



(11) **EP 2 314 921 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.04.2011 Bulletin 2011/17

(51) Int Cl.:
F23L 9/02 (2006.01) **F23C 5/32** (2006.01)
F23C 9/00 (2006.01) **F23C 6/04** (2006.01)
F23L 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10188335.3**

(22) Date de dépôt: **21.10.2010**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeurs:
• **Pillard, Jean-Claude**
13008, Marseille (FR)
• **Muscat, Patrick**
13008, Marseille (FR)

(74) Mandataire: **Novagraaf Technologies**
122 rue Edouard Vaillant
92593 Levallois-Perret Cedex (FR)

(30) Priorité: **21.10.2009 FR 0957392**

(71) Demandeur: **Fives Pillard**
13008 Marseille (FR)

(54) **Procédé de fonctionnement d'une chaudière**

(57) L'invention concerne un procédé de fonctionnement d'une chaudière industrielle (1) qui comprend au moins un brûleur (4) à combustible liquide et/ou gazeux disposé dans la partie basse du foyer (2) et un système d'injection d'air additionnel (5) à plusieurs buses d'injection (6) disposé en aval de l'ensemble des brûleurs (4).

Selon l'invention, l'ensemble des brûleurs (4) fonctionne en stoechiométrie ou en excès d'air d'au plus 5 % et en ce que l'air introduit par l'ensemble des brûleurs (4) et le système d'injection (5) représente un excès d'air d'au plus 15 %.

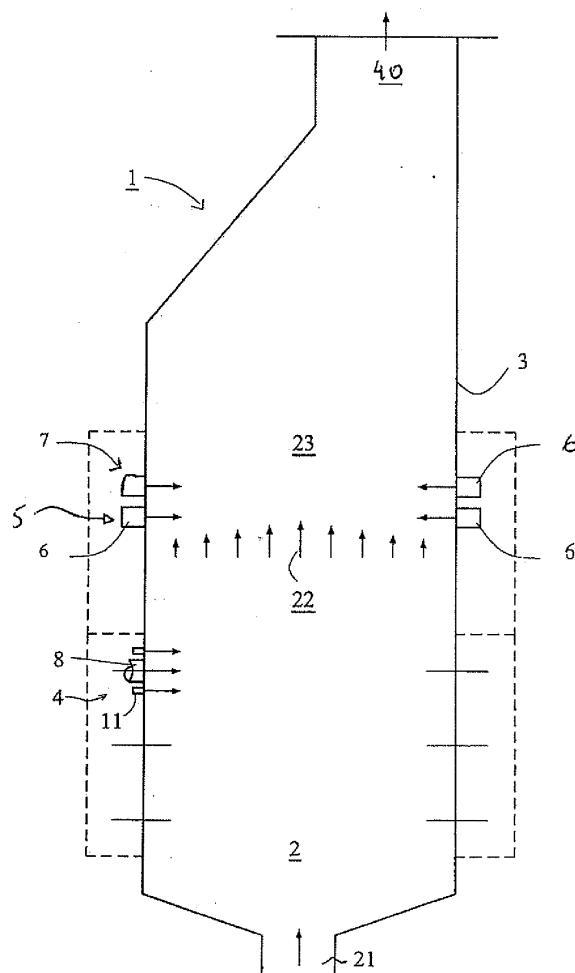


fig 1

EP 2 314 921 A2

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de fonctionnement d'une chaudière ainsi qu'une chaudière conformée de façon à fonctionner, notamment en régime nominal, selon ce procédé.

[0002] On connaît une chaudière industrielle du type qui comporte au moins un brûleur à combustible liquide et/ou gazeux disposé dans la partie basse du foyer et un système d'injection d'air additionnel à plusieurs buses d'injection disposé en aval du brûleur. JP 57 207 703 divulgue cela. Les brûleurs 30 y fonctionnent en stoechiométrie ou en défaut d'air.

[0003] Le fonctionnement nominal de telles chaudières est typiquement le suivant. Afin de réduire les émissions d'oxydes d'azote sous un seuil acceptable (aujourd'hui, la réglementation européenne impose un maximum de 400 ou 450 mg/Nm³ à 3% d'O₂ avec un combustible du type fuel-oil lourd), le brûleur fonctionne en manque d'air (typiquement un manque d'air de 10 à 35%, ce qui correspond à un ratio (de débits) air sur air stoechiométrique compris entre environ 0,9 et 0,65) et de l'air additionnel est injecté par les buses du système d'injection d'air additionnel (appelé « OFA » pour « Over Firing Air »). Ce défaut d'air entraînant corrélativement un excès de combustible, les taux d'imbrûlés carbonés et de CO sont particulièrement élevés, malgré l'emploi du système d'injection d'air additionnel permettant de poursuivre l'oxydation. Vu la quantité importante d'imbrûlés, la quantité d'air introduite dans cette zone de post combustion correspond à un excès d'air de 25% à 35% (pourcentage d'excès d'air dans la chaudière par rapport à un rapport air (provenant du brûleur et du système additionnel) sur combustible égal à 1). Si le taux de CO est fortement réduit grâce à l'injection d'air additionnel du fait de sa grande réactivité, celui des imbrûlés ne l'est que faiblement, ce qui conduit, en fin de compte à une grande production de poussières carbonées (en général comprise entre 150 et 500 mg/Nm³ à 3% d'O₂), bien au-dessus de la réglementation européenne (50 mg/Nm³ à 3% d'O₂). D'où la nécessité d'employer un dépoussiéreur, ce qui est forcément coûteux. En outre, vu la très grande quantité d'air introduite par le système d'injection d'air additionnel, la quantité d'oxygène rejeté est très importante (3 à 5% - par rapport à la stoechiométrie) et le rendement de la chaudière est diminué.

[0004] La présente invention vise à optimiser, voire réduire, le taux d'oxydes d'azote émis, tout en diminuant les émissions de CO et d'imbrûlés carbonés, et à augmenter le rendement de la chaudière, c'est-à-dire diminuer l'« empreinte carbone » (le rejet de CO₂).

[0005] Selon l'invention, la somme des valeurs de la quantité de mouvement axiale de l'air injecté par les buses d'injection est supérieure ou égale à la valeur de la quantité de mouvement des fumées ascendantes produites par les brûleurs.

[0006] Ceci favorise la diffusion et le mélange de l'air injecté par les buses d'injection dans les fumées avant

la sortie des gaz du foyer de la chaudière et donc favorise l'oxydation du CO et la réduction optimale des émissions d'imbrûlés carbonés.

[0007] Dans une réalisation intéressante, l'ensemble des brûleurs fonctionnera globalement proche de la stoechiométrie, à partir d'un ratio air sur air stoechiométrique supérieur ou égal à 0.85 (entre 0.85 et 1.05, aux incertitudes de mesures près ; ainsi l'ensemble des brûleurs pourrait fonctionner dès une sous-stoechiométrie, ou défaut d'air, d'au plus 15 %), voire en excès d'air d'au plus 5%. De préférence, l'air introduit par le brûleur et le système d'injection représentera un excès d'air d'au plus 15%.

[0008] De cette manière, en utilisant un brûleur à basse émission d'oxydes d'azote fonctionnant proche de la stoechiométrie, la production des oxydes d'azote reste dans les normes imposées par la réglementation et les émissions de CO et d'imbrûlés carbonés restent faibles car :

o dans un fonctionnement en faible stoechiométrie (défaut d'air d'au plus 15% , soit ratio air sur air stoechiométrique de 0,85 à 1), les quantités de CO et d'imbrûlés produits par l'excès de combustible au niveau des brûleurs permettent une forte réduction via l'oxydation par l'air injecté par les buses.

o dans le cas d'un fonctionnement à la stoechiométrie ou en faible excès d'air (ratio air sur air stoechiométrique de 1 à 1.05): les quantités polluantes ne sont dues qu'à l'imperfection du brûleur (dont le rendement ne peut être de 100%), et les 100% de cet excès ne se retrouvent plus dans les imbrûlés

[0009] Dans ces deux cas, vu la réduction de production d'imbrûlés et de CO par les brûleurs, la quantité d'air devant être introduit par le système d'injection d'air additionnel est moindre, ce qui permet d'avoir des taux de CO et d'imbrûlés carbonés faibles sans avoir à recourir à l'utilisation d'un dépoussiéreur. Evidemment, la quantité globale d'air introduit dans la chaudière ayant également diminuée, le rendement de cette dernière s'en trouve amélioré. Enfin, le fait d'avoir un meilleur rendement énergétique de la chaudière et le fait de se passer d'un dépoussiéreur permettent de réduire la consommation énergétique de la chaudière et donc de réduire le rejet de CO₂. D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans le mode de réalisation donné à titre d'exemple non limitatif et illustré par les dessins mis en annexe dans lesquels :

La figure 1 est une vue schématique en coupe d'une chaudière conforme à la présente invention,
La figure 2 est une vue en perspective d'un brûleur de la chaudière de la figure 1,

La figure 3 est une vue en coupe simplifiée du brûleur de la figure 2, prise selon un plan passant par son axe,

La figure 4 est une vue schématique d'une répartition

des buses du système d'injection d'air additionnel, prise selon le plan d'injection de ce système, La figure 5 est une vue schématique d'une répartition des buses d'un système supplémentaire d'injection d'air additionnel, prise selon le plan d'injection de ce système, et

La figure 6 est une vue en coupe simplifiée d'une buse du système d'injection d'air additionnel de la chaudière de la figure 1, prise selon un plan passant par son axe central.

La figure 1 illustre une chaudière 1 comprenant un foyer 2 délimité par des parois 3. Cette chaudière 1 comprend au moins un brûleur 4 et un système d'injection d'air additionnel 5 à plusieurs buses d'injection 6. Dans le présent exemple, la chaudière 1 comprend aussi un système supplémentaire d'injection d'air additionnel 7 qui comprend également plusieurs buses d'injection 6.

[0010] La chaudière 1 peut comprendre plusieurs étages de brûleurs 4, chaque étage pouvant comprendre plusieurs brûleurs 4. Les brûleurs 4 utilisent des combustibles liquides et/ou gazeux. Chaque brûleur 4 peut être alimenté en air indépendamment les uns des autres ou par un caisson d'air commun pour les brûleurs 4.

[0011] Comme illustré à la figure 2, les brûleurs 4 utilisés sont des brûleurs à basse émission d'oxydes d'azote, tels que, par exemple, ceux décrits dans les brevets européens EP 774 620, EP 893 651 et EP 1 058 052.

[0012] De façon plus précise, ces brûleurs 4 à combustibles liquides et/ou gazeux comprennent une conduite centrale d'alimentation en air primaire 8, des moyens d'injection de combustible 9, 9a disposés dans la conduite centrale 8, un stabilisateur de flamme 10 disposé à l'extrémité aval de la conduite centrale d'alimentation en air 8, et plusieurs conduites d'alimentation en air secondaire 11.

[0013] L'utilisation d'atomiseurs de fuel-oil en métal fritté tels que ceux décrits dans les brevets FR 2 894 854, FR 2 902 350 et EP 1 797 963 permet d'avoir des gouttelettes de combustibles dont le diamètre moyen est réduit, ce qui permet une combustion plus rapide du fuel-oil et donc une plus faible émission d'imbrûlés carbonés et notamment de cénoosphères carbonées.

[0014] Par ailleurs, notamment afin de réduire les émissions d'oxydes d'azote, il est préférable que le circuit d'air primaire représente au maximum 60% de l'air introduit par le brûleur (corrélativement, le circuit d'air secondaire représente donc au minimum 40%).

[0015] La conduite centrale d'amenée d'air 8 forme le circuit d'air primaire.

[0016] De préférence la conduite centrale 8 a une section droite circulaire. Egalement de préférence elle a un profil conique convergent dans le sens de la circulation de l'air (demi-angle au sommet inférieur à 5°). Cette légère conicité améliore la qualité du jet d'air 8a pour faciliter le changement de direction des fumées 12. De préférence, cette conduite centrale 8 fait saillie dans le foyer

d'une distance d'au moins 5 cm par rapport à la paroi 3 de la chaudière 1 portant le brûleur 4. Le fait d'introduire l'air primaire dans le foyer à distance de la paroi permet de faciliter le changement de direction des fumées 12 se situant contre cette paroi 3, donc de réduire les remous au niveau de cette dernière et d'augmenter le débit de fumées recirculées dans la flamme. Cependant, afin de pouvoir refroidir correctement la conduite centrale 8 quand le brûleur 4 est à l'arrêt (par un flux d'air minimal correspondant à une fuite d'air volontaire), il est préférable que la saillie soit d'au plus 50 cm. Combinée à la conicité, cette saillie permet de réduire le taux d'oxygène des fumées en recirculation.

[0017] Le circuit d'air secondaire est formé par les différentes conduites d'alimentation en air secondaire 11 qui sont disposées à la périphérie de la conduite centrale d'alimentation en air 8 et qui sont réparties de façon à avoir une répartition angulaire homogène. De préférence, les conduites d'alimentation en air secondaire 11 sont regroupées deux à deux (de façon non jointive). Cet agencement permet, d'une part, d'améliorer de façon importante la surface de contact entre l'air secondaire et les fumées 12 et, d'autre part, d'avoir une recirculation des fumées dans la flamme par les deux jets d'air 13 provenant des deux conduites d'alimentation en air secondaire provenant d'une même paire. De ce fait, la recirculation des fumées 12 est améliorée, le taux d'oxygène dans la flamme est réduit comme l'est l'émission d'oxydes d'azote. De préférence, un brûleur 4 comprend entre quatre et douze paires de conduites secondaires 11. Dans le présent exemple, tel qu'illustré à la figure 2, le brûleur 4 en comprend six paires.

[0018] De préférence, chaque conduite d'alimentation en air secondaire 11 a une section droite circulaire. Egalement de préférence, chacune de ces conduites 11 a un profil conique convergent dans le sens de circulation de l'air (demi-angle au sommet inférieur à 5°). Cette légère conicité améliore la qualité du jet d'air 13. Tout comme la conduite centrale d'alimentation en air primaire 8, et de préférence à cette dernière, chaque conduite d'alimentation en air secondaire 11 fait saillie dans le foyer d'une distance d'au moins 5 cm par rapport à la paroi 3 de la chaudière 1 portant le brûleur 2. Le fait d'introduire l'air secondaire dans le foyer 2 à distance de la paroi 3 permet de faciliter le changement de direction des fumées 12 se situant contre cette paroi 3, donc de réduire les remous au niveau de cette dernière et d'augmenter le débit de fumées recirculées dans la flamme. Cependant, afin de pouvoir refroidir correctement la conduite quand le brûleur est à l'arrêt (par un flux d'air minimal correspondant à une fuite d'air volontaire), il est préférable que la saillie soit d'au plus 50 cm. Combinée à la conicité, cette saillie permet de réduire le taux d'oxygène des fumées en recirculation.

[0019] L'alimentation en air d'un brûleur 4, tel qu'illustré à la figure 3, permet de réduire les pertes de charge internes du brûleur 4. Le brûleur 4 est relié au caisson 14 (ou à la gaine individuelle d'alimentation) par une en-

trée d'air 15 à laquelle est associée une virole principale 16 mobile coulissante entre une position de fermeture et une position d'ouverture. En position d'ouverture, l'entrée d'air 15 est dégagée et les circuits d'air primaire et secondaire sont alimentés. En position de fermeture, l'entrée d'air 15 est obstruée mais permet le passage de la fuite volontaire d'air utilisé pour le refroidissement des deux circuits. Le brûleur 4 comprend également une virole de séparation 17 qui est associée à un orifice 18 réalisé dans la conduite centrale d'alimentation en air primaire 8. Cette virole de séparation 17 est montée coulissante et permet de séparer et d'ajuster le rapport d'alimentation des deux circuits d'air. Le circuit primaire est alimenté par la partie de l'air ayant traversé l'orifice 18, et le circuit secondaire par la partie complémentaire. Cette partie complémentaire d'air est alors guidée par une conduite annulaire 19 puis par plusieurs boîtes 20 (éventuellement démontables) alimentant chaque paire de conduites d'air secondaire 11 (ou chaque conduite 11 si les conduites d'air secondaire 11 ne sont pas appariées). Les différentes boîtes 20 pourraient être remplacées par une boîte unique formant espace annulaire conique sur toute la périphérie et alimentant toutes les conduites d'alimentation en air secondaire 11.

[0020] La limitation des pertes de charges internes (principalement du circuit d'air secondaire) découlant de cette configuration permet d'une part, d'augmenter la vitesse de sortie de l'air secondaire (et donc d'améliorer les performances du brûleur 4), et, d'autre part, de réduire la consommation énergétique du ventilateur d'air de combustion (et donc de réduire la quantité de CO₂ émis).

[0021] Conformément à la présente invention, le brûleur 4 à basse émission d'oxydes d'azote fonctionne en stoechiométrie ou, de préférence, en excès d'air d'au plus 5%. Ainsi, les taux d'imbrûlés et de CO sont particulièrement faibles et ne proviennent pas d'un excès de combustible.

[0022] Pour améliorer encore davantage les performances de la chaudière 1, dans le cas où elle comporte plusieurs étages de brûleurs 4, les brûleurs fonctionnant en stoechiométrie ou en excès d'air d'au plus 5%, il est préférable d'avoir un décalage de débit combustible entre les étages de brûleurs, le débit de combustible étant d'autant plus important que le brûleur 4 est à un étage inférieur. Cette disposition permet d'obtenir un rebrûlage optimum des imbrûlés produits à l'étage le plus bas du fait, d'une part, que le temps de séjour des imbrûlés produits en zone à haute température est le plus élevé, et, d'autre part, que l'étage le plus élevé fonctionne en assez fort excès d'air favorisant le rebrûlage de ces imbrûlés produits plus bas. Ainsi, par rapport à un débit nominal pour les brûleurs d'étages intermédiaires, celui des brûleurs de l'étage le plus bas est augmenté de 2 à 6%, et celui des brûleurs de l'étage le plus haut est diminué de 2 à 6%. Il s'en suit au global un gain sur les émissions d'oxydes d'azote et une absence d'augmentation notables d'imbrûlés, et ce pour des conditions de stoechiométrie globalement inchangées au niveau des brûleurs.

[0023] En outre, vu la faiblesse du taux d'imbrûlés carbonés, il est possible de réintroduire une partie des fumées (environ 10%) dans le foyer 2 par un circuit de fumées 21 débouchant à la base de ce dernier, dans l'axe de la zone la plus chaude des flammes (dans le plan médian de la chaudière quand celle-ci comporte des brûleurs sur deux parois 3 opposées). Cette réintroduction des fumées permet de réduire l'émission thermique des oxydes d'azote à l'intersection des flammes et des fumées réintroduites, et de régler le débit et la température des fumées à l'entrée du surchauffeur.

[0024] Le système d'injection d'air additionnel 5 (usuellement appelé « OFA » pour « Over Firing Air ») est disposé au-dessus de l'ensemble des brûleurs 4, à une distance telle que l'air ne provoque pas de flamme.

[0025] Selon l'invention, l'air introduit dans la chaudière 1 par les brûleurs 4 et le système d'injection d'air additionnel 5 représente un excès d'air d'au plus 15% par rapport à la stoechiométrie pour la combustion du combustible introduit par les brûleurs 4. Ainsi, l'air introduit par ce système 5 représente entre 10 et 15% de l'air par rapport à la stoechiométrie, selon la valeur d'excès d'air introduit par les brûleurs 4.

[0026] Le système d'injection d'air additionnel 5 est configuré de sorte que la quantité de mouvement axiale de l'air sortant de ce système (c'est-à-dire la composante prise selon l'axe de sortie de l'air) est supérieure ou égale à la valeur de la quantité de mouvement des fumées ascendantes 22 produites par l'ensemble des brûleurs 4.

[0027] Le système d'injection d'air additionnel 5 comprend plusieurs buses d'injection 6 qui sont toutes alimentées en air par un même caisson d'alimentation en air. De préférence, les buses d'injection 6 sont disposées, orientées et configurées de façon à avoir une répartition homogène de l'air additionnel dans la gaine 23 dans laquelle circulent les fumées produites par les brûleurs 4.

[0028] De préférence, les buses d'injection 6 sont toutes disposées à un même niveau, un niveau étant constitué d'une tranche horizontale d'épaisseur de 1 à 2 mètres, de sorte que l'air soit injecté dans un même niveau. Les buses 6 peuvent être orientées selon un axe perpendiculaire aux parois 3 de la chaudière 1 ou situées au travers des quatre coins du foyer et dirigées vers l'axe vertical du foyer. Ceci est notamment le cas quand la chaudière 1 est du type à chauffe tangentielle avec les brûleurs situés à proximité des angles du foyer et orientés de façon à générer un flux rotatif. Dans ce cas, les buses 6 sont portées par les parois, à proximité des angles du foyer, et orientées vers l'axe vertical du foyer tout en étant décalées, de façon à favoriser la rotation des flammes engendrées par les brûleurs 4.

[0029] De préférence, les buses d'injection 6 sont disposées sur deux parois 3 se faisant face, ces parois étant soit celles portant les brûleurs 4, soit perpendiculaires à ces dernières.

[0030] Afin d'optimiser la répartition de l'air introduit par les buses 6 dans le foyer 23, le système d'injection

d'air 5 comprend au moins deux types de buse 6, chaque type de buse étant caractérisé par la section de sortie des buses 6 de ce type.

[0031] La pénétration du jet d'air provenant d'une buse d'injection 6 dépendant de la quantité de mouvement axiale de l'air en question (et cette quantité de mouvement étant égale au produit de la vitesse axiale par le débit axial), la répartition de l'air dans la gaine 23 est réalisée par la position respective des buses des différents types. Ainsi, il existe des buses d'injection à forte quantité de mouvement axiale et d'autres à faible quantité, et éventuellement des buses à quantité de mouvement intermédiaire.

[0032] De préférence, dans le but d'avoir une bonne répartition de l'air dans le niveau d'injection, la somme des quantités de mouvement axiale de l'air injecté par deux buses portées par deux parois 3 se faisant face est sensiblement constante le long de ces parois 3 (les buses se faisant face peuvent être coaxiales ou légèrement décalées). Dans le mode de réalisation illustré à la figure 4 où le système 5 ne comprend que deux types de buse, une buse 6a d'un type fait face à une buse 6b d'un second type. La quantité de mouvement axiale de l'air injecté par une buse 6a d'un premier type (buse à forte quantité de mouvement) permet à cet air d'atteindre le plan médian 24 séparant les deux parois 3 opposées portant des buses 6. Ainsi, la quantité de mouvement axiale de l'air injecté par une buse 6a de ce type est comprise entre 500 et 1000 kg.m/s²). La quantité de mouvement axiale de l'air injecté par une buse 6b du second type (buse à faible quantité de mouvement) limite la pénétration de cet air dans l'espace délimité par la paroi portant la buse et un plan situé sensiblement à mi-chemin de cette paroi 3 et du plan médian 24. Ce type de buse 6b permet d'introduire de l'air à proximité des parois 3.

[0033] De préférence, dans le même but, l'injection de l'air se fait de sorte que, sur une même paroi 3, il y a une alternance des buses 6a, 6b selon leur type. Cette alternance peut être une buse d'un type puis une buse d'un autre type, deux buses d'un type puis deux buses d'un autre type, ou encore une buse d'un type puis deux buses d'un autre type. Dans le mode de réalisation illustré à la figure 4, l'alternance est 1 pour 1.

[0034] De préférence, si la sortie 40 du foyer est située de façon dissymétrique par rapport au plan médian 24 (comme représenté sur la figure 1), la quantité de mouvement des buses 6 situées d'un côté du plan médian 24, diffère légèrement de celle des buses 6 situées de l'autre côté, ceci pour améliorer la répartition de l'air injecté dans la section de sortie 40. Cette quantité de mouvement est légèrement plus forte pour les situées du côté où la section de sortie est la plus proche de la paroi du foyer.

[0035] La conception du système 5 respecte ainsi l'exigence d'une quantité de mouvement axiale totale d'air additionnel égale ou supérieure à la quantité de mouvement des fumées ascendantes 22, l'exigence de présence d'au moins deux types de buse avec une quantité de

mouvement axiale propre à chaque type de buse permettant une pénétration d'air propre à chaque type permettant d'atteindre un plan déterminé (la paroi opposée si une seule paroi porte des buses, le plan médian si les deux parois opposées portent des buses, un plan décalé par rapport au plan médian si la sortie du foyer de la chaudière est décentrée par rapport au plan médian 24 du foyer au niveau des brûleurs 4).

[0036] Le rapport des quantités de mouvement d'air axiales de chaque type de buse, le nombre de buses propre à chaque type, la distance inter-buse et la distance séparant les deux buses extrêmes des parois perpendiculaires à celle portant les buses sont déterminés afin d'avoir une répartition d'air la plus homogène en aval du niveau d'injection.

[0037] Ainsi, l'air introduit par le système d'injection additionnel 5 permet de réduire de façon très importante le taux de CO émis par la chaudière 1, et dans une proportion moindre, le taux d'imbrûlés carbonés.

[0038] Afin de réduire de façon plus importante le taux d'imbrûlés carbonés, les buses 6 sont conformées de façon à introduire de la vapeur saturée ou surchauffée. Ici, cette vapeur est introduite par les buses du système d'injection d'air additionnel 5. La vapeur a la même pression que celle d'atomisation des brûleurs (typiquement entre 6 et 14 bars, et entre 150 à 300°C). La vapeur favorise le mélange de l'air additionnel avec les fumées par sa vitesse et son expansion en augmentant fortement la turbulence, et réagit avec les imbrûlés carbonés en produisant du monoxyde de carbone et du dihydrogène. A cette fin, il est préférable que la vapeur injectée corresponde à environ entre 3 et 8% du combustible introduit par les brûleurs.

[0039] Dans le présent exemple, afin d'améliorer la réduction des émissions, un système supplémentaire d'injection d'air additionnel 7 forme un second niveau de buses 6. Ce système supplémentaire 7 comporte un nombre réduit de buses 6c par rapport au système principal 5 (de préférence, au plus égal au nombre de buses à forte quantité de mouvement 6 du système principal 5). Le système supplémentaire 7 peut être mis en fonction sans influencer les conditions de fonctionnement du premier étage de buses 6 (de préférence, chacune des buses 6c de ce système peut être sectionnée ou ouverte indépendamment les unes des autres). De préférence, l'air injecté par le système supplémentaire d'injection 7 est injecté au même niveau ou en aval, à un niveau légèrement supérieur (moins de 2,5 m au plan moyen du niveau principal). Le système supplémentaire 7 peut ne comprendre qu'un seul type de buse 6c dont la disposition suit, de préférence, les règles de disposition des buses 6a, 6b du système principal 5. Toutefois, il est préférable que l'axe des buses 6c du second étage soit dans un plan médian défini par deux axes de buses 6a, 6b contigües, comme illustré par les figures 4 et 5 disposées l'une en dessous de l'autre.

[0040] La figure 6 représente une buse 6a du système principal 5 d'introduction d'air additionnel du présent mo-

de de réalisation. Une telle buse 6 comprend une conduite d'air additionnel 25 débouchant à la paroi 3 de la chaudière 1 (ici, de façon affleurante). Ici, afin que l'air ait un flux axial en sortie de la buse 6, celle-ci comprend des organes redresseurs 26 (plus précisément, des plaques planes longitudinales). Afin de concentrer la transformation de la différence de pression en vitesse en limitant les pertes de charge, la conduite 25 comprend une zone conique convergente 27 qui est prolongée en aval par une conduite cylindrique d'éjection 28 qui débouche dans le foyer 2 et, en amont par une conduite cylindrique d'admission d'air 29 dans laquelle sont disposés les organes redresseurs 26. Le rapport de diamètre entre la conduite d'admission 29 et la conduite d'éjection 28 est de 2 ou davantage. La conduite d'admission 29 comprend une entrée d'air 30 associée à une virole 31 qui est montée coulissante. Cette virole 31 est mobile entre une position de fermeture dans laquelle l'entrée d'air 30 est obturée tout en permettant de laisser passer une quantité minimale d'air de refroidissement, et une position d'ouverture dans laquelle l'entrée d'air 30 est dégagée.

[0041] Enfin, dans le présent mode de réalisation, la buse 6 comprend une canne d'introduction de vapeur 32 qui est disposée proche de l'axe de la conduite d'air additionnel 25.

[0042] Enfin, chaque buse 6 pourrait également comporter un second circuit d'air permettant d'introduire de l'air ayant un flux rotationnel en périphérie de la sortie 28 à flux axial représentée sur la figure 6. Ainsi, le jet d'air provenant d'une buse comporterait un flux d'air central axial (par rapport à l'axe de la buse) provenant de la conduite d'air centrale 25 de la buse 6, et un flux d'air à composante tangentielle (par rapport à l'axe de la buse) provenant d'une seconde conduite d'air annulaire (formant le second circuit d'air de la buse) ceinturant la conduite d'air centrale 25.

[0043] Les buses 6 sont particulièrement simples. Le seul réglage concerne le débit d'air et il est lié au degré d'ouverture de la virole 31. De préférence, ce degré d'ouverture est réglé en fonction du régime de la chaudière.

[0044] Ainsi aucun autre élément de régulation n'est nécessaire, la vitesse de sortie de l'air est déterminée par la différence de pression entre le foyer et le caisson d'alimentation en air des buses, diminuée des pertes de charge internes qui sont minimisées. Les buses 6 étant alimentées par un même caisson d'air, la vitesse de l'air en sortie de buse est sensiblement identique pour toutes les buses 6 (typiquement, plus de 70 m/s au débit nominal avec air chaud).

[0045] Le débit de sortie de l'air est imposé par la section de passage de la conduite d'éjection (dépendant toutefois du degré d'ouverture de la virole). Ainsi toutes les buses d'un même type génèrent sensiblement un débit d'air identique. L'équilibrage des débits d'air pour les buses d'un même type se faisant par le degré d'ouverture de la virole 31.

[0046] Ainsi, par les buses d'injection on générera alors un débit d'air sensiblement identique. Les buses 6a, 6b auront donc des sections de sortie différentes.

[0047] Dans le cas de buse injectant de l'air à flux rotationnel, de préférence, l'angle de rotation est fixé et n'est pas réglable.

[0048] Dans le cas où le caisson d'alimentation en air du système d'injection d'air additionnel 6 est distinct du caisson 14 d'alimentation en air des brûleurs 4, le réglage du débit d'air en sortie des buses peut être réalisé facilement par la virole 31 de chaque buse 6.

[0049] Dans le cas où le caisson d'alimentation en air est commun pour les buses 6 et pour les brûleurs 4 (typiquement en cas de rénovation de chaudières existantes), le réglage du débit d'air des buses 6 en fonction du régime de la chaudière 1 (et donc des brûleurs 4) est réalisé en tenant compte du débit d'air traversant chaque buse 6 (débit mesuré par un capteur usuel) et en modifiant le rapport entre, d'une part, la somme des débits d'air passant par les différentes buses 6 et, d'autre part, le débit d'air des brûleurs 4 (égal à la différence entre le débit d'air global du caisson et la somme des débits d'air passant par les différentes buses 6). Ce rapport peut être aisément ajusté par le déplacement de la virole principale 16 du brûleur 4.

[0050] Par ailleurs, dans le cas d'une chaudière ayant plusieurs étages de brûleurs 4, il est possible d'utiliser une partie (de préférence au moins la moitié) ou la totalité des brûleurs de l'étage le plus haut (et éventuellement des étages qui lui sont justes inférieurs) de la même manière qu'une buse 6. A cet effet, de préférence, chaque brûleur 4 de la chaudière est équipé de moyens d'injection de combustible 9, 9a dont le débit maximum est suffisamment élevé pour permettre à la chaudière 1 de fonctionner à son allure nominale avec au moins une partie des brûleurs 4 de l'étage supérieur alimentés uniquement en air (c'est-à-dire, avec l'alimentation en combustible éteint).

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'une chaudière industrielle (1) qui comprend au moins un brûleur (4) à combustible liquide et/ou gazeux disposé dans la partie basse du foyer (2) et un système d'injection d'air additionnel (5) à plusieurs buses d'injection (6) disposé en aval de l'ensemble des brûleurs (4), **caractérisé en ce que** la somme des valeurs de la quantité de mouvement axiale de l'air injecté par les buses d'injection (6) est supérieure ou égale à la valeur de la quantité de mouvement des fumées ascendantes produites par les brûleurs (4) .
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ensemble des brûleurs (4) fonctionnent en stoechiométrie ou en excès d'air d'au plus 5 %, l'air introduit par l'ensemble des brûleurs (4) et le systè-

me d'injection (5) représente un excès d'air d'au plus 15 %.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ensemble des brûleurs (4) fonctionnent avec un ratio air sur air stoechiométrique compris entre 0,85 et 1,05. 5
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'air introduit par l'ensemble des brûleurs (4) et le système d'injection (5) représente un excès d'air d'au plus 15%. 10
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'air en sortie des buses (6) a sensiblement la même vitesse quelle que soit la buse (6). 15
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'air injecté par le système d'injection (5) provient de buses (6) portées par deux parois (3) opposées de la chaudière (1). 20
7. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que**, le système d'injection d'air (5) comprenant au moins une buse d'un premier type (6a) et une buse d'un second type (6b), chaque buse d'un même type générant un débit d'air sensiblement identique et propre à ce type de buse. 25
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'injection de l'air se fait de sorte que la somme des quantités de mouvement axiale de l'air injecté par deux buses se faisant face est sensiblement constante. 30
9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** : 35
 - la quantité de mouvement axiale de l'air injecté par une buse d'un premier type (6a) permet à cet air d'atteindre le plan médian (24) séparant les deux parois opposées (3) portant des buses (6), 40
 - et/ou la quantité de mouvement axiale de l'air injecté par une buse d'un second type (6b) limite la pénétration de cet air dans l'espace délimité par la paroi (3) portant la buse (6b) et un plan situé sensiblement à mi-chemin de cette paroi (3) et du plan médian (24). 45
10. Procédé selon la revendication 7 ou 9, **caractérisé en ce que** l'injection de l'air se fait de sorte qu'il y ait une alternance des buses des premier et second types, cette alternance étant soit une à une, soit deux à deux, soit une à deux. 50
11. Procédé selon l'une des revendications précéden-

tes, **caractérisé en ce que** la chaudière (1) étant du type à chauffe tangentielle avec les brûleurs situés à proximité des angles du foyer, l'air injecté par le système d'injection d'air additionnel (5) provient de buses (6) portées par les parois, à proximité des angles du foyer, et orientées de façon à favoriser la rotation des flammes engendrées par les brûleurs (4) .

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le jet d'air introduit par chaque buse (6) comprend un flux central axial généré par une conduite centrale d'air et un flux à composante tangentielle généré par une conduite annulaire ceinturant la conduite centrale.
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** de la vapeur d'eau est injecté dans la chaudière par les buses (6) du système d'injection d'air additionnel (5).
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, chaque brûleur (4) comportant un circuit d'air primaire et un circuit d'air secondaire, au minimum 40% de l'air introduit par le brûleur (4) l'est par le circuit secondaire.
15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les brûleurs (4) et les buses (6) du système d'injection d'air additionnel (5) se trouvant alimenté en air par un caisson d'alimentation commun, la répartition de l'air entre les brûleurs (4) et les buses (6) en fonction de l'allure de la chaudière (1) est déterminée par le déplacement simultané des viroles principales (16) des brûleurs (4), la virole principale (16) d'un brûleur (4) étant adaptée à ouvrir et à fermer l'entrée d'air (15) du brûleur (4) qui est commune à des circuits d'air primaire et secondaire que ce dernier comporte.
16. Procédé selon l'une des revendications 14 ou 15, **caractérisé en ce que** l'air primaire et/ou l'air secondaire d'un brûleur (4) est introduit dans le foyer (2) à une distance comprise entre 5 et 50 cm de la paroi (3) portant ce brûleur (4) .
17. Procédé selon l'une des revendications 13 à 16, **caractérisé en ce que** le flux d'air secondaire introduit par le circuit secondaire est généré par des conduites d'alimentation en air secondaire (11) réparties angulairement autour du circuit primaire et rapprochées deux à deux l'une de l'autre.

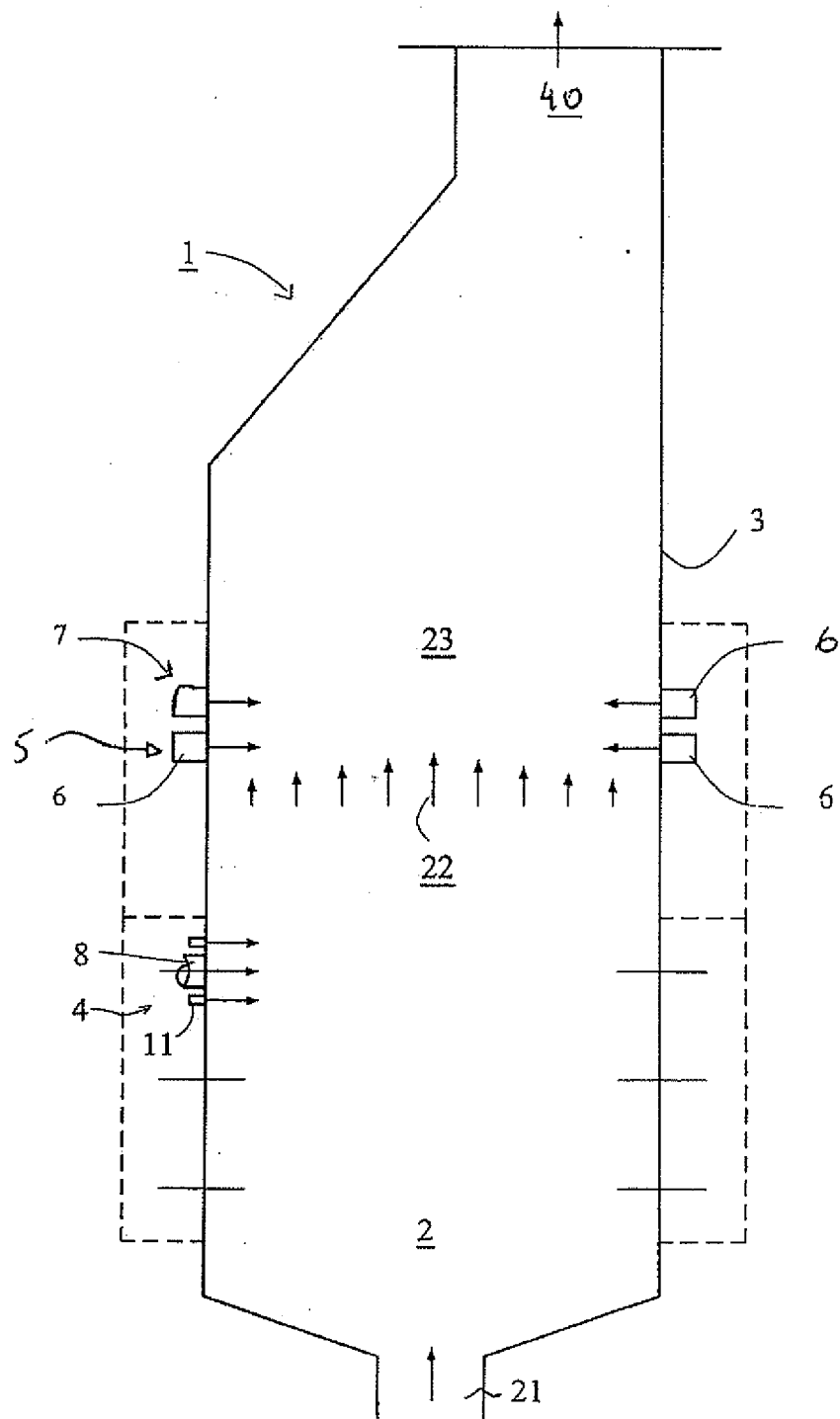
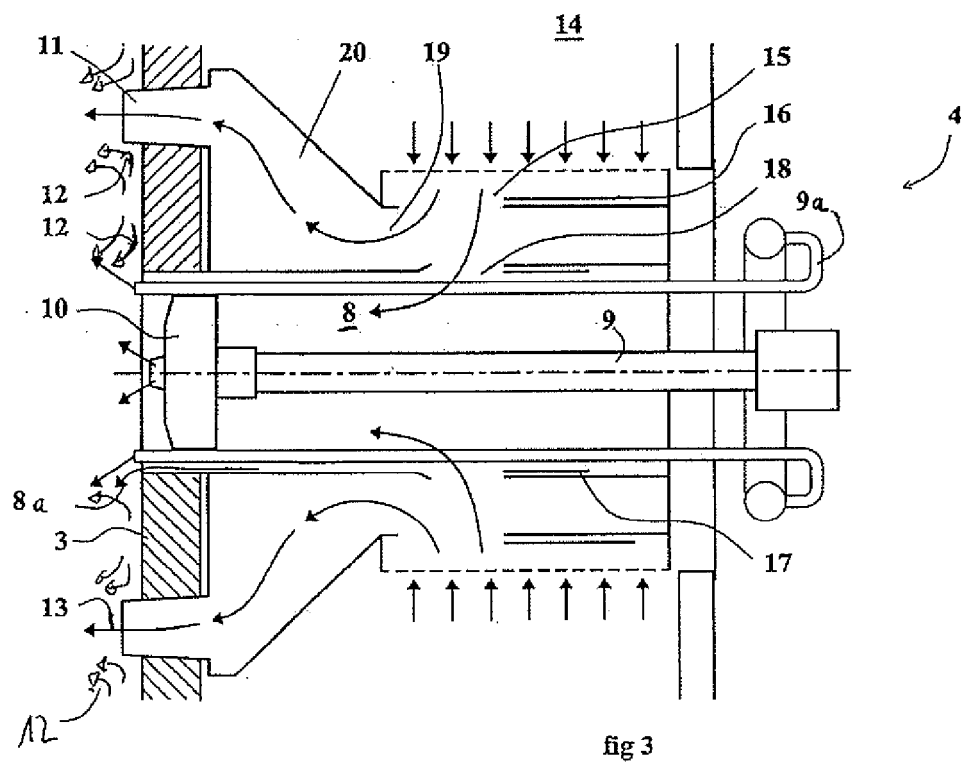
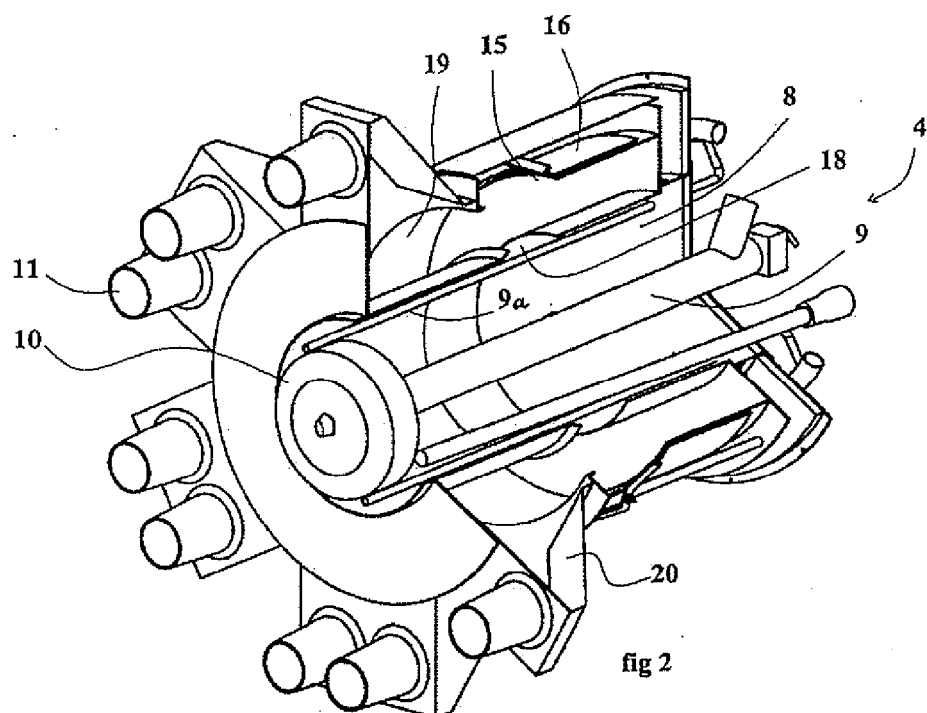
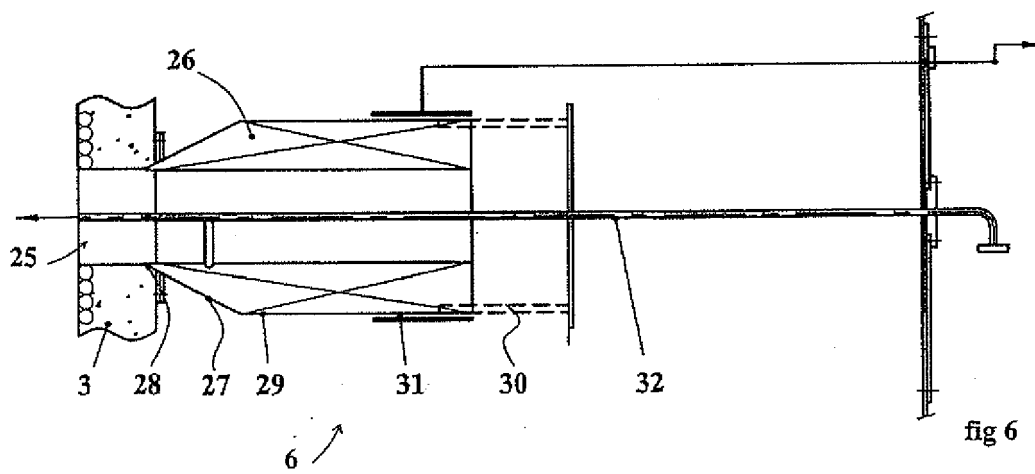
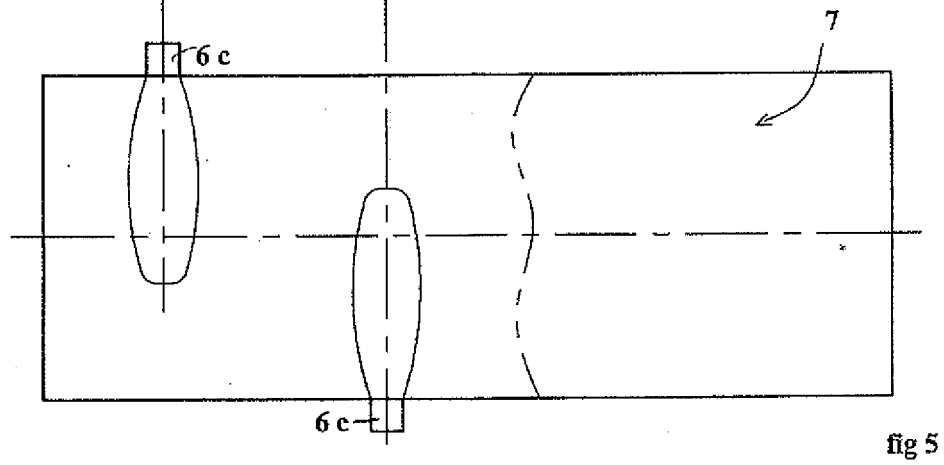
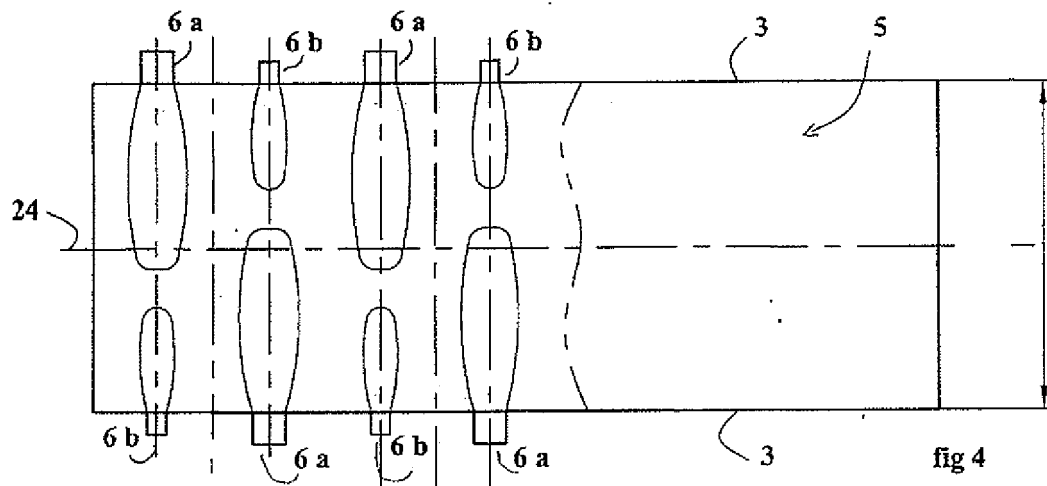


fig 1





RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- JP 57207703 A [0002]
- EP 774620 A [0011]
- EP 893651 A [0011]
- EP 1058052 A [0011]
- FR 2894854 [0013]
- FR 2902350 [0013]
- EP 1797963 A [0013]