensuite à nouveau comme reflux le 30 long de l'axe du moufle de brûleur jusqu'à la plaque frontale de la grille d'aubes profilées.

À son arrivée à la plaque frontale de la grille d'aubes profilées, le reflux se dévie en direction radiale vers l'extérieur et se dirige à nouveau, en conjonction avec l'air 35 à combustion frais amené par le biais de la grille d'aubes profilées, vers le plus grand diamètre du moufle de brûleur.

L'écoulement forme dans la zone du plus grand diamètre un point de stagnation, que l'on peut voir clairement dans la flamme.

Entre l'écoulement de débit proche de la paroi du reflux central, il se forme une zone conique tubulaire de turbulence intensive, dans laquelle s'installe la flamme après l'apport de combustible. L'épaisseur de celle-ci est faible, elle est  
5 comprise entre environ 75 % et environ 90 % du rayon du moufle de brûleur, et elle présente l'apparence d'un tube conique, mince et proche de la paroi. L'écoulement présent dans le moufle de brûleur en position radiale à l'intérieur de l'écoulement tubulaire en combustion est noir, il présente  
10 une température d'environ 1 000 à 1 100°C, et avec sa teneur en poussière de 5 à 10 g/m<sup>3</sup>, il est pratiquement imperméable au rayonnement thermique.

Le combustible pulvérisé est soufflé dans l'écoulement de reflux dans la zone du point de stagnation précité au  
15 moyen d'air primaire ou de gaz d'échappement de transport. EP 0 496 856 B1 décrit à cette fin un tube de soufflage axial, qui traverse la grille d'aubes profilées depuis l'arrière, s'étend jusqu'à la zone du point de stagnation et porte à son extrémité, à cet endroit, un capot déflecteur,  
20 qui dévie de 180° le charbon pulvérisé amené sous forme fluide par le tube de soufflage et le projette dans l'écoulement de reflux.

Dans son trajet d'écoulement axial du plus grand au plus petit diamètre du moufle de brûleur, l'écoulement de reflux  
25 chaud et pauvre en oxygène se mélange avec l'air porteur, ou les gaz d'échappement porteurs, fluidifiant le charbon pulvérisé et avec le charbon pulvérisé. Ce dernier se réchauffe ainsi et dégage des composants volatils, comme de l'azote sous forme de NO.

30 Pour le chauffage du charbon pulvérisé dans l'écoulement de reflux, on dispose de la chute de température de l'écoulement de reflux d'environ 1 000 à 1 100°C jusqu'à 400 à 500°C. L'élimination des composants volatils du charbon pulvérisé débute dans cette dernière plage de températures.

35 Dès lors que, en raison de l'imperméabilité optique du mélange poussière-gaz dans les zones intérieures du moufle de brûleur, le rayonnement de la flamme tubulaire située plus à l'extérieur n'atteint pas le charbon pulvérisé dans l'écoulement de reflux, le chauffage du charbon pulvérisé s'effectue

presque complètement par le biais d'un échange thermique par turbulence.

En raison des lois de modèle de la turbulence libre, le chauffage du charbon pulvérisé est pratiquement identique  
5 dans les grands et les petits brûleurs et son efficacité est donc limitée.

Cela entraîne deux conséquences :

- Les vitesses d'écoulement et, partant, les performances du brûleur ne peuvent plus être augmentées parce que le  
10 temps de préparation pour le charbon pulvérisé serait alors trop court. On peut déjà le constater à l'allure de la flamme : si le temps de chauffage est trop court, des mèches noires se forment à la surface de la flamme. Si l'on augmente encore la vitesse de l'écoulement, la flamme disparaît.

15 - La plage de réglage vers le bas est également limitée parce que l'écoulement de reflux se refroidit à mesure que la charge diminue.

La présente invention a pour objet d'éviter les désavantages précités et d'indiquer un procédé et un dispositif par  
20 lesquels la stabilité de la flamme dans les foyers au charbon pulvérisé peut être améliorée.

Cet objet est atteint par un procédé pour augmenter la stabilité de la flamme dans une installation de foyer au charbon pulvérisé, dans lequel du charbon pulvérisé fluidifié  
25 est mélangé avec de l'air à combustion et est brûlé, caractérisé en ce qu'une flamme primaire séparée d'une flamme principale est produite, le charbon pulvérisé est introduit dans la flamme primaire pour y être préchauffé et est ensuite introduit dans un écoulement d'air de combustion chaud et  
30 pauvre en oxygène, dans lequel il est chauffé davantage, des composants volatils se dégagent, et les composants volatils et le charbon pulvérisé chauffé étant ensuite mélangés avec l'air à combustion et produisant la flamme principale.

Avantageusement, le charbon pulvérisé à l'état fluidifié  
35 avec de l'air de transport est projeté à travers un tube de soufflage avec capot déflecteur rapporté dans un écoulement de reflux dans un moufle de brûleur s'élargissant de façon conique,

- la quantité d'air de transport étant comprise entre 3,5 et 5 %, et de préférence entre 4,0 et 4,5 %, de la quantité totale d'air requise pour la combustion ;

5 - la vitesse de sortie de l'air de transport et du charbon pulvérisé hors du passage annulaire entre le tube de soufflage et le capot déflecteur étant d'au moins à 15 m/s, et de préférence de plus de 20 m/s ; et

- le capot déflecteur se trouvant dans la zone du plus grand diamètre du moufle de brûleur.

10 L'objet ci-dessus est atteint d'autre part par un brûleur pour charbon pulvérisé ayant une stabilité de flamme accrue et une vitesse de rayonnement de flamme supérieure à 100 m/s, qui se compose d'un moufle s'élargissant de façon conique et d'une buse d'accélération de flamme se raccordant  
15 au plus grand diamètre de celui-ci, se rétrécissant de façon conique, et qui présente les dimensions suivantes pour une puissance de 22 MW :

- diamètre d'entrée du moufle : 828 mm

- longueur du moufle : 3 350 mm

20 - plus grand diamètre du moufle : 1 610 mm

- longueur de la buse d'accélération de flamme :  
1 657 mm

- diamètre de sortie de la buse d'accélération de flamme : 668 mm,

25 les dimensions précitées étant pour d'autres puissances adaptées par rapport aux dimensions indiquées par la racine du rapport entre l'autre puissance et la puissance indiquée de 22 MW.

30 L'invention vise également un générateur de gaz chaud alimenté au charbon pulvérisé ayant une plage de réglage élargie pour une plage de températures de gaz chauds d'au moins 200°C à 900°C, formé d'un brûleur comme défini ci-dessus dans lequel la buse d'accélération de flamme est omise.

35 Le procédé selon l'invention consiste entre autres en ce qu'une flamme primaire est installée à la sortie du charbon pulvérisé depuis le capot déflecteur du tube de soufflage, le capot déflecteur est agencé dans la zone du point de stagna-

tion et le charbon pulvérisé est soufflé dans le brûleur à une vitesse minimale déterminée.

En particulier :

1. le charbon pulvérisé est soufflé avec 3,5 à 5 %, et de préférence avec 4,0 à 4,5 %, de la quantité d'air à combustion nécessaire à pleine charge ;

2. le passage annulaire entre le tube de soufflage et le capot déflecteur présente des dimensions telles que la vitesse de sortie du charbon pulvérisé fluidifié par l'air primaire est d'au moins à 15 m/s, et de préférence de plus de 20 m/s ;

3. le capot déflecteur est agencé dans la zone du plus grand diamètre du moufle de brûleur.

Dans ce mode de construction et d'utilisation, du fait de la différence de vitesse entre l'écoulement de reflux et l'écoulement d'air primaire sortant du passage annulaire, il se produit un puissant tourbillon à la sortie du passage annulaire, où s'installe la flamme primaire. La vitesse de l'écoulement de l'air primaire est avantageusement supérieure à 20 m/s, mais ne doit pas être assez grande pour que les pièces qui entrent en contact avec l'écoulement s'usent sous l'influence de l'abrasion du charbon pulvérisé et de la proportion de sable de quartz qu'il contient. Des vitesses inférieures à 30 m/s se sont avérées suffisantes.

Entre l'écoulement de reflux retournant vers l'intérieur et l'écoulement dirigé vers la sortie de la buse d'accélération de flamme, il se forme un point de stagnation, qui est bien visible, par exemple, dans des foyers au gaz. Il est décalé dans la direction axiale par rapport au plan déterminé par le plus grand diamètre du moufle de brûleur, en direction de la sortie, d'une distance qui correspond à 1/4 à 1/2 du plus grand diamètre du moufle de brûleur.

L'agencement du capot déflecteur non au point de stagnation, mais au plus grand diamètre du moufle de brûleur, est optimal. Si l'on décale davantage le capot déflecteur en direction du point de stagnation, des parties de la flamme primaire sont projetées inutilement hors de la sortie de la buse d'accélération de flamme. Si l'on décale le capot déflecteur en direction de la grille d'aubes profilées,

c'est-à-dire dans une zone où l'écoulement de reflux est déjà devenu plus rapide, la différence de vitesse entre l'écoulement de reflux et l'écoulement sortant du passage annulaire entre le tube de soufflage et le capot déflecteur est plus  
5 petite. Le tourbillon à la sortie du passage annulaire est alors plus faible et la flamme primaire est moins intense.

L'action et le fonctionnement de la flamme primaire peuvent être rendus bien visibles si l'on démonte le tube de soufflage après la combustion, par exemple, de lignite du  
10 Rhin pulvérisée. Cette poussière produit en effet une cendre de couleur jaune ocre, à la différence des autres combustibles pulvérisés, dont la cendre est généralement grise.

Dans une première zone relativement courte, directement adjacente au passage annulaire, le tube de soufflage présente  
15 en effet un aspect de métal nu car il a été poli par le charbon pulvérisé projeté.

Dans une deuxième zone adjacente à la première, un peu plus longue, le tube de soufflage a une couleur jaune ocre. La flamme primaire a brûlé dans cette zone.

20 Dans une troisième zone adjacente à la deuxième, beaucoup plus longue, le tube de soufflage présente une rouille noire et sèche. Des composants à faible volatilité, par exemple du  $\text{CH}_4$ , se sont dégagés à cet endroit du charbon pulvérisé.

25 Dans une quatrième zone adjacente à la troisième, sensiblement de la même longueur, le dépôt noir sur le tube de soufflage devient de plus en plus gras, provoqué par les composants à haute volatilité dégagés à cet endroit par le charbon pulvérisé.

30 Dans une cinquième zone, peu avant la grille d'aubes profilées, le tube de soufflage se présente comme s'il avait été recouvert de goudron. Les composants de charbon ayant le point de fusion le plus élevé se sont dégagés à cet endroit du charbon par des phénomènes de craquage.

35 Dans une sixième zone traversant la grille d'aubes profilées, le tube de soufflage présente à nouveau une couleur jaune ocre. À cet endroit, la poussière chauffée est entrée pour la première fois en contact avec l'air à combustion et s'est enflammée spontanément. À cet endroit se situe

le début de la flamme principale qui s'étend sous forme tubulaire à proximité de la paroi du moufle.

À l'arrière de la grille d'aubes profilées, c'est-à-dire à l'extérieur de la chambre de combustion, le tube de soufflage n'est pas influencé par les phénomènes de combustion.

Cette image apparaissant sur le tube de soufflage permet également le réglage optimal de la quantité d'air de transport :

10 - Avec une quantité moindre d'air de transport, moins de chaleur se développe dans la flamme primaire. Les deuxième à quatrième zones se déplacent en direction du capot déflecteur. La cinquième zone s'allonge, des dépôts goudronneux, semblables au coke et épais se forment à cet endroit sur le tube de soufflage, lesquels peuvent entraver le bon fonctionnement du brûleur. Cela résulte de la température trop faible de l'écoulement de reflux. La préparation du charbon pulvérisé dans l'écoulement de reflux est insuffisante.

20 - Avec une quantité supérieure d'air de transport, l'écoulement de reflux et le tube de soufflage deviennent très chauds. Le tube de soufflage peut être surchauffé, et une proportion d'une hauteur inacceptable de composants volatils issus du charbon pulvérisé est brûlée dans la flamme primaire et fait ensuite défaut dans la flamme principale. Une surchauffe locale du tube de soufflage se reconnaît à une perte au feu à l'endroit concerné du tuyau, qui présente à cet endroit un resserrement où le matériau du tuyau a été brûlé.

30 Avec le réglage indiqué de l'air de transport selon l'invention, le tube de soufflage reste propre à long terme et n'est pas surchauffé. Une quantité maximale de composants volatils est présente à la fin de l'écoulement de reflux dans la zone des cinquième et sixième zones. Si l'on observe le début de la flamme principale dans la sixième zone à travers un voyant, on constate une flamme presque totalement gazeuse, dans laquelle seuls quelques gros grains chauffés au rouge continuent de tourbillonner. Dès lors que la proportion de grains fins ne peut être observée, l'on peut supposer que ceux-ci ont été gazéifiés, ou brûlés dans la sixième zone.

Par rapport à une situation sans flamme primaire, la différence dans le comportement de la flamme principale est substantielle :

5 a) La flamme principale se comporte presque comme une flamme gazeuse. Elle brûle également à des débits supérieurs, auxquels elle serait soufflée en l'absence de flamme primaire, de façon stable et sans pulsation.

10 b) L'on peut rétrécir davantage encore la section de sortie de la buse d'accélération et atteindre ainsi des vitesses de rayonnement de flamme encore supérieures, qui se situent de 100 à 120 m/s, sans que la flamme ne disparaisse. EP 0 496 856 B1 précité mentionne il est vrai des vitesses d'environ 100 m/s. Mais c'est là un souhait. Si l'on prend en effet le brûleur qui y est présenté pour la puissance de  
15 foyer de 3,9 MW indiquée dans le document et le diamètre de sortie de la buse, en prenant en considération les indications données dans le document, l'on obtient seulement, en fonction de l'excès d'air, des vitesses de rayonnement de flamme de 51 à 58 m/s. Un indice extérieur de ces faibles  
20 vitesses tient à ce que le diamètre de sortie de la buse d'accélération, de 350 mm, est supérieur au diamètre d'entrée du moufle de brûleur, qui détermine le débit, de 338 mm. Pour une vitesse de rayonnement de flamme de 100 m/s, un diamètre de sortie de la buse d'accélération de 260 mm serait toute-  
25 fois nécessaire, qui serait donc sensiblement plus petit que le diamètre d'entrée indiqué de 338 mm. EP 0 496 856 B1 ne procure dès lors aucun enseignement à cet égard pour la réalisation technique.

30 c) Une autre conséquence de la flamme primaire est l'élargissement substantiel de la plage de réglage. Alors que des brûleurs selon EP 0 496 856 B1 peuvent être réglés d'une charge de 100 % à une charge d'environ 40 %, ainsi qu'on le connaît de par les installations réalisées, ou en d'autres termes, qu'ils peuvent être réglés dans un rapport de 1 à  
35 2,5, la plage de réglage augmente à un rapport d'environ 1 à 20 en cas d'utilisation de la flamme primaire selon la présente invention. Dans un cas limite, à une charge de seulement 5 %, seule la flamme primaire continue de brûler, mais de façon sûre.

Les avantages pratiques et économiques considérables que procurent les points b) et c) ci-dessus sont illustrés ci-après par deux exemples différents.

5 Exemple 1

Brûleur pour la transformation de chaudières à tubes d'eau

DE 10 055 507 A1 décrit un procédé par lequel des chaudières à tubes d'eau alimentées au mazout ou au gaz  
10 peuvent être transformées pour l'alimentation à la lignite du Rhin pulvérisée. À cette fin, il faut un dispositif de chauffe qui peut produire avec ce combustible des vitesses de rayonnement de flamme supérieures à 100 m/s et dont l'existence est supposée dans le document précité. La manière dont on  
15 obtient ce résultat n'est toutefois pas décrite, pas plus que l'objet de la demande. Une vitesse de rayonnement de flamme aussi élevée est atteinte pour la première fois avec la présente invention.

20 Exemple 2

Générateur de gaz chaud

L'invention permet également la construction de générateurs de gaz chaud améliorés. L'on entend par là des foyers qui ne produisent pas de flamme rayonnante, mais un gaz chaud  
25 aussi homogène que possible, notamment pour le chauffage de séchoirs, de moulins, etc. Dans des dispositifs appropriés à cette fin, la buse d'accélération de flamme est omise. Le dispositif peut produire des gaz chauds de 200°C à 900°C, la flamme remplissant à 900°C le moufle de brûleur à la seule  
30 exception d'une mince couche d'air froid à proximité de la paroi. La flamme se termine approximativement au plus grand diamètre du moufle. Un mode de réalisation concret est expliqué ultérieurement.

La présente invention est davantage décrite ci-après avec référence aux dessins, sur lesquels :

la figure 1 montre schématiquement, dans une vue en coupe longitudinale, un moufle de brûleur avec buse d'accélération et tube de soufflage ;

la figure 2 montre à une échelle agrandie la zone d'extrémité du tube de soufflage avec capot déflecteur rapporté ;

la figure 3 montre une représentation comparable à la figure 1 pour expliquer différentes zones de dépôt sur le tube de soufflage ;

la figure 4 montre une vue en coupe longitudinale détaillée d'un agencement selon la figure 1 ;

la figure 5 montre schématiquement, dans une vue en coupe longitudinale, un générateur de gaz chaud ; et

la figure 6 montre schématiquement, dans une vue en coupe longitudinale, un brûleur classique pour de la lignite pulvérisée, qui est adapté dans le sens de l'invention.

On observe sur la figure 1, dans une vue en coupe longitudinale, un brûleur à charbon pulvérisé désigné dans son ensemble par 1, qui se compose d'un moufle de brûleur 1a s'élargissant de façon conique et d'une buse d'accélération de flamme 1b se rétrécissant de façon conique, qui se raccorde au plus grand diamètre D de celui-ci. À partir du plus petit diamètre du moufle de brûleur 1a et traversant celui-ci, s'étend dans le moufle de brûleur 1a un tube de soufflage 2 qui se termine au plus grand diamètre D du brûleur et porte à cet endroit un capot déflecteur 3. Le capot déflecteur 3 forme, en conjonction avec le diamètre extérieur du tube de soufflage 2 selon la figure 2, un passage annulaire 4, dont l'ouverture est orientée vers l'extrémité du plus petit diamètre du moufle de brûleur 1a.

Au plus petit diamètre du moufle de brûleur 1a se trouve une grille d'aubes profilées 1c, qui sert à amener de l'air à combustion dans le moufle de brûleur 1a.

Les écoulements qui s'établissent pendant le fonctionnement sont représentés par des flèches sur les figures 1 et 2. À l'aide de 3,5 à 5 %, de préférence de 4,0 à 4,5 %, de la quantité d'air à combustion requise pour la combustion de charbon pulvérisé, par exemple de lignite pulvérisée, le charbon pulvérisé à l'état fluidifié est soufflé dans le brûleur à travers le tube de soufflage 2, où il sort par le passage annulaire 4 entre le capot déflecteur 3 et le tube de soufflage 2. Le reste, autrement dit la majeure partie de

l'air de combustion L est amené par le biais de la grille d'aubes profilées 1c au moufle de brûleur 1a sous un angle de torsion, de telle sorte qu'il s'écoule à proximité de la paroi du moufle de brûleur 1a en direction de son plus grand diamètre. En raison de la dynamique d'écoulement décrite, une partie de cet écoulement se dévie dans la zone du plus grand diamètre D du moufle de brûleur 1a vers l'intérieur et s'écoule à nouveau en position centrale en tant qu'écoulement de reflux 7 en direction de la grille d'aubes profilées 1c.

Le charbon pulvérisé projeté dans l'écoulement de reflux 7 et entraîné par celui-ci est enflammé pour la première fois à l'aide d'une flamme d'allumage, qui n'est pas représentée sur le dessin. La flamme d'allumage est produite au moyen de gaz de ville ou de gaz naturel par une veilleuse 23, qui débouche dans une chambre de tête 24, qui se situe à l'arrière d'une plaque de tête 25 délimitant la grille d'aubes profilées 1c vers l'arrière, laquelle plaque est traversée par le tube de soufflage 2 en formant un large passage annulaire 26. La flamme d'allumage s'étend comme un tourbillon torique à travers ce passage annulaire 26 dans la zone de la grille d'aubes profilées 1c. Lorsque le charbon pulvérisé apporté à cet endroit par l'écoulement de reflux s'est allumé, c'est-à-dire lorsque la flamme principale brûle, la flamme d'allumage peut être éteinté.

Le charbon pulvérisé fluidifié au moyen d'air, désigné sur les dessins par K+L, sort du passage annulaire 4 à une vitesse d'au moins 15 m/s, et de préférence de plus de 20 m/s, ce qui produit un puissant tourbillon torique 5, sur lequel la flamme primaire 6 s'installe pendant le fonctionnement. La flamme primaire s'allume elle-même en l'espace d'une fraction de seconde après l'allumage de la flamme principale.

La proportion de l'écoulement en combustion proche de la paroi qui ne retourne pas dans l'écoulement de reflux pénètre dans la buse d'accélération de flamme 1b. Il se produit alors, entre l'écoulement de reflux 7 retournant vers l'intérieur et l'écoulement 10 pénétrant dans la buse d'accélération de flamme 1b, un point de stagnation 11 dans l'axe du brûleur, qui est décalé par rapport au plan déterminé par le plus grand diamètre D, en direction de la sortie

9 de la buse d'accélération de flamme 1b, d'environ 1/4 à 1/2 du plus grand diamètre D.

À travers un voyant 12 agencé dans la zone de la grille d'aubes profilées 1c, on peut observer de la manière déjà mentionnée la flamme principale s'amorçant à la grille d'aubes profilées.

La figure 3 montre schématiquement les sept zones de dépôts colorés et structurés différemment de résidus de combustion le long du tube de soufflage 2. La première zone désignée par a est directement adjacente à la sortie du passage annulaire 4. Elle est relativement étroite et d'un aspect de métal nu ; autrement dit, il n'y a pas de sédiments sur le tube de soufflage 2 à cet endroit. En position adjacente se trouve la deuxième zone b, qui présente une couleur jaune ocre. Cette zone est plus large que la première zone a. Suit une troisième zone c, environ trois fois plus longue, sur laquelle de la rouille noire et sèche s'est déposée. En position adjacente se trouve la quatrième zone d, qui comporte un dépôt noir qui présente une apparence de plus en plus grasse en direction de la grille d'aubes profilées 1c. En position adjacente se trouve une cinquième zone e, qui s'étend jusqu'à la zone de la grille d'aubes profilées 1c, qui est un peu plus courte que la quatrième zone et se présente comme si elle avait été recouverte de goudron. La sixième zone se situe dans la zone de la grille d'aubes profilées 1c et a une couleur jaune ocre. De l'autre côté de la grille d'aubes profilées 1c, où il ne se produit pas de processus de combustion, le tuyau 2 est propre, ou plus exactement dans son état d'origine.

La figure 4 montre dans une vue en coupe longitudinale un mode de réalisation concret d'un dispositif selon l'invention. Il se compose d'un brûleur à double cône, comparable à la représentation schématique de la figure 1, c'est pourquoi il est fait référence à ce stade à celle-ci. L'air à combustion pénètre à un point 13 dans une chambre de collecte 14 et est mis en rotation par des aubes directrices radiales 15 à l'extrémité du plus petit diamètre du moufle de brûleur 16. En conséquence, l'air à combustion circule à travers le

moufle de brûleur 16, auquel se raccorde la buse d'accélération de flamme 17.

Le charbon pulvérisé et l'air de transport sont amenés par le biais d'un tube de soufflage 18, qui porte à son extrémité libre un capot déflecteur 19. Leur mode de réalisation et de fonctionnement correspond à la description relative aux figures 1 et 2. Selon l'invention, la flamme primaire non représentée ici se stabilise ainsi à la sortie du capot déflecteur 19, ce qui permet de rétrécir le diamètre de sortie 20 de la buse d'accélération de flamme 17 dans une mesure telle qu'une vitesse de rayonnement de flamme supérieure à 100 m/s est atteinte.

Pour une puissance de chauffe de 22 MW, l'on obtient en conséquence, pour l'utilisation de charbon pulvérisé de quelque variété que ce soit, les données suivantes, telles qu'elles peuvent être extraites de la figure 4 :

Quantité d'air à combustion amenée : 20 642  $m_n^3/h$   
Quantité d'air de transport amenée : 1 125  $m_n^3/h$   
Quantité de charbon pulvérisé amenée : 3 653 kg/h  
Rayonnement de flamme : 31 797 kg/h  
Vitesse de rayonnement de flamme : 107 m/s  
Diamètre d'entrée du moufle de brûleur 16 : 818 mm  
Longueur du moufle de brûleur 16 : 3 350 mm  
Plus grand diamètre du moufle de brûleur 16 : 1 610 mm  
Longueur de la buse d'accélération de flamme 17 :  
1 655 mm  
Diamètre de sortie de la buse d'accélération de flamme  
17 : 668 mm  
Diamètre du tube de soufflage : 180 x 25 mm

Avec cette construction et les quantités de débit indiquées, les limites d'émission selon les normes relatives à l'air sont respectées. Ce brûleur pourrait bien être exploité à des puissances plus élevées, mais la teneur en  $NO_x$  augmente alors au-delà des valeurs limites des normes relatives à l'air, ce qui est interdit. C'est la raison pour laquelle la puissance doit être limitée à 22 MW dans le fonctionnement. Pour d'autres puissances en cas d'utilisation de lignite pulvérisée, les dimensions linéaires peuvent être

modifiées proportionnellement au moyen de la racine du rapport de puissance.

La figure 4 représente le brûleur refroidi par eau. Le refroidissement par eau fait partie intégrante de la chaudière utilisée. Le brûleur peut toutefois également être  
5 réalisé sans refroidissement, par exemple lorsqu'il est revêtu de maçonnerie. Ce facteur n'exerce qu'une influence limitée sur les processus dans le brûleur et relève seulement d'une question de pratique.

10 La longueur de la flamme, calculée à partir du diamètre d'entrée du moufle 16, est dans une approximation grossière inversement proportionnelle au rapport d'air  $\lambda$ . Avec les données précitées et indiquées sur la figure 4, la longueur du rayonnement de flamme en combustion est d'environ 6,5 m à  
15 partir du diamètre de sortie de la buse d'accélération de flamme 17 ou d'environ 12,9 m à partir du diamètre d'entrée du moufle de brûleur 16.

La flamme se raccourcit à mesure que le rapport d'air  $\lambda$  augmente. À  $\lambda = 2,0$  à  $2,3$ , la flamme dépasse à peine du  
20 diamètre de sortie de la buse d'accélération de flamme 17 et brûle donc presque totalement à l'intérieur du brûleur. Pour un  $\lambda$  d'environ  $2,8$ , la flamme s'étend seulement jusqu'au plus grand diamètre  $D$  du moufle, et pour un  $\lambda$  de  $5$ , elle atteint seulement la moitié de la longueur du moufle.

25 Pour un  $\lambda$  de  $20$ , soit  $5\%$  de la puissance nominale, seule la flamme primaire continue de brûler.

Les gaz chauds sortant du diamètre de sortie de la buse d'accélération de flamme sont toutefois mélangés très  
uniformément dans tous les cas.

30 La figure 5 montre schématiquement un exemple de générateur de gaz chaud. Celui-ci correspond dans ses parties essentielles à la construction illustrée sur la figure 4, mais la buse d'accélération de flamme est absente. L'air à combustion pénètre à un point 13a dans un coffret de distri-  
35 bution 14. Une plus petite quantité d'air supplémentaire est introduite à un point 13b aux fins du refroidissement du moufle de brûleur 16. Le moufle de brûleur se compose ici de tôle résistante à la chaleur. Pour le reste, les références sont les mêmes que celles utilisées sur les autres figures.

Ce générateur de gaz chaud peut produire des gaz chauds à des températures comprises entre 200°C et 900°C. À 900°C, la flamme du moufle de brûleur 16 remplit jusqu'à une mince couche d'air froid proche de la paroi. La flamme se termine  
5 approximativement au plus grand diamètre du moufle 16.

Du fait de leur simplicité, ces générateurs de gaz chaud ont fait leurs preuves. Ils comportaient toutefois le désavantage jusqu'à présent que l'on ne pouvait guère les régler en dessous d'un  $\lambda$  total d'environ 3,0, ce qui corres-  
10 pond à une température de gaz chaud à la sortie du moufle de 750 à 800°C. Lorsque l'on avait besoin de températures inférieures, on augmentait simplement la quantité d'air supplémentaire au point 13b. Cela avait toutefois l'inconvé-  
nient d'une mauvaise répartition de la température. En effet,  
15 l'écoulement était trop chaud au centre et trop froid à l'extérieur.

Précisément pour des produits sensibles à la température, qui devaient être traités avec un tel gaz chaud, cela entraînait des problèmes et exigeait fréquemment des disposi-  
20 tifs supplémentaires de mélange des gaz chauds.

Ces problèmes sont résolus selon l'invention par l'utilisation d'une flamme primaire, qui débute selon les figures 1 et 2 sur le capot déflecteur, lequel est désigné sur les figures 1 et 2 par 2 et sur les figures 4 et 5 par  
25 19. Ainsi, la flamme peut être réglée sensiblement plus vers le bas, en particulier dans le cas limite jusqu'à un  $\lambda$  d'environ 20, auquel seule la flamme primaire continue de brûler. Cela correspond à une température de gaz chaud de seulement 100 à 130°C. Le gaz chaud sortant du moufle 16 est  
30 également très homogène dans ce cas, de telle sorte que des dispositifs supplémentaires de mélange des gaz chauds ne sont plus nécessaires.

L'effet de l'invention n'est pas limité aux brûleurs décrits ci-dessus avec référence aux figures 1 à 5, mais  
35 résout également des problèmes dans des brûleurs classiques. Ainsi, des brûleurs à lignite pulvérisée de types connus nécessitent aujourd'hui encore une alimentation de 5 à 10 % de mazout de chauffage ou de gaz pour produire en fin de compte une flamme stable. La cause en est une préparation

insuffisante du charbon pulvérisé avant la pénétration dans la flamme.

La présente invention procure également une solution à ce problème. La figure 6 montre un brûleur classique. De l'air à combustion lui est apporté au point 13 au moyen d'aubes directrices axiales 15, qui produisent dans le moufle en forme d'entonnoir 16 un tourbillon torique 21, qui doit assurer la stabilisation de la flamme. On peut constater dans ce cas également un point de stagnation 11, qui sépare l'écoulement en direction de l'avant et l'écoulement de reflux l'un de l'autre.

La lignite pulvérisée était jusqu'à présent projetée dans un tel brûleur de différentes manières :

- depuis la circonférence du moufle 16 vers son axe,
- souvent également depuis le centre du système d'aubes directrices 15,

d'une manière similaire à la technique habituelle pour des brûleurs à gaz ou à mazout traditionnels.

Les mesures décrites n'ont rien pu changer aux désavantages décrits ci-dessus. L'invention procure toutefois une aide à cet égard. Selon la figure 6, un tube de soufflage 18 avec un capot défecteur 19 est installé à cette fin le long de l'axe du brûleur jusqu'à la zone du point de stagnation 11. Dans ce brûleur se produit un écoulement de reflux, même s'il est très limité, dans lequel le charbon pulvérisé sortant du capot défecteur 19 est projeté. En raison de la faible longueur axiale du brûleur, l'écoulement de reflux et, partant, le temps de séjour du charbon pulvérisé ne sont pas aussi longs, de loin, que dans le brûleur selon les figures 1 à 5, mais ils sont néanmoins sensiblement plus longs qu'auparavant.

On parvient ainsi selon l'invention à obtenir une préparation, quoique limitée, du charbon pulvérisé, de telle sorte qu'au moins des brûleurs à charbon pulvérisé de ce type de taille moyenne à grande peuvent brûler de façon stable sans apport de mazout de chauffage ou de gaz.

## Revendications

1. Procédé pour augmenter la stabilité de la flamme dans une installation de foyer au charbon pulvérisé (1), dans lequel du charbon pulvérisé fluidifié est mélangé avec de l'air à combustion et est brûlé, caractérisé en ce qu'une flamme primaire séparée d'une flamme principale est produite, le charbon pulvérisé est introduit dans la flamme primaire pour y être préchauffé et est ensuite introduit dans un écoulement d'air de combustion chaud et pauvre en oxygène, dans lequel il est chauffé davantage, des composants volatils se dégageant, et les composants volatils et le charbon pulvérisé chauffé étant ensuite mélangés avec l'air à combustion et produisant la flamme principale.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le charbon pulvérisé à l'état fluidifié avec de l'air de transport est projeté à travers un tube de soufflage (2 ; 18) avec capot déflecteur rapporté (3 ; 19) dans un écoulement de reflux (7) dans un moufle de brûleur s'élargissant de façon conique (1a ; 16),

- la quantité d'air de transport étant comprise entre 3,5 et 5 %, et de préférence entre 4,0 et 4,5 %, de la quantité totale d'air requise pour la combustion ;

- la vitesse de sortie de l'air de transport et du charbon pulvérisé hors du passage annulaire (4 ; 26) entre le tube de soufflage (2 ; 18) et le capot déflecteur (3 ; 19) étant d'au moins à 15 m/s, et de préférence de plus de 20 m/s ; et

- le capot déflecteur (3 ; 19) se trouvant dans la zone du plus grand diamètre (D) du moufle de brûleur (1a ; 16).

3. Brûleur pour charbon pulvérisé ayant une stabilité de flamme accrue et une vitesse de rayonnement de flamme supérieure à 100 m/s, qui se compose d'un moufle s'élargissant de façon conique (1a ; 16) et d'une buse d'accélération de flamme (1b ; 17) se raccordant au plus grand diamètre de celui-ci, se rétrécissant de façon conique, et qui présente les dimensions suivantes pour une puissance de 22 MW :

- diamètre d'entrée du moufle (1a ; 16) : 828 mm

- longueur du moufle (1a ; 16) : 3 350 mm

- plus grand diamètre (D) du moufle (1a ; 16) : 1 610 mm
- longueur de la buse d'accélération de flamme (1b ; 17) : 1 657 mm
- diamètre de sortie de la buse d'accélération de flamme (1b ; 17) : 668 mm,

les dimensions précitées étant pour d'autres une adaptées par rapport aux dimensions indiquées par la racine du rapport entre l'autre puissance et la puissance indiquée de 22 MW.

- 10 4. Générateur de gaz chaud alimenté au charbon pulvérisé ayant une plage de réglage élargie pour une plage de températures de gaz chauds d'au moins 200°C à 900°C, formé d'un brûleur selon la revendication 3, dans lequel la buse d'accélération de flamme (1b ; 17) est omise.

FIG. 1

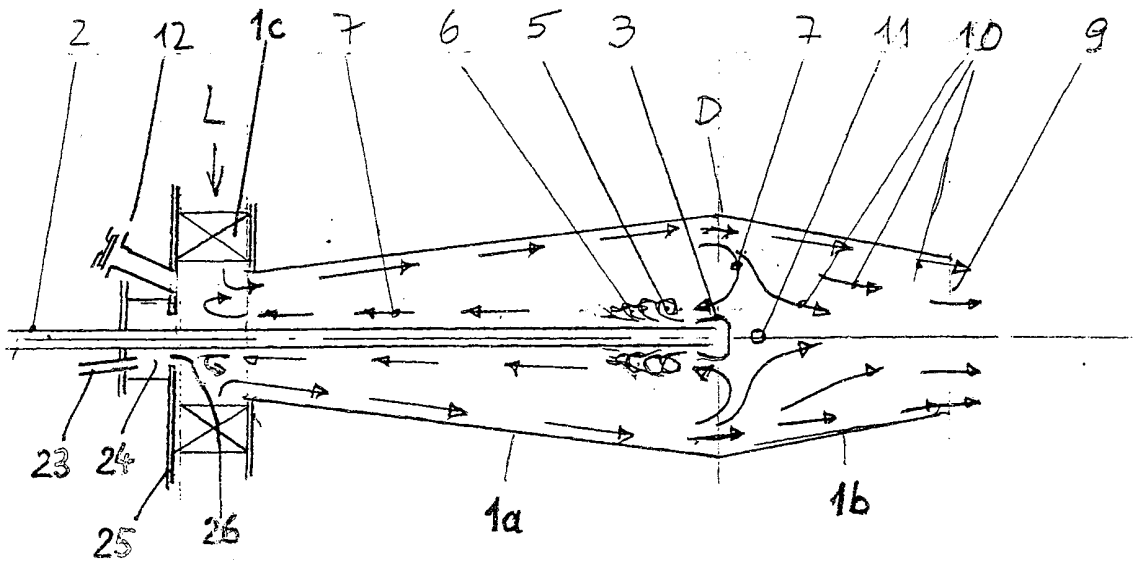


FIG. 2

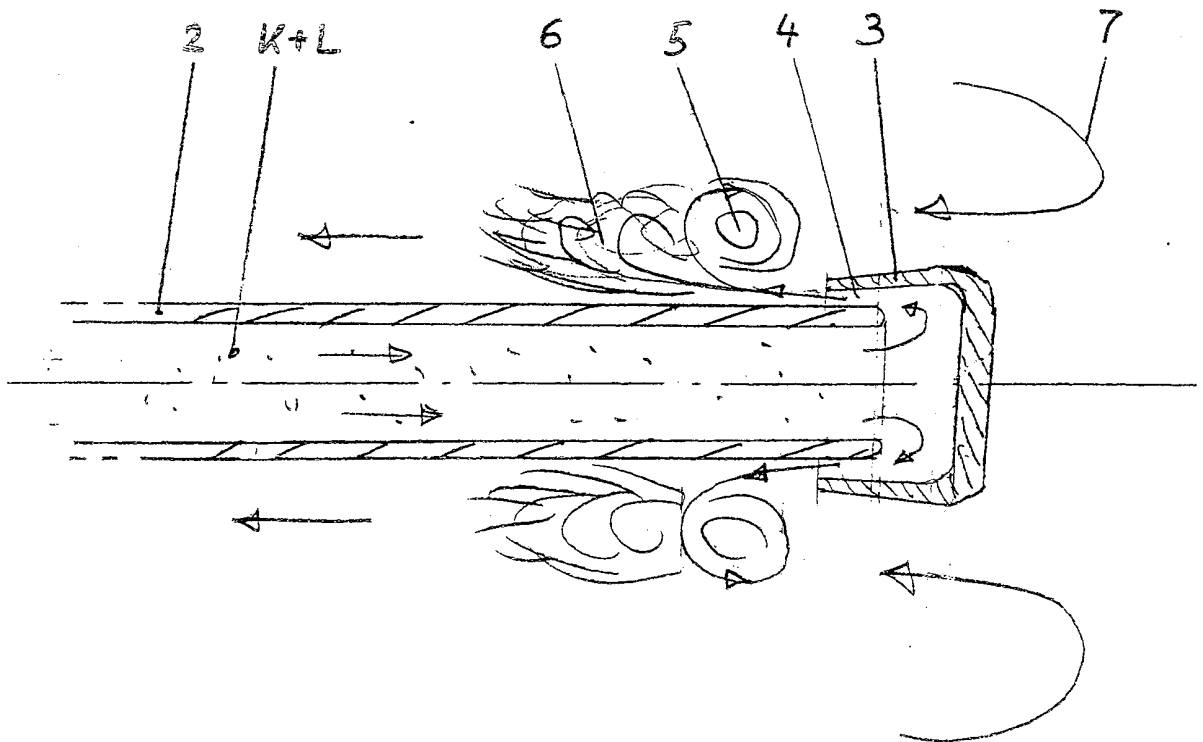


FIG. 3

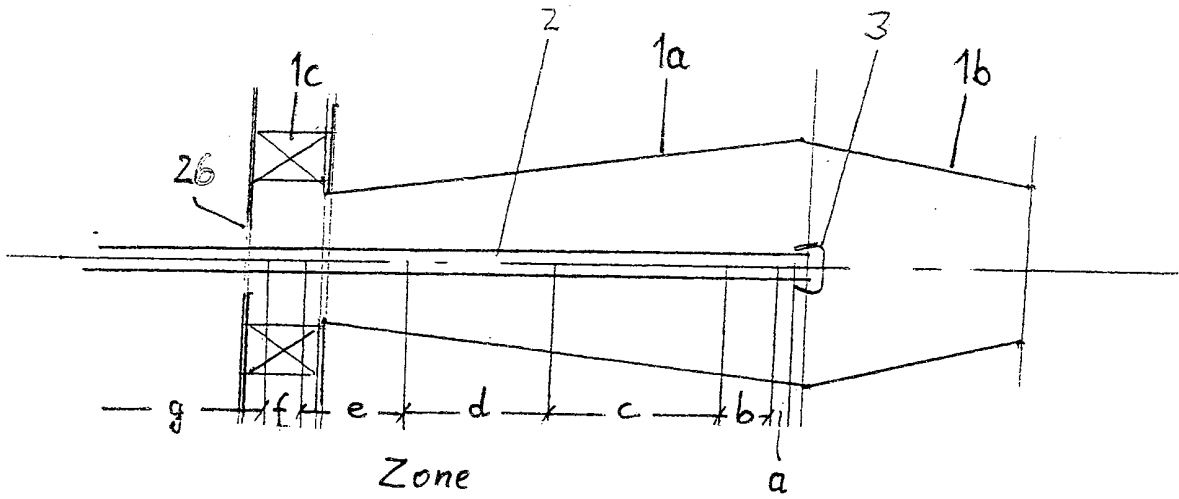
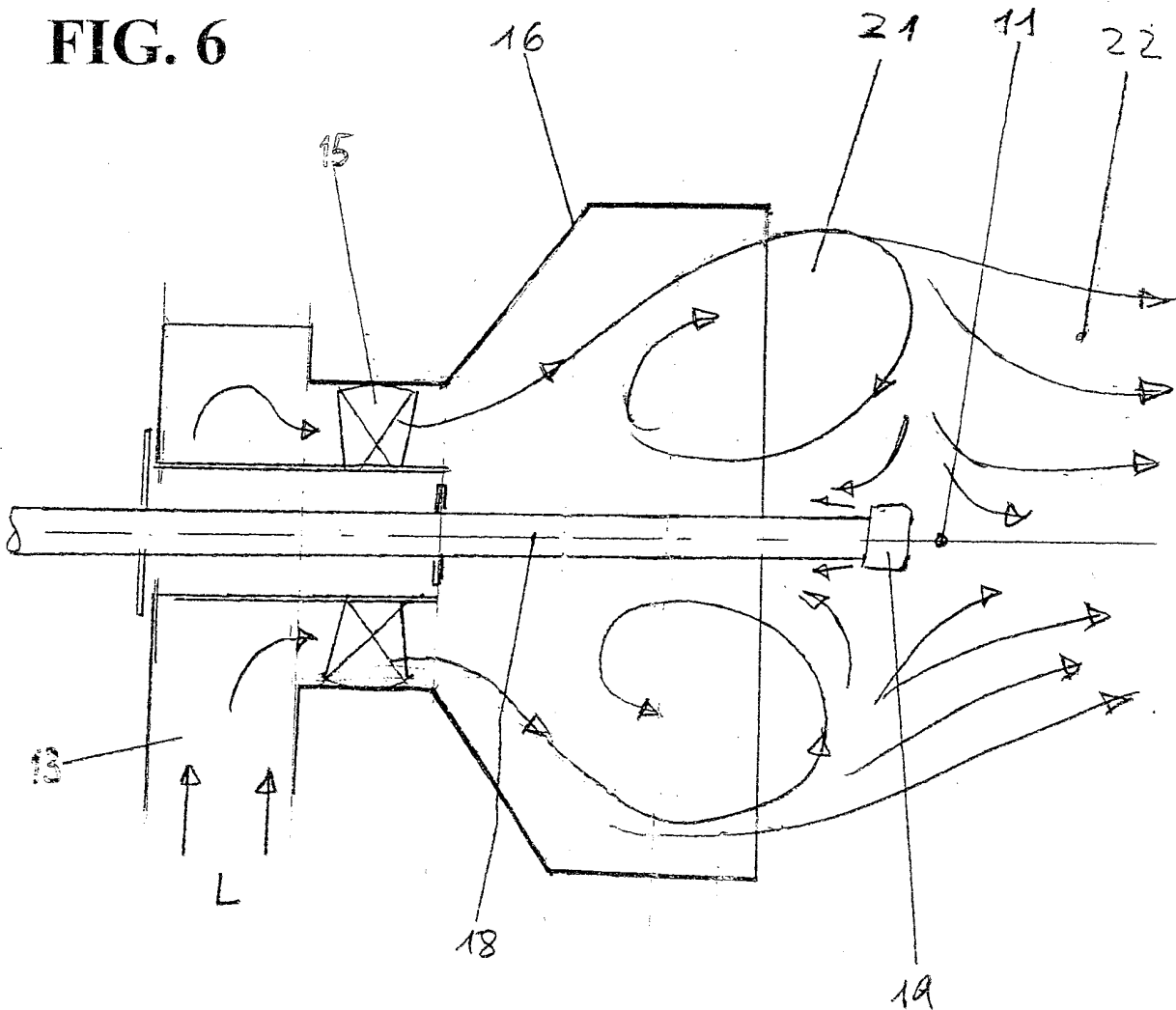


FIG. 6





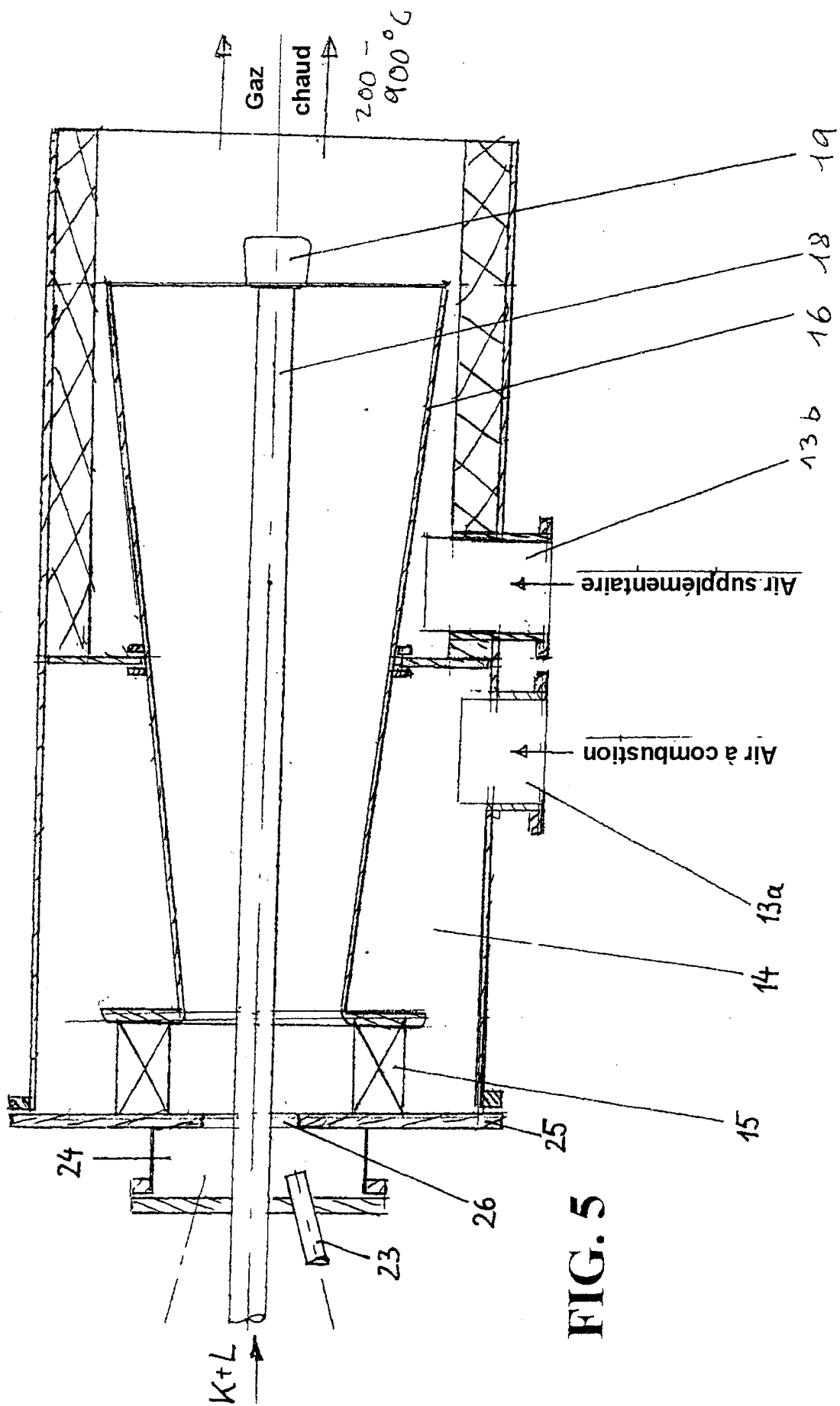


FIG. 5

Abrégé

Procédé et dispositif pour augmenter la stabilité de la flamme dans les foyers au charbon pulvérisé

Aux fins de l'augmentation de la stabilité de la flamme dans une installation de foyer au charbon pulvérisé (1), dans laquelle du charbon pulvérisé fluidifié est mélangé avec de l'air à combustion et brûlé, il est prévu une flamme primaire dans laquelle le charbon pulvérisé est introduit et préchauffé. Il arrive ensuite dans un écoulement de gaz de combustion chauds et pauvres en oxygène, dans lequel il est chauffé davantage, des composants volatils étant émis, et enfin les composants volatils et le charbon pulvérisé chauffé sont mélangés avec l'air à combustion et produisent la flamme principale. Les mesures appliquées permettent d'augmenter la vitesse de rayonnement de la flamme à plus de 100 m/s et d'obtenir une bonne possibilité de réglage de la puissance du brûleur.

Figure 1



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 636990  
FR 0308346

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	GB 2 094 969 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 22 septembre 1982 (1982-09-22) * page 1, ligne 55 - page 2, ligne 26; figure 1 *	1	F23C3/00
A,D	EP 0 496 856 B (SCHOPPE FRITZ) 10 mai 1995 (1995-05-10) * le document en entier *	1-4	
A,D	DE 100 55 507 A (SCHOPPE FRITZ) 23 mai 2002 (2002-05-23) * le document en entier *	1-4	
A	DE 31 12 800 A (CALORIC GES APPARATEBAU) 14 octobre 1982 (1982-10-14) * le document en entier *	1-4	
A	US 4 257 761 A (MUSTO RICHARD L) 24 mars 1981 (1981-03-24) * le document en entier *	1,4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (int.Cl.7)
			F23D F23C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 janvier 2005		Colli, E	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un  autre document de la même catégorie  A : arrière-plan technologique  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure  à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date  de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

COPY

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0308346 FA 636990**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents, brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 12-01-2005

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2094969	A	22-09-1982	AUCUN	
EP 0496856	B	05-08-1992	EP 0496856 A1	05-08-1992
			CN 1061916 A ,B	17-06-1992
			CS 9201192 A3	12-08-1992
			CS 9201193 A3	12-08-1992
			DE 59105451 D1	14-06-1995
			DE 59106865 D1	14-12-1995
			WO 9203211 A1	05-03-1992
			WO 9203212 A1	05-03-1992
			EP 0500838 A1	02-09-1992
			HU 63074 A2	28-07-1993
			HU 212098 B	28-02-1996
			HU 63075 A2	28-07-1993
			HU 212097 B	28-02-1996
			MX 9100704 A1	01-04-1992
			PL 294362 A1	21-09-1992
			PL 294363 A1	21-09-1992
			RU 2089270 C1	10-09-1997
			US 5317979 A	07-06-1994
DE 10055507	A	23-05-2002	DE 10055507 A1	23-05-2002
			WQ 0239018 A1	16-05-2002
			EP 1332316 A1	06-08-2003
DE 3112800	A	14-10-1982	DE 3112800 A1	14-10-1982
US 4257761	A	24-03-1981	CA 1125578 A1	15-06-1982
			DE 3009764 A1	05-02-1981
			GB 2048458 A ,B	10-12-1980
			JP 55126713 A	30-09-1980

EPO FORM P0463

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82