

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication:

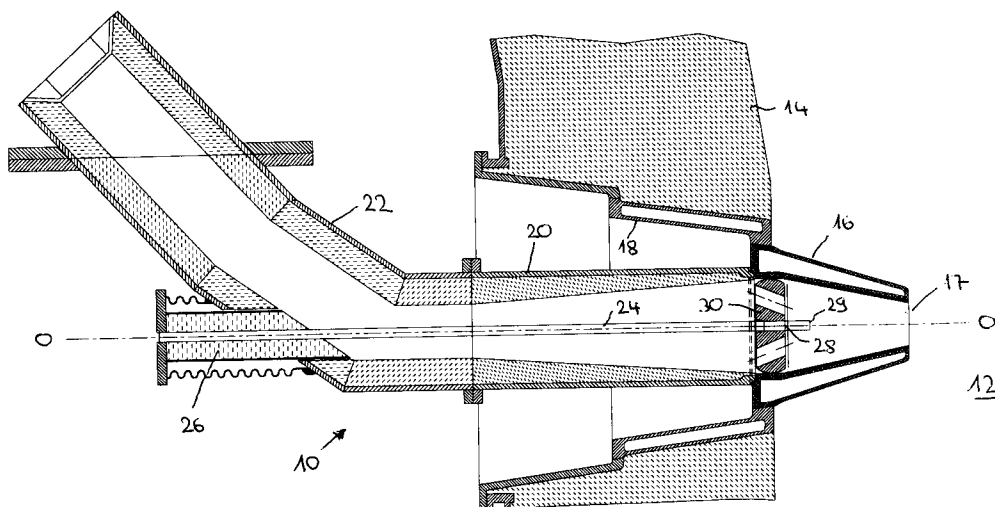
0 554 673 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN(21) Numéro de dépôt: **93100370.1**(51) Int. Cl.⁵: **C21B 5/00**(22) Date de dépôt: **13.01.93**(30) Priorité: **05.02.92 LU 88065**(43) Date de publication de la demande:
11.08.93 Bulletin 93/32(84) Etats contractants désignés:
BE DE ES FR GB IT NL SE(71) Demandeur: **PAUL WURTH S.A.**
32 rue d'Alsace
L-1122 Luxembourg(LU)(72) Inventeur: **Ulveling, Léon**
30 rue Dr. Jos. Peffer**L-2319 Luxembourg-Howald(LU)**Inventeur: **Kroemmer, Yvon****5 route de Luxembourg****L-8360 Goetzingen(LU)**Inventeur: **Pere, Carlo****Via Nullo 4a/4 1****I-16147 Genova(IT)**(74) Mandataire: **Freylinger, Ernest T.**
Office de Brevets Ernest T. Freylinger 321,
route d'Arlon Boîte Postale 48
L-8001 Strassen (LU)(54) **Brûleur pour un four à cuve.**

(57) On présente un brûleur pour un four à cuve, en particulier un brûleur de charbon pulvérisé destiné à être monté dans une tubulure d'injection (10) d'air préchauffé dans un creuset (12) d'un haut fourneau. Une lance d'injection de charbon pulvérisé (24) est montée axialement ou quasi axialement dans le busillon (20). La tête de lance (28) est supportée dans

l'axe de ladite tuyère (16) par une pièce (30) montée, soit dans ladite tuyère (16), soit directement en amont de ladite tuyère (16). Cette pièce (30) constitue en même temps un déflecteur pour l'air préchauffé, de façon à le rendre fortement turbulent au voisinage du ou des orifices (29) de sortie de la lance (24).

**Fig. 1****EP 0 554 673 A2**

La présente invention concerne un brûleur pour un four à cuve. En particulier elle concerne un brûleur de charbon pulvérisé destiné à être monté dans une tubulure d'injection d'air préchauffé dans un creuset d'un haut fourneau. Une telle tubulure d'injection comprend, de façon connue en soi, au moins une tuyère pénétrant dans le creuset, un busillon s'appuyant sur la tuyère et un coude monté en amont du busillon.

Il est bien connu que l'injection de charbon pulvérisé dans le vent chaud, qu'on souffle à travers des tuyères à vent chaud dans la partie supérieure du creuset d'un haut fourneau, a de multiples avantages. Elle augmente notamment la capacité de production du haut fourneau, permet de remplacer d'importantes quantités de coke par du charbon meilleur marché et de relever la capacité thermique de l'air préchauffé introduit dans le creuset.

Cette injection de charbon pulvérisé se fait classiquement par une lance d'injection dans laquelle le charbon pulvérisé est en suspension dans un gaz inerte. Le comburant est soit constitué par le vent chaud, enrichi ou non d'oxygène, soit par de l'oxygène pur amené par une conduite séparée près de l'embouchure de la lance. Dans ce dernier cas l'oxygène pur est utilisé pour former un mélange combustible primaire avec le charbon pulvérisé à la sortie de la lance, et le vent chaud constitue l'air de combustion secondaire. Une lance pouvant injecter à la fois de l'oxygène pur et du charbon pulvérisé sera appelée une "lance oxy-coal", tandis qu'une lance injectant uniquement de l'oxygène sera appelée une "lance normale".

Le plus souvent la lance d'injection, qu'il s'agit d'une lance normale ou d'une lance oxy-coal, est introduite obliquement à travers une ouverture dans le manteau du busillon, c'est-à-dire de la pièce tubulaire qui vient s'appuyer sur la tuyère. Selon l'angle que forme l'axe de la lance avec l'axe du busillon on arrive à placer la tête de la lance à une distance plus ou moins rapprochée de l'embouchure de la tuyère dans le creuset. En pratique, le joint entre le busillon et la tuyère constitue cependant un obstacle pour réaliser des angles très faibles entre l'axe du busillon et l'axe de la lance.

Il est aussi connu d'introduire la lance axialement dans ledit busillon, à savoir à travers une ouverture dans le coude placé généralement en amont du busillon. Un tel arrangement de la lance est par exemple montré dans le document WO 86/05520. Avec ce montage, on pourrait théoriquement avancer la tête de la lance jusque dans l'embouchure de la tuyère dans le creuset.

Bien que les dispositifs d'introduction de charbon pulvérisé dans un four à cuve décrits ci-avant donnent satisfaction à faible débit, il subsiste des

problèmes en rapport avec l'introduction de quantités plus importantes de charbon pulvérisé dans le creuset.

En effet, pour travailler de façon efficace lors de l'injection de charbon pulvérisé dans un four à cuve, il faut réaliser une combustion aussi complète que possible du charbon dans la zone turbulente à proximité immédiate de l'embouchure de la tuyère dans le creuset. Si cette combustion n'a pas lieu de façon convenable avant ou dans cette zone, ce qui est notamment le cas lorsqu'on travaille avec des débits importants de charbon pulvérisé dans une tuyère, d'importantes quantités de résidus poudreux de la combustion s'accumulent dans le four à cuve et en augmentent considérablement sa résistance à l'écoulement des gaz chauds.

La difficulté à obtenir une combustion complète dans ladite zone turbulente devient apparente en considérant la faible distance disponible et la vitesse élevée du vent chaud dans ladite tuyère. On peut ainsi montrer que le temps disponible pour le déroulement du mécanisme de la combustion de particules de charbon à la sortie de la lance est de l'ordre de 10 ms. Dans cet intervalle extrêmement court le jet compact de charbon pulvérisé en suspension dans un gaz neutre doit être dissocié, les particules isolées de charbon doivent être réchauffées jusqu'à provoquer le dégagement de gaz de pyrolyse, les gaz de pyrolyse doivent se mélanger avec le comburant, l'inflammation de ce mélange gazeux doit avoir lieu et les résidus solides de la pyrolyse doivent réagir avec le comburant dans une réaction d'oxydation hétérogène. Un des problèmes majeurs de l'injection de charbon pulvérisé dans le creuset est donc d'augmenter la cinétique du déroulement du mécanisme de combustion décrit très sommairement ci-avant.

Certes on pourrait aussi augmenter le temps disponible au déroulement du mécanisme de combustion du charbon pulvérisé en reculant la tête de la lance vers l'arrière du busillon, c'est-à-dire en augmentant la distance à parcourir par les particules de charbon dans l'air préchauffé. La pratique a cependant montré que la section libre des tuyères se réduit rapidement parce que les cendres chaudes ont tendance à coller aux parois refroidies de la tuyère. Ce phénomène a d'ailleurs aussi une influence très néfaste sur la durée de vie des tuyères. Il s'ensuit qu'on a, a priori, tout intérêt à effectuer l'introduction du charbon à une distance aussi petite que possible de l'embouchure de la tuyère dans le creuset.

Ceci augmente naturellement des exigences quant à la cinétique de la combustion du charbon pulvérisé. Ainsi on essaie d'améliorer cette dernière en formant à la sortie de la lance des mélanges plus ou moins turbulents de charbon pulvérisé à l'aide de l'oxygène pur acheminé à travers ladite

lance dans un conduit séparé jusqu'à l'orifice de sortie de cette dernière. Bien que ces lances "oxy-coal" fournissent de meilleurs résultats que les lances travaillant sans oxygène, on doit cependant admettre que l'introduction de l'oxygène à la tête de la lance provoque un refroidissement local des gaz chauds ce qui entraîne une influence néfaste sur la cinétique de réaction, car les particules de charbon baignées dans l'oxygène relativement froid mettent plus longtemps à atteindre la température nécessaire pour le déroulement des réactions susmentionnées. Tout en constatant un bilan globalement positif pour les lances "oxy-coal" on ne peut pas négliger cet "effet refroidissant" de l'oxygène insufflé qui, surtout à des débits élevés, a notamment aussi une influence sur le profil des températures dans la zone à fortes turbulences dans le creuset près de l'embouchure des tuyères.

D'autres problèmes sont liés au montage des lances actuelles dans les tubulures d'injection d'air préchauffé dans le four à cuve. En effet, si on veut pénétrer avec la tête de la lance jusque dans la tuyère, on est obligé de choisir un angle entre l'axe du busillon et l'axe de la lance très faible et à la limite un angle nul, qui correspond à une pénétration à axes parallèles. Or, plus cet angle est faible, plus la longueur porte-à-faux de la lance dans les tubulures d'injection d'air est élevée et plus le centrage de la tête de lance dans l'axe de la tuyère devient difficile, incertain et instable. Avec des lances dont le diamètre a été réduit pour des raisons d'encombrement, on remarque d'ailleurs des vibrations de la tête de lance pour des longueurs porte-à-faux importantes.

En outre il convient de noter qu'avec des angles d'inclinaison faibles entre l'axe de la tuyère et le jet de charbon pulvérisé, ce dernier n'offre qu'une très petite surface d'attaque perpendiculaire à la direction d'écoulement de vent chaud. Les lignes de courant du vent chaud et des particules de charbon dans le jet sont, en effet, quasi parallèles. Il s'ensuit que l'énergie cinétique contenue dans le gaz chaud n'est que mal utilisée pour faire éclater le jet de charbon pulvérisé et pour obtenir un bon mélange des particules de charbon avec le comburant.

L'objectif de la présente invention est de fournir un brûleur compact et de construction simple qui peut être intégrée dans un dispositif d'introduction d'air préchauffé d'un four à cuve et qui résout, en grande partie, les problèmes prémentionnés en rapport avec le mécanisme de la combustion et en rapport avec le montage des lances d'injection de charbon pulvérisé.

Cet objectif est atteint selon la présente invention par un brûleur comprenant, de façon connue en soi, une lance d'injection de charbon pulvérisé avec une tête de lance munie d'au moins un orifice

de sortie pour le charbon pulvérisé, ladite lance étant placée axialement ou quasi axialement dans ledit busillon de façon que ledit orifice de sortie de la lance se situe à l'intérieur de ladite tuyère à une distance L de l'embouchure de la tuyère dans le creuset et qui est caractérisé en ce que la tête de ladite lance est supportée dans l'axe de ladite tuyère par une pièce montée, soit dans ladite tuyère, soit directement en amont de ladite tuyère, et en ce que cette pièce constitue un déflecteur pour l'air préchauffé, de façon à le rendre fortement turbulent au voisinage du ou des orifices de sortie de la lance.

Les revendications dépendantes décrivent des exécutions préférées.

Selon une première caractéristique de la présente invention, la tête de lance est supportée dans l'axe de ladite tuyère par une pièce montée, soit dans ladite tuyère, soit directement en amont de ladite tuyère. On élimine donc ainsi le montage porte-à-faux de la lance. Ceci a l'avantage immédiat qu'il n'y a plus de problèmes de centrage et, le cas échéant, de vibrations et que le montage axial de la lance dans le busillon devient enfin un montage fiable, applicable en pratique. Ce montage a, on l'a déjà signalé plus haut, l'avantage que la tête de la lance peut être avancée loin dans la tuyère, théoriquement même au-delà de l'embouchure de la tuyère dans le creuset. De plus ce montage a l'avantage que la distance L entre la tête de la lance, ou plutôt l'orifice de sortie du charbon pulvérisé, et l'embouchure de la tuyère dans le creuset peut être variée même en cours de fonctionnement, par simple déplacement axial de la lance. On peut ainsi déterminer expérimentalement ladite distance L pendant le fonctionnement dudit brûleur ce qui serait difficilement faisable sans la pièce de support de la présente invention. Cet ajustement de la distance L est, on l'a vu plus haut, un facteur très important sur lequel on peut jouer pour optimiser la combustion tout en évitant un bouchage des tuyères par des cendres qui collent aux parois de ces dernières. Reste à noter que la distance optimale L est fonction notamment du débit et des caractéristiques physiques et chimiques du charbon pulvérisé. D'où la nécessité de pouvoir modifier facilement, si possible pendant le fonctionnement du brûleur, ladite distance L.

De plus, l'introduction axiale de la lance augmente sensiblement la longueur de celle-ci qui est directement en contact avec le vent chaud ayant une température d'environ 1200 °C. On observe ainsi un préchauffage du combustible, et le cas échéant du comburant, véhiculés à travers la lance. Il est évident que ce préchauffage a naturellement une influence bénéfique sur la cinétique de la réaction de combustion.

D'après une deuxième caractéristique de la présente invention, qui vient avantageusement compléter ladite première caractéristique, ladite pièce de support de la lance remplit en même temps le rôle d'un déflecteur agissant sur l'air préchauffé à environ 1200 °C, pour le rendre fortement turbulent au voisinage du ou des orifices de sortie de la lance. On réussit ainsi de produire le plus près possible de la tête de lance, un mélange homogène du charbon pulvérisé et de l'air préchauffé, c'est-à-dire d'éclater dès sa sortie le jet charbon pulvérisé/gaz inerte et d'obtenir une bonne distribution des particules solides dans le flux d'air préchauffé s'écoulant à travers la tuyère. La distance (resp. le temps) nécessaire pour obtenir une combustion complète est ainsi considérablement réduite. Ceci est d'autant plus vrai pour un jet de charbon introduit axialement, ou quasi axialement, dans la tuyère. Ce dernier n'offre en effet, on l'a déjà signalé, qu'une très faible surface d'attaque à l'air s'écoulant en direction axiale de la tuyère.

La turbulence créée dans l'air préchauffé a avant tout aussi un effet très bénéfique sur la réaction hétérogène entre les résidus solides de la réaction de pyrolyse et le gaz comburant. Il s'ensuit qu'on arrive à avoir une combustion plus complète du charbon, même avec des débits élevés et une tête de lance proche de l'embouchure de la tuyère.

Diverses formes de déflecteurs sont envisageables pour atteindre ce résultat. Il convient cependant de remarquer qu'il est avantageux de choisir un type de déflecteur qui confère à l'air un mouvement giratoire autour de l'axe de la tuyère et de diriger l'air en même temps obliquement vers le jet.

Une forme de déflecteur particulièrement intéressante est un déflecteur qui divise le flux principal d'air préchauffé en jets séparés qui sont déviés de sorte à constituer les génératrices d'un hyperboloïde de révolution fictif qui est coaxial à la tuyère et qui est caractérisé par un convergeant, un col et un divergeant. Dans ce cas les jets préchauffés d'air convergent d'abord vers le jet de charbon pour le faire éclater, puis les jets divergent vers les parois de la tuyère et entraînent ainsi les particules de charbon sur toute la section de la tuyère pour conférer ensuite à l'ensemble un mouvement giratoire turbulent vers l'embouchure de la tuyère dans le creuset.

En travaillant avec injection d'oxygène pur il est avantageux avec la présente invention d'introduire cet oxygène en amont dudit déflecteur. Cette méthode de procéder évite en effet un refroidissement de l'air préchauffé et du combustible à proximité immédiate de la tête de la lance, tel qu'il est observé avec une lance "oxy-coal" classique, où l'orifice de sortie du charbon et de l'oxygène sont

tous les deux aménagés dans la tête de lance. Il est rappelé que dans certaines lances "oxy-coal" l'oxygène injecté à proximité du jet de charbon pulvérisé est aussi utilisé pour faire éclater ce jet de charbon à la sortie de la lance et de provoquer une turbulence au voisinage immédiat de la tête de la lance. Or, dans un brûleur selon la présente invention cette tâche est déjà remplie par le déflecteur agissant sur l'air préchauffé pour le rendre fortement turbulent au voisinage du ou des orifices de sortie de la lance. Avec la présente invention on dispose donc davantage de libertés pour choisir le point d'introduction de l'oxygène en fonction d'autres considérations.

Il convient cependant de remarquer que le déflecteur de la présente invention procure aussi des effets bénéfiques lorsqu'il est utilisé conjointement avec une lance "oxy-coal" du type décrit plus haut. Dans ce cas la turbulence de l'air préchauffé au voisinage de la tête de lance évite la formation de couches d'oxygène froid, qui pourraient constituer, au moins à proximité de la tête de lance, un écran froid entre le charbon pulvérisé et l'air chaud, ce qui aurait un effet néfaste sur la cinétique de la combustion.

Des avantages supplémentaires de la présente invention résident dans les exécutions et montages préférés. Ainsi la réalisation du support-déflecteur sous forme d'un disque épais muni d'un alésage central pour supporter la lance et d'alésages périphériques à axes obliques pour défléchir le flux d'air chaud et le rendre turbulent est d'une exécution particulièrement robuste et facile à réaliser. Il est par exemple faisable de réaliser ce disque en céramique réfractaire.

Ledit support-déflecteur peut être facilement ajusté dans l'ouverture d'une tuyère à une distance plus ou moins rapprochée de l'embouchure de la tuyère dans le creuset.

Il peut cependant aussi être placé directement en amont de la tuyère ce qui permet de ne pas devoir modifier cette dernière directement en amont de la tuyère. Dans ce cas, il pourra avoir un diamètre externe sensiblement plus grand que le diamètre interne de la tuyère, compte-tenu d'une déviation de l'air préchauffé vers l'axe de la tuyère.

Si le déflecteur-support est réalisé en céramique réfractaire, il peut être ajusté directement dans la gaine métallique du busillon ce qui permet de gagner éventuellement quelques centimètres sur le diamètre extérieur du busillon. Il convient de remarquer que le disque remplit alors une troisième fonction à savoir celle d'une isolation thermique locale.

Dans l'exécution décrite ci-avant le joint sphérique classique entre le nez du busillon et la tuyère pourra être supprimé pour rendre le déflecteur-support solidaire de la tuyère. Ceci permet de

garantir un centrage parfait de la tête de lance dans l'axe de la tuyère. Dans ce cas il faudra prévoir une articulation supplémentaire dans ladite tubulure d'injection d'air préchauffé à un endroit en amont de l'emplacement dudit déflecteur-support. Il peut ainsi être intéressant d'intégrer ledit déflecteur-support dans un manchon intercalaire fixé avec une extrémité sur la tuyère et disposant à l'autre extrémité d'une surface d'appui périphérique concave, ayant sensiblement la forme d'une couronne découpée dans une sphère dans laquelle le busillon vient s'appuyer avec son nez qui dispose d'une surface d'appui convexe complémentaire.

La présente invention propose aussi plusieurs exécutions avantageuses pour compenser les efforts que les déplacements angulaires relatifs des différents éléments de ladite tubulure d'injection d'air peuvent induire dans la lance et dans ses deux points de guidage.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description détaillée de plusieurs modes de réalisation présentés ci-après à titre d'illustration en se référant aux figures annexées dans lesquelles:

- la Figure 1 représente une coupe schématique d'une tubulure d'injection d'air préchauffé munie d'un brûleur selon la présente invention;
- la Figure 1a représente une coupe schématique du manchon d'introduction de la lance selon la Figure 1;
- la Figure 2 représente une vue en plan d'une première exécution d'un support-déflecteur selon la présente invention;
- la Figure 2a représente une coupe à travers le support-déflecteur de la Figure 2 (les aubes courbées servant d'entretoises ne sont pas représentées);
- les Figures 3a et 3b représentent resp. une vue en plan et une coupe brisée selon la ligne A-A' d'une seconde exécution d'un support-déflecteur selon la présente invention;
- les Figures 3c et 3d montrent des coupes brisées selon des variantes d'exécution du support-déflecteur des figures 3a et 3b ;
- la Figure 4 représente schématiquement la déviation des jets par le dispositif des Figures 3a, 3b, 3c et 3d;
- la Figure 5 représente un premier mode de montage du support-déflecteur;
- la Figure 6 représente un deuxième mode de montage du support-déflecteur;
- la Figure 7 représente un troisième mode de montage du support-déflecteur;
- la Figure 8 représente un quatrième mode de montage du support-déflecteur;

- la Figure 9 représente dans une coupe longitudinale à travers une tuyère une variante d'exécution du brûleur proposé;
- la Figure 10 représente une coupe transversale selon le plan de coupe (10, 10) repéré sur la Figure 9.

La Figure 1 est une coupe par un plan vertical à travers une paroi 14 d'un haut fourneau au niveau d'une tubulure 10 du type communément utilisé pour souffler de l'air préchauffé, c'est-à-dire du vent chaud, dans la partie supérieure d'un creuset de haut fourneau 12. Cette tubulure 10 comprend notamment une tuyère 16 pénétrant dans le creuset 12 avec son embouchure 17, un manchon cylindrique 20, appelé busillon, qui vient s'appuyer avec une extrémité sur la tuyère 16 et un coude 22 fixé à l'autre extrémité dudit busillon.

Un brûleur selon la présente invention comporte une lance d'injection de charbon pulvérisé 24 munie d'une tête de lance 28 avec un orifice de sortie 29, dont la construction est connue en soi, et une pièce 30 de conception nouvelle. Cette dernière supporte la tête 28 de la lance 24 dans l'axe de ladite tuyère 16 et constitue en même temps un déflecteur agissant sur le vent chaud pour le rendre fortement turbulent au voisinage de l'orifice de sortie de la lance.

Il s'ensuit que ladite lance, qui est introduite par un manchon 26 aménagé dans le coude 22 de la tubulure 10, est, aux erreurs d'alignement près, coaxiale au busillon 20 et la tuyère 16. Elle est supportée, ou plutôt guidée, radialement par rapport à son axe O-O' à l'endroit de pénétration dans le coude 22 par le manchon 26, et à proximité immédiate de son orifice de sortie 29 par ladite pièce 30, tout en pouvant se déplacer suivant ledit axe O-O'.

Dans une exécution préférentielle la pièce 30, montrée en détail par les Figures 3a et 3b a la forme d'un disque 32 qui dispose d'une surface amont 34 faisant face au flux d'air chaud s'écoulant à travers le busillon, et une surface aval 36 orientée vers l'embouchure 17 de la tuyère dans le creuset et parallèle à la surface 34. Ces deux surfaces 34 et 36 sont reliées par une surface latérale 38 qui dans le cas de la Figure 3b est cylindrique. La Figure 3c montre une variante d'exécution qui se distingue par le fait que les surfaces amont 34 et aval 36 sont reliées par une surface latérale 38 qui a sensiblement la forme d'une couronne sphérique. L'utilité de cette surface sphérique sera expliquée dans la suite.

Un alésage central 40 coaxial au disque relie ladite surface amont 34 à ladite surface aval 36. Son diamètre est légèrement plus grand que celui de la lance 24 afin de garantir un certain jeu radial entre la tête 28 de la lance 24 et ladite pièce 30. Du côté de la surface amont 34, l'alésage 40 est

avantageusement muni d'une fraisure tronconique 41 afin de faciliter l'introduction de la lance 24.

Autour de l'alésage 40 sont disposés plusieurs alésages périphériques 42 destinés à diviser le flux d'air chaud heurtant la surface amont 34 en plusieurs jets. Dans l'exécution des Figures 3a, 3b et 3c on a prévu quatre de ces alésages 42, rien n'empêche cependant d'en prévoir par exemples six ou huit ou un autre nombre. Ces alésages 42, qui traversent toute l'épaisseur du disque 32, sont caractérisés en ce que leur axe est incliné vers l'axe du disque dans le sens d'écoulement de l'air préchauffé. De cette façon les jets d'air obtenus à la sortie de la pièce 30 sont dirigés vers le jet de charbon qui est à la sortie de l'orifice 29 de la lance 24 coaxial au disque. Afin de diminuer la résistance à l'écoulement du vent chaud, ces alésages 42 peuvent être avantageusement réalisés de façon à avoir la forme d'un crâne oblique tronqué dont la grande base découpe ladite surface amont 34 et la petite base ladite surface avale 36 du disque.

Dans les exécutions préférentielles montrées sur les Figures 3a, 3b, 3c et 3d les axes desdits alésages périphériques sont non seulement inclinés vers l'axe du disque dans le sens d'écoulement de l'air préchauffé, mais ils sont également inclinés circonférentiellement. Cette exécution peut être décrite plus explicitement comme suit : les axes des quatre alésages périphériques (cylindriques ou coniques) déterminent quatre premiers points d'intersection situés à 90° l'un de l'autre avec une première circonférence de diamètre D_1 centrée sur ladite surface amont 34 du disque 32 et quatre seconds points d'intersection avec une seconde circonférence de diamètre D_2 plus petit que D_1 centrée sur ladite surface avale 36 du disque, de façon que l'angle trigonométrique α (α), défini par les deux plans passant par l'axe de révolution du disque et resp. par le premier et le second point d'intersection appartenant à un même axe, soit le même pour tous les alésages périphériques 42 du disque 32.

La déviation des jets d'air obtenue par ce disque est montrée de façon schématique par la Figure 4. Pour des raisons de facilité lesdits jets sont représentés par de simples flèches (60_1 , 60_2 , 60_3 , 60_4) dans une vue isométrique. Les circonférences 62, 64 représentent resp. ladite première circonférence centrée sur la surface amont 34 du disque et ladite seconde circonférence centrée sur la surface aval 36 du disque. Les points (62_1 , 62_2 , 62_3 , 62_4) représentent les points d'entrée de l'air dans le disque et les points (64_1 , 64_2 , 64_3 , 64_4) les points de sortie. La Figure 4 montre que les jets ainsi déviés sont des génératrices d'un hyperboloïde de révolution coaxial au disque 32 et disposant d'un col 66. C'est-à-dire que les jets convergent

d'abord à la sortie du disque jusqu'audit col 66 pour ensuite diverger vers la paroi interne de la tuyère. Les points d'impacts des jets avec la paroi interne de la tuyère 16 sont représentés sur la Figure 4 par les points (68_1 , 68_2 , 68_3 , 68_4). A cet endroit le mouvement rectiligne des jets est transformé en un mouvement giratoire hélicoïdal. Rappelons que l'effet bénéfique de ce mouvement des quatre jets réside surtout dans la combinaison d'un premier mouvement convergent de l'air vers le jet de charbon pour faire éclater ce dernier, avec un deuxième mouvement divergent qui est transformé en un mouvement giratoire hélicoïdal, pour assurer un mélange intense du comburant et du combustible. Il est à remarquer que l'orifice de sortie 29 de la lance doit à cet effet être placé en amont du col 66 comme le montre la Figure 4.

La Figure 5 montre un premier mode de montage de la pièce 30. Sur cette figure cette pièce est ajustée dans l'alésage central d'une tuyère 16 dont on a augmenté les dimensions transversales pour ne pas trop augmenter la résistance à l'écoulement de l'air chaud au niveau de la pièce 30.

La Figure 6 montre un montage identique à celui de la Figure 5 où on a ajusté la pièce 30 plus à l'avant de la tuyère 16. Ceci permet de déplacer toute la combustion dans le creuset du haut fourneau, c'est-à-dire dans la zone directement voisine de l'embouchure de la tuyère. Vu que les gaz de combustion ne s'écoulent plus à l'intérieur de la tuyère, le diamètre interne de celle-ci ne doit pas nécessairement être augmenté, ce qui permet d'utiliser une tuyère dont le gabarit extérieur est identique à celui d'une tuyère classique.

La Figure 7 montre un montage dans lequel la pièce 30 est ajustée dans le busillon 20 directement en amont de la tuyère 16. Ce montage permet de travailler avec une tuyère 16 qui a un gabarit sensiblement identique à celui d'une tuyère classique, elle peut donc être utilisée avec des tympes 18 déjà installées sur un haut fourneau. Le busillon 20 formé d'un manteau métallique extérieur 91, et d'un revêtement réfractaire interne 89 est fixé par une bride 90 solidaire dudit manteau 91 à la tuyère 16. On remarque qu'à l'endroit où la pièce 30 est ajustée dans le busillon le réfractaire 89 a été enlevé de façon que la pièce 30 soit directement ajustée dans le manteau métallique extérieur 91. Lorsqu'on choisit un matériau céramique réfractaire pour fabriquer la pièce 30 celui-ci remplace en effet localement ledit revêtement réfractaire 89.

La Figure 8 montre un mode de montage analogue au précédent. La pièce 30 n'est cependant pas ajustée dans ledit busillon 20, mais dans un manchon métallique intermédiaire 80 qui est fixé avec son extrémité avale à l'aide d'une bride 82 sur ladite tuyère 16. A l'autre extrémité ledit man-

chon 80 est muni d'une surface d'appui périphérique concave 84, ayant sensiblement la forme d'une couronne découpée dans une sphère dans laquelle le busillon 20 vient s'appuyer avec son nez 86 qui dispose d'une surface d'appui convexe complémentaire à la surface 84. On rétablit ainsi le joint sphérique classique qui a fait ses preuves pour le raccord du busillon à la tuyère.

Reste à remarquer que dans tous les montages prédécrits la pièce 30 doit être bloquée par des moyens appropriés pour éviter une rotation autour de la lance, car la pièce 30 est soumise à des forces circonférentielles non négligeables dues à la déviation circonférentielle desdits jets.

Vu que la fabrication de la pièce 30 ne nécessite que des opérations d'usinage très simples elle peut être facilement usinée par exemple dans un matériau céramique réfractaire.

Un problème qui ne doit pas être perdu de vue est la compensation des efforts que les déplacements angulaires relatifs des différents éléments de ladite tubulure d'injection d'air préchauffé 10 peuvent induire dans la lance et dans ses deux points de guidage radial à savoir dans le manchon 26 et dans la pièce 30. En effet dans les montages représentés par exemple sur les Figures 5, 6 et 8 la pièce 30 qui sert de premier appui à la lance 24 est solidaire de la tuyère tandis que le manchon 26 qui sert de second appui est solidaire du coude 22. Or, ce dernier peut se déplacer dans une certaine mesure angulairement par rapport à ladite tuyère, tandis que la lance est radialement bloquée dans ses appuis.

Pour compenser ce déplacement angulaire relatif du coude et de la tuyère on peut par exemple prévoir une articulation du manchon 26 par rapport au coude 22. Une telle articulation est représentée schématiquement, à titre d'exemple, sur la Figure 1a, où on voit que le manchon 26 est relié au coude 22 par l'intermédiaire d'un compensateur à soufflets 27.

On peut également prévoir une articulation de la pièce 30 par rapport à la tuyère 16 ou par rapport audit manchon intermédiaire 80 de la Figure 8. Cette articulation peut être simplement réalisée par une pièce 30 telle que représentée par la Figure 3c et qui a déjà été décrite plus haut. La surface annulaire sphérique 38 permet alors à ladite pièce 30 de se placer d'une façon légèrement oblique dans la tuyère, le busillon ou le manchon, dans le cas où l'axe de la lance ne serait pas alignée avec l'axe de la tuyère ou l'axe du busillon.

Il est cependant aussi possible d'exécuter l'alésage 40, qui sert de support à la lance, légèrement plus grand que le diamètre extérieur de celle-ci afin de permettre à la lance de se placer obliquement dans cet alésage 40. D'une façon préférentielle l'alésage 40 peut être réalisé (comme montré

à la Figure 3d) de façon à présenter en direction de ladite surface amont 34 vers ladite surface avale 36 une partie convergente, un col légèrement plus grand que le diamètre de la lance et une partie divergente. La lance logée dans ledit col peut alors être facilement inclinée par rapport à l'axe du disque.

Reste à noter que dans l'exécution selon la Figure 7 les deux appuis de la lance, à savoir la pièce 30 et le manchon 26 sont fixes l'un par rapport à l'autre. Ceci serait aussi le cas dans une exécution (non représentée) où ledit busillon, comprenant ladite pièce 30 qui est placée légèrement en retrait, serait articulé par un joint sphérique avec ladite tuyère.

L'exécution dudit support-déflexeur sous forme d'un disque tel que représenté par les Figures 3a, 3b, 3c et 3d constitue une réalisation préférentielle qui, on l'a vu plus haut, a maints avantages dont, par exemple, sa robustesse et la simplicité avec laquelle elle peut être fabriquée. Il est cependant aussi possible d'adopter une forme plus compliquée, c'est-à-dire plus aérodynamique pour ledit support-déflexeur. La Figure 2 montre à titre d'exemple un support déflexeur 50 qui comprend un anneau extérieur 52 et anneau intérieur 54, et des aubes courbées 58 reliant ces deux anneaux. L'anneau extérieur 52 peut être ajusté par exemple dans la tuyère 16. L'anneau intérieur 54 supporte la lance dans son alésage central 56. Les aubes 58 jouent le rôle d'entretoise entre les deux anneaux 52 et 54 et confèrent par leur forme aérodynamique en même temps au flux d'air chaud un mouvement giratoire autour de l'axe de la lance.

Les Figures 9 et 10 montrent une autre variante d'exécution du brûleur pour four à cuve proposé. La référence 116 repère une tuyère spéciale munie d'une chambre cylindrique amont 118, de diamètre légèrement plus grand que l'orifice de sortie aval 117 de la tuyère. Dans cette chambre 118 est ajusté un déflexeur-support 130 de façon à pouvoir coulisser axialement dans la chambre 118.

La référence 124 repère une lance d'injection de charbon pulvérisé dont la tête de lance 128 est intégrée dans le déflexeur-support 130. Ce dernier est par conséquent solidaire de la lance 124 et peut être déplacé axialement dans la chambre 118 par un déplacement axial de la lance 124. Sur la Figure 9 le déflexeur-support est montré en traits pleins dans une position avale, dans laquelle il prend appui sur un épaulement 119 délimitant axialement la chambre 118 du côté de l'orifice de sortie aval 117, et en traits interrompus à proximité d'une section d'entrée amont de la chambre 118.

Il sera noté que le déflexeur-support 130, représenté sur la Figure 9, a la forme d'un tronc de cône s'évasant en direction de l'écoulement de l'air préchauffé à partir de la tête de lance 128 pour

prendre appui, par l'intermédiaire d'une surface périphérique 138 sur une surface cylindrique délimitant la chambre 118. Cette forme du déflecteur-support 130 a, entre autres, l'avantage de faciliter l'agencement autour de la tête de lance 128 d'alésages périphériques 142' et 142'', effectués dans le déflecteur-support 130 pour diviser le flux d'air préchauffé en plusieurs jets et pour orienter ces jets isolés en direction du flux de charbon pulvérisé. On constatera que dans le déflecteur-support 130 il y a deux ensembles d'alésages périphériques 142' et 142'', tels que décrit plus haut à l'aide des Figures 3a et 4, et que les alésages 142'' sont agencés autour des alésages 142'. Cette disposition permet d'obtenir une turbulence particulièrement élevée de l'air préchauffé.

La présente invention contribue sans aucun doute à mieux maîtriser les divers problèmes liés à l'injection du charbon pulvérisé dans le creuset d'un haut fourneau ou d'un four à cuve. Il sera surtout apprécié que la solution proposée constitue par sa simplicité et sa conception astucieuse une solution particulièrement adaptée à l'environnement exigeant d'un haut fourneau. Le lecteur averti saura aussi apprécier les multiples effets bénéfiques que la présente invention apporte en ce qui concerne l'optimisation du mécanisme de combustion de charbon pulvérisé dans le creuset d'un haut fourneau.

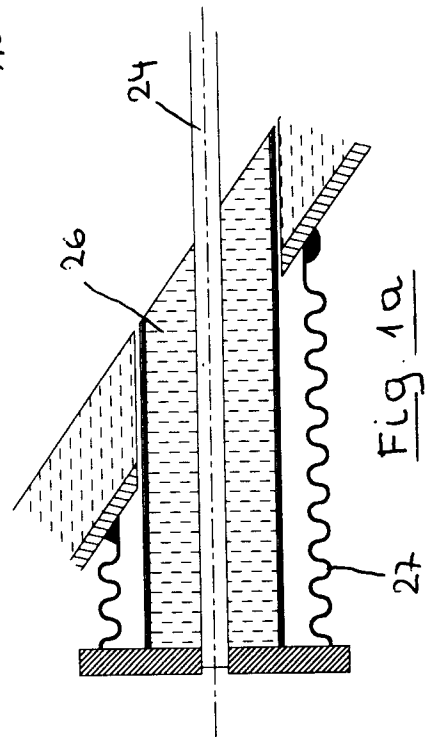
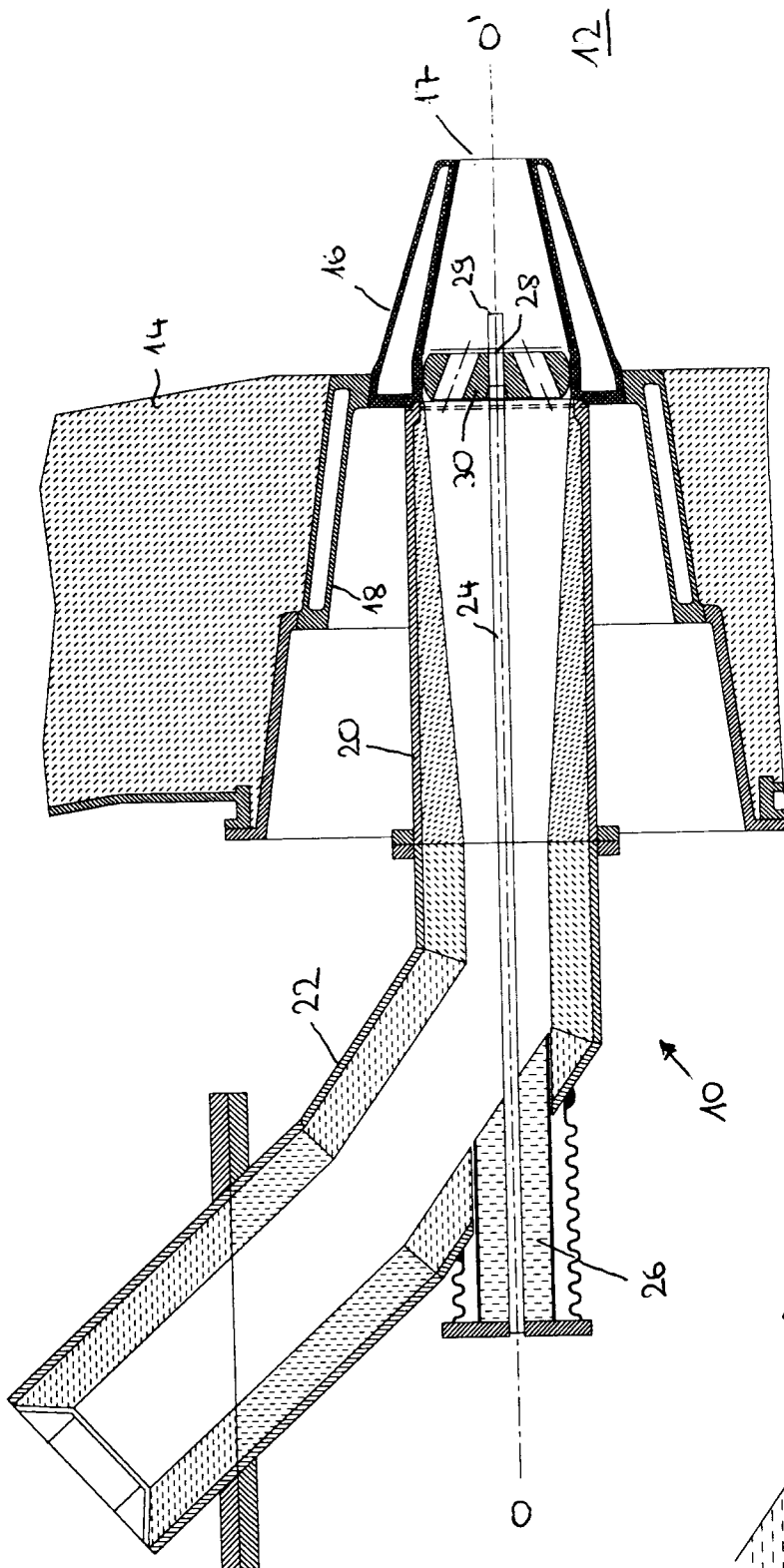
Revendications

1. Brûleur pour un four à cuve, en particulier un brûleur de charbon pulvérisé destiné à être monté dans une tubulure d'injection (10) d'air préchauffé dans un creuset (12) d'un haut fourneau, cette tubulure comprenant au moins une tuyère (16) pénétrant dans le creuset (12), un busillon (20) s'appuyant sur la tuyère (16) et un coude (22) monté en amont du busillon (20), ledit brûleur comprenant une lance d'injection (24) de charbon pulvérisé avec une tête de lance (28) munie d'au moins un orifice de sortie (29) pour le charbon pulvérisé, ladite lance (24) étant placée axialement ou quasi axialement dans ledit busillon (20) de façon que ledit orifice de sortie (29) de la lance (24) se situe à l'intérieur de ladite tuyère (16) à une distance L de l'embouchure (17) de la tuyère dans le creuset (12), ledit brûleur étant **caractérisé en ce que** la tête (28) de ladite lance (24) est supportée dans l'axe de ladite tuyère (16) par une pièce (30) montée, soit dans ladite tuyère (16), soit directement en amont de ladite tuyère (16), et en ce que cette pièce (30) constitue en même temps un déflecteur pour l'air préchauffé, de façon à le rendre fortement turbulent au voisinage du ou des

orifices (29) de sortie de la lance (24).

2. Brûleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite pièce (30), qui sert de support à la tête de lance et de déflecteur pour l'air préchauffé, a la forme d'un disque épais, qui est, soit ajusté dans la tuyère (16), soit monté directement en amont de cette dernière (16), ledit disque (32) comportant une surface amont (34) et une surface aval (36), lesdites surfaces (34 et 36) étant reliées par un alésage central (40), coaxial à la tuyère (16), dans lequel la lance (24) est supportée et par plusieurs alésages périphériques (42), disposés autour de l'alésage central (40), et dont les axes sont inclinés vers l'axe de la tuyère dans le sens de l'écoulement de l'air préchauffé.
3. Brûleur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits alésages périphériques (42) ont la forme d'un cône oblique tronqué, dont la grande base découpe ladite surface amont (34) et la petite base ladite surface avale (36) du disque (32).
4. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** ladite surface avale (36) et ladite surface amont (34) du disque (32) sont reliées par une surface latérale (38) qui a sensiblement la forme d'une couronne sphérique.
5. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** ledit alésage central (40) a un diamètre légèrement plus grand que le diamètre extérieur de la lance (24), afin de permettre à la lance (24) de se placer obliquement dans cet alésage (40).
6. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** ledit alésage central (40) présente, en direction de ladite surface amont (34) vers ladite surface avale (36) une partie convergente, un col légèrement plus grand que le diamètre de la lance et une partie divergente.
7. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** ledit disque (32) comporte n alésages périphériques L dont les n axes déterminent n premiers points d'intersection avec une première circonférence de diamètre D_1 centrée sur ladite surface amont (34) du disque et n seconds points d'intersection avec une seconde circonférence de diamètre D_2 plus petit que D_1 centré sur ladite surface aval (36) du disque, en ce que lesdits premiers points d'intersection sont cha-

- que fois espacés d'un angle de $360^\circ/n$ et en ce que l'angle trigonométrique alpha, défini par les deux plans contenant l'axe de révolution du disque et passant respectivement par ledit premier et ledit second point d'intersection appartenant à un même axe, est le même pour tous les alésages périphériques (42) du disque (32).
8. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ladite pièce (30) est ajustée dans ledit busillon (20) directement en amont de ladite tuyère (16). 5
 9. Brûleur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ladite pièce (30) fait partie d'un revêtement réfractaire interne du busillon à cet endroit. 10
 10. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ladite pièce (30) est ajustée dans un manchon métallique intermédiaire (80) fixé avec une extrémité à la tuyère (16) et disposant à l'autre extrémité d'une surface d'appui périphérique concave (84), ayant sensiblement la forme d'une couronne découpée dans une sphère, dans laquelle le busillon vient s'appuyer avec son nez (86) qui dispose d'une surface d'appui convexe complémentaire. 15
 11. Brûleur selon l'une des revendications 8, 9 ou 10, **caractérisé en ce que** ladite pièce (30) a un diamètre externe sensiblement plus grand que le diamètre interne de la tuyère (16). 20
 12. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ladite pièce (30) est ajustée dans la tuyère (16) près de l'embouchure (17) de cette dernière, de façon que la combustion ait entièrement lieu dans le creuset (12). 25
 13. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ladite pièce (30) est réalisée en majeure partie en matériau céramique réfractaire. 30
 14. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** la distance L entre l'orifice de sortie (29) du charbon pulvérisé et l'embouchure (17) de la tuyère (16) est variable par déplacement axial de la lance (24). 35
 15. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** ladite lance (24) comporte un système d'injection d'oxygène. 40
 16. Brûleur selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** l'oxygène est injecté dans le jet de charbon pulvérisé directement à la sortie de ce dernier de la lance. 45
 17. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** l'air préchauffé est enrichi en oxygène en amont dudit déflecteur. 50
 18. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** ladite lance (24) est introduite par un manchon (26) aménagé dans le coude (22) dans le prolongement de l'axe du busillon (20) et en ce que le manchon (26) est articulé par rapport au coude 22. 55
 19. Brûleur selon la revendication (18), **caractérisé en ce que** ledit manchon (26) est fixé audit coude (22) par l'intermédiaire d'un compensateur flexible.
 20. Brûleur selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, **caractérisé en ce que** ledit manchon (26) permet un déplacement axial de ladite lance (24).
 21. Brûleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce (130), qui sert de support à la tête de lance et de déflecteur pour l'air préchauffé, est solidaire de la tête de lance (128).
 22. Brûleur selon la revendication 21, caractérisé en ce que la pièce (130) est ajustée dans une chambre cylindrique (118) de la tuyère (116), dans laquelle elle est déplaçable axialement par déplacement axial de la lance (124).
 23. Brûleur selon la revendication 21 ou 22, caractérisé en ce que la pièce (130) a la forme d'un tronc de cône creux s'évasant en direction du sens d'écoulement de l'air préchauffé.



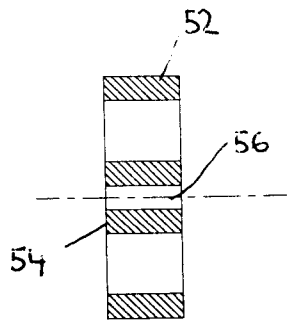


Fig 2a

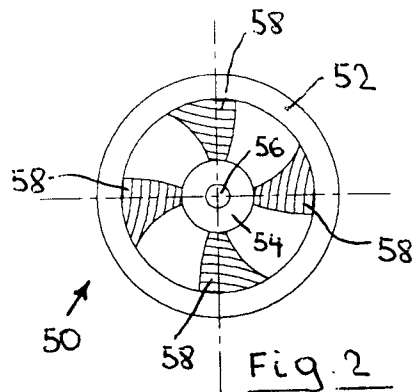


Fig. 2

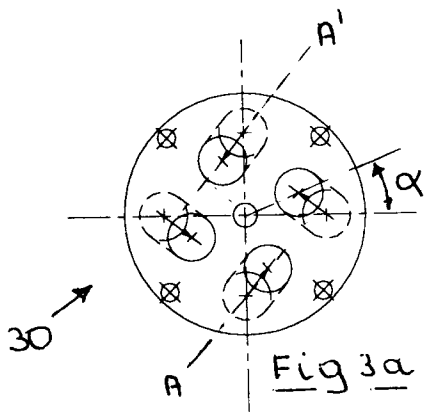


Fig 3a

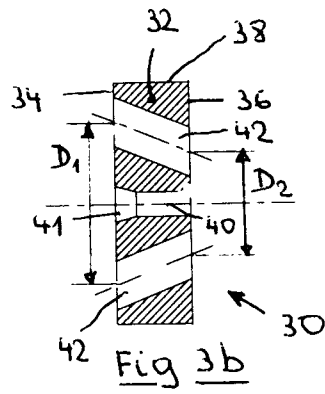


Fig 3b

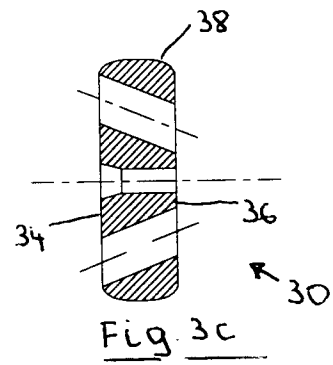


Fig. 3c

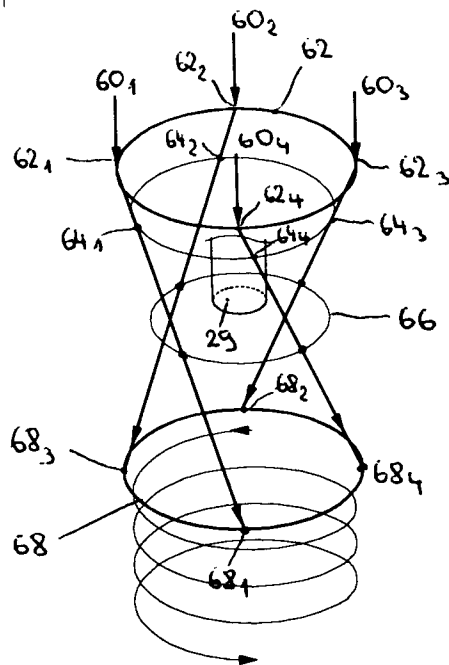


Fig 4

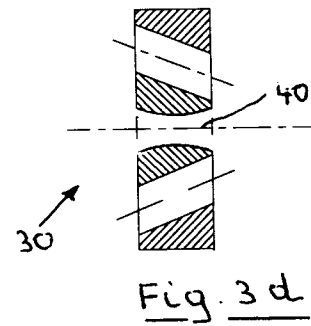
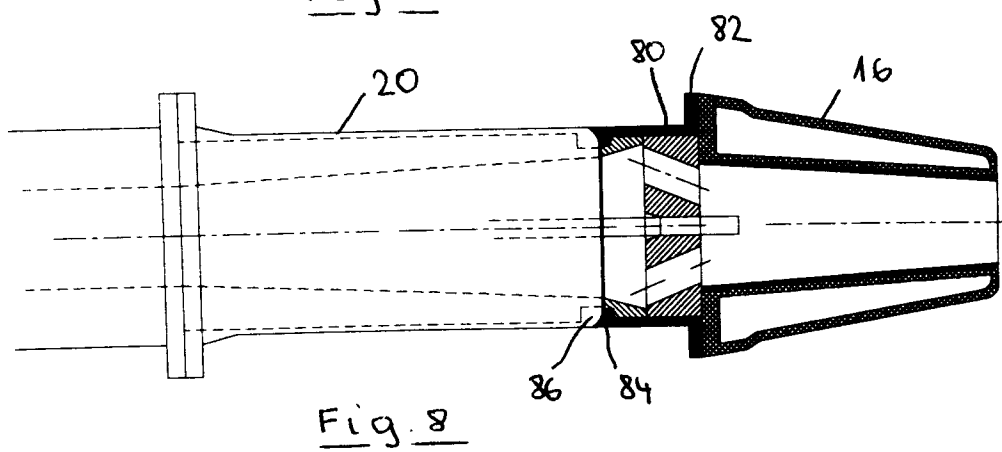
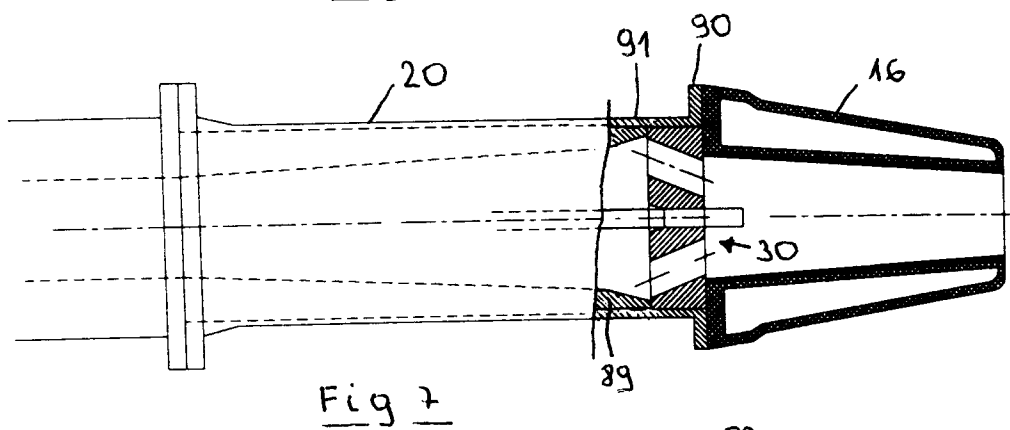
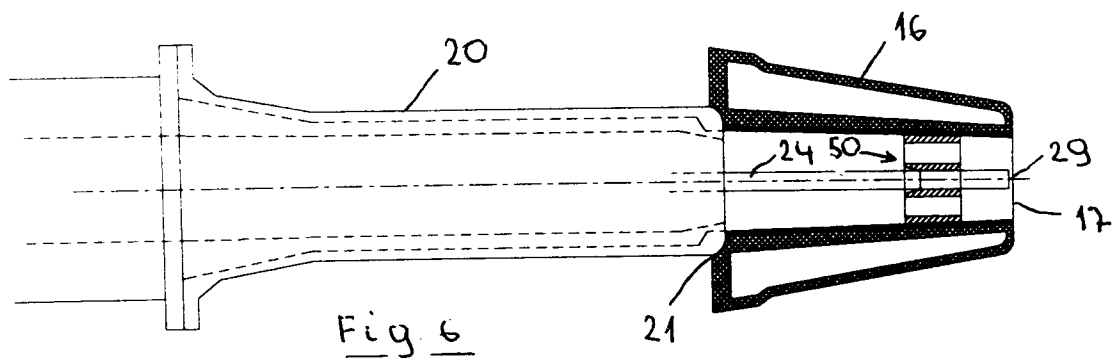
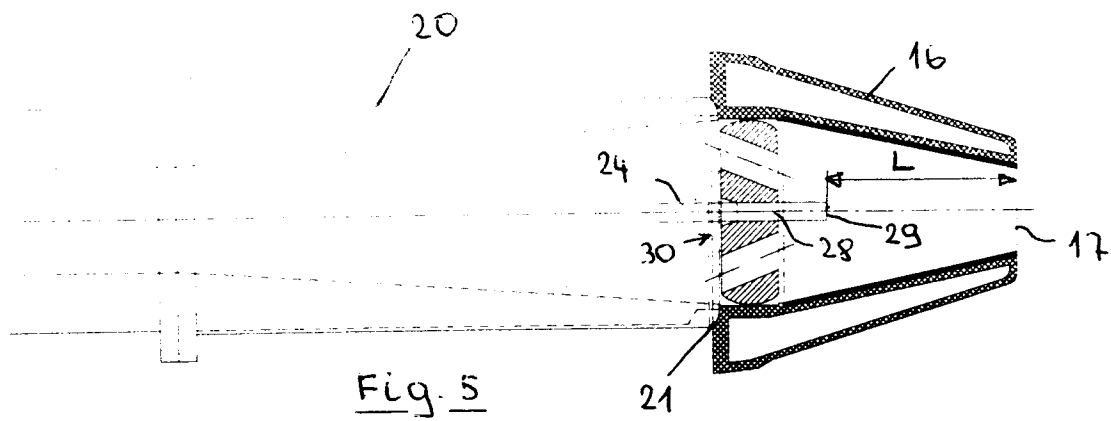


Fig. 3d



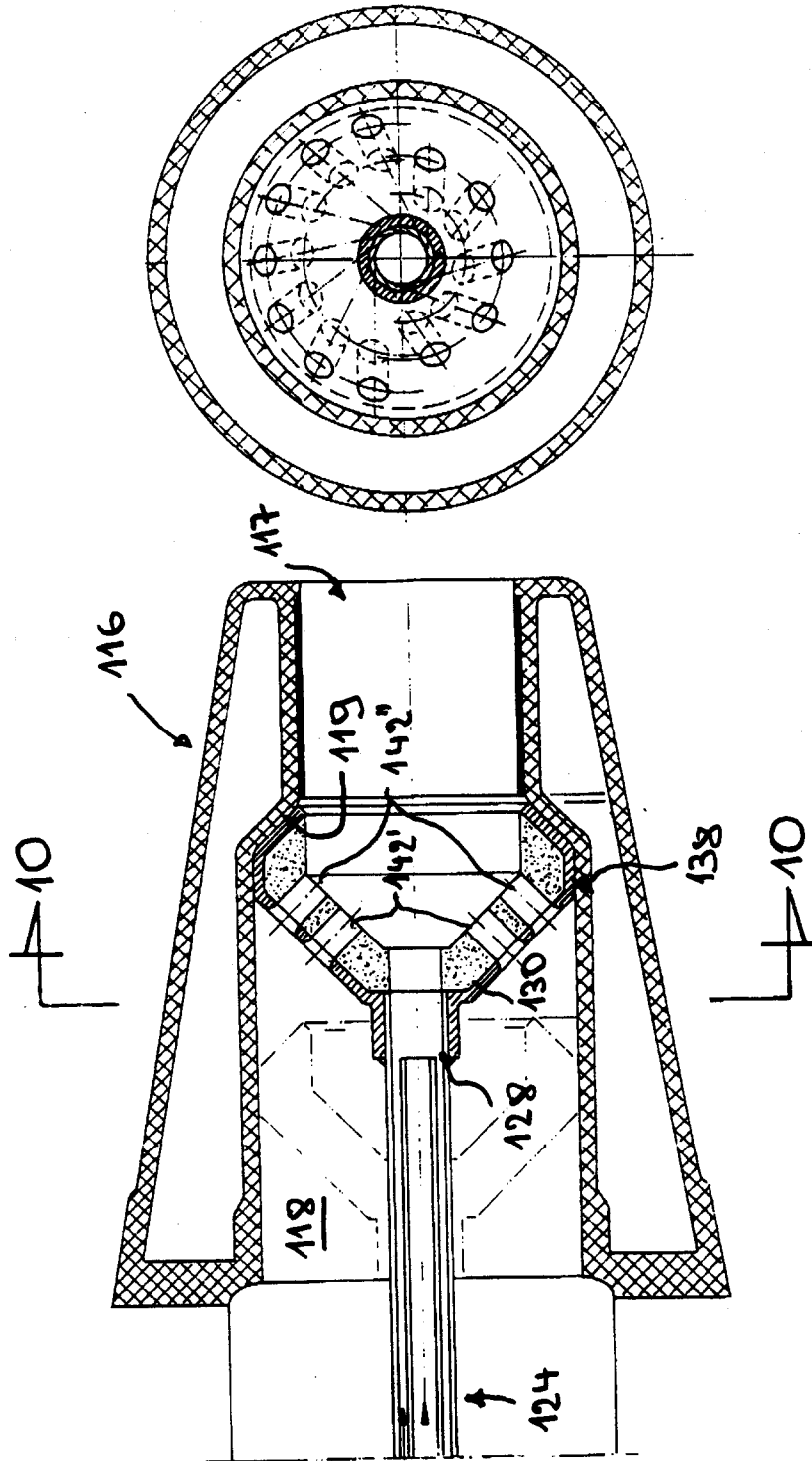


FIG. 10

FIG. 9