

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 157 691
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 85400529.5

(51) Int. Cl.: **B 01 F 5/04**, **B 01 F 3/04**,
F 23 D 11/34

(22) Date de dépôt: 20.03.85

(30) Priorité: 20.03.84 FR 8404281

(71) Demandeur: **COMPAGNIE FRANCAISE DE RAFFINAGE**
Société anonyme dite:, 5, rue Michel-Ange,
F-75781 Paris Cedex 16 (FR)

(43) Date de publication de la demande: 09.10.85
Bulletin 85/41

(72) Inventeur: **Tranie, Louis Augustin**, 9, rue Jéricault,
F-76600 Le Havre (FR)
Inventeur: **Toussaint, Michel Georges**, 11 Impasse Liard,
F-76600 Le Havre (FR)

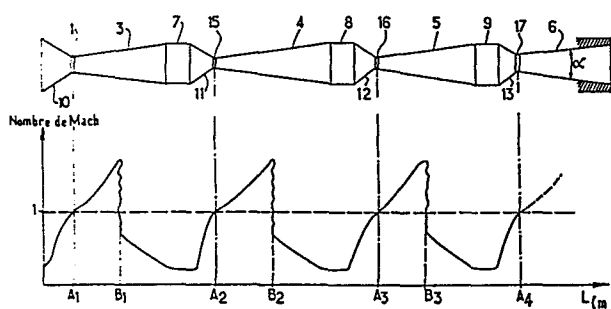
(84) Etats contractants désignés: **BE CH DE FR GB IT LI LU**
NL

(74) Mandataire: **Jolly, Jean-Pierre et al**, Cabinet **BROT et**
JOLLY 83, rue d'Amsterdam, F-75008 Paris (FR)

(54) **Dispositif de pulvérisation d'un liquide dans un flux gazeux à plusieurs venturis successifs et applications de ce dispositif.**

(57) L'invention concerne un dispositif de pulvérisation d'un liquide dans un flux gazeux.

Selon l'invention, ce dispositif comprend au moins deux venturis disposés coaxialement en série, dans lesquels s'écoule ledit flux gazeux, et, au col (1) du venturi disposé le plus en amont, au moins un moyen d'injection dudit liquide dans ledit flux gazeux, les dimensions des venturis étant telles que, dans chaque venturi, la vitesse du flux gazeux soit sonique au niveau du col (15, 16, 17) et supersonique en aval de celui-ci, sur une fraction du divergent (3, 4, 5, 6) qui suit ce col.



EP 0 157 691 A1

Dispositif de pulvérisation d'un liquide dans un flux gazeux à plusieurs venturis successifs et applications de ce dispositif

L'invention concerne un dispositif servant à pulvériser un liquide dans un flux gazeux, ledit dispositif comprenant plusieurs venturis disposés en série, dans lesquels le flux gazeux s'écoule à écoulement sonique au droit des cols des venturis et à écoulement supersonique dans une partie des divergents qui suit chaque col.

On connaît, dans la technique, des dispositifs de pulvérisation de liquide à tuyère, du type venturi c'est-à-dire comprenant une partie convergente, un col et une partie divergente - dans lesquels le fluide gazeux de pulvérisation s'écoule à vitesse sonique au niveau du col, et à vitesse supersonique en aval de celui-ci, dans le divergent, avec un brusque passage à une vitesse subsonique un peu plus en aval, avec production d'une onde de choc. Le liquide à pulvériser est généralement injecté au niveau du col du venturi et les gouttes qui résultent d'une première dispersion, sous l'effet du gradient de vitesse de l'écoulement gazeux au niveau du col, sont fractionnées plus en aval, sous l'effet de l'onde de choc en de multiples gouttelettes.

Divers types de brûleurs à combustible liquide ou d'injecteurs de charges dans les réacteurs chimiques utilisant des systèmes de pulvérisation de ce type ont été proposés, mais les tuyères ainsi réalisées ne permettent pas toujours d'obtenir un degré suffisant de finesse des gouttelettes et de dispersion de celles-ci pour obtenir un excellent rendement de réaction, notamment lorsque le combustible ou la charge est un dérivé pétrolier lourd à forte viscosité ou une suspension de particules solides dans un liquide.

D'autre part, les structures proposées sont généralement complexes, ce qui complique leur montage et démontage,

notamment sur les brûleurs en vue de l'entretien.

L'invention vise à remédier à ces inconvénients en proposant un appareil de pulvérisation qui, par sa simplicité de structure et de fonctionnement, soit bien adapté à l'injection de divers combustibles et qui, par ses orifices relativement grands par rapport aux dispositifs connus de ce type, limite les bouchages par les particules solides ou pâteuses et se prête à un entretien sans démontage. Cette invention vise en outre à proposer un appareil de pulvérisation utilisable pour toutes les applications dans lesquelles une charge liquide doit être finement atomisée et donc vaporisée au contact d'une masse granulaire fluidisée chaude, telle que par exemple l'application à l'injection dans les réacteurs de craquage catalytique ou d'hydrocraquage.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de pulvérisation d'un liquide dans un flux gazeux, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux venturis disposés coaxialement en série, dans lesquels s'écoule ledit flux gazeux, et, au col du venturi disposé le plus en amont, au moins un moyen d'injection dudit liquide dans ledit flux gazeux, les dimensions des venturis étant telles que, dans chaque venturi, la vitesse du flux gazeux soit sonique au niveau du col et supersonique en aval de celui-ci, sur une fraction du divergent qui suit ce col et que, si l'on désigne par P_{i_n} la pression génératrice de fluide au col du venturi de rang n et par S_n la section dudit col, on a la relation

$$P_{i_n} S_n = P_{i_{n+1}} S_{n+1}$$

Le dispositif de pulvérisation selon l'invention permet d'obtenir des mélanges diphasiques (particules liquides-gaz) à haut degré de finesse, particulièrement adaptés à la combustion de dérivés lourds dans les brûleurs, puisque le temps de combustion des gouttes de combustibles est en première approximation proportionnel au carré de leur diamètre.

0157691

Ce type de dispositif est également particulièrement adapté à l'injection de charges pétrolières lourdes dans les réacteurs de conversion catalytique, tels que les réacteurs de craquage ou d'hydrocraquage, puisque la qualité de l'atomisation de ces charges permet une vaporisation presque instantanée des hydrocarbures dans la zone réactionnelle et donc une amélioration considérable de la qualité des transferts thermiques lors de la mise en présence avec les grains de catalyseur. Cette vaporisation instantanée permet en outre de limiter au strict minimum le cokage du catalyseur de craquage et de préserver les sites actifs de ce dernier d'où une meilleure activité et sélectivité.

Du fait de la finesse des particules de liquide produites, le dispositif de pulvérisation se prête également à l'injection de produits liquides dans tout autre réacteur dans lequel il faut atomiser le plus finement possible une charge telle qu'une charge lourde avec un fluide auxiliaire.

Il est également possible d'associer ce pulvérisateur à un pulvérisateur "mécanique" (c'est-à-dire fonctionnant uniquement à l'aide de la pression du combustible) et qui serait situé en amont, l'ensemble formant un système de pulvérisation dit "mécanique assisté".

Ces applications du dispositif de pulvérisation selon l'invention constituent d'autres objets de la présente invention.

Afin de stabiliser le flux gazeux entre deux venturis successifs du dispositif, une partie cylindrique ou col sera de préférence interposé entre le divergent de chaque venturi et le convergent du venturi suivant.

A l'extrémité du divergent disposé le plus en aval du dispositif de pulvérisation, un diffuseur pourra être prévu, en vue de fractionner le flux gazeux en plusieurs jets,

avec un corps profilé à rayon de courbure variable, destiné à épanouir le jet final obtenu selon un angle donné, le profil étant défini de manière à éviter le décollement du jet.

5

Selon une caractéristique importante de l'invention, l'angle du convergent de chaque venturi sera compris entre 20 et 45° avec, de préférence, un profil de raccordement arrondi avec le col, et l'angle de chaque divergent sera
10 égal au plus à 14°. Le divergent peut d'ailleurs avoir un profil curviligne au lieu de tronconique. Le col cylindrique aura une longueur variable suivant les applications, mais d'au moins 3 fois le diamètre. La Demanderesse a en effet établi que, pour ces valeurs, il est encore possible
15 d'obtenir une vitesse proche de la vitesse sonique dans le premier col pour des pressions faibles de fluide gazeux, inférieures à 0,5 bar relatif (ou 1,5 bar absolu si la pression ambiante est de 1 bar). En effet, un angle faible du divergent inférieur ou égal à 14° - permet une recom-
20 pression de l'écoulement avec le minimum de perte de charge dans le divergent.

L'injection du liquide au niveau du col du premier venturi pourra s'effectuer de toute manière connue dans la techni-
25 que et diverses réalisations d'injecteurs seront décrites ci-après.

Diverses formes de mise en oeuvre de l'invention vont main-
tenant être décrites en référence aux dessins annexés, sur
30 lesquels:

La figure 1 est une représentation schématique du corps du
pulvérisateur.

35 Les figures 2a à 2e représentent différentes formes d'injecteurs au droit du col du premier venturi;

Les figures 3a et 3b représentent respectivement l'orifice

0157691

de sortie à corps profilé et un diffuseur placé à la sortie du dernier divergent du pulvérisateur;

La figure 4 est une représentation graphique de l'évolution
5 de la vitesse de l'écoulement dans les venturis successifs;

La figure 5 est une représentation graphique du diamètre
moyen de Rosin-Rammler en fonction du taux de fluide pour
un pulvérisateur selon l'invention (courbe (C)) et pour un
10 pulvérisateur d'un type connu désigné sous l'appellation
commerciale "Foyer-Turbine type MV" (courbe (C')); et

La figure 6 est une représentation graphique du diamètre
moyen de Rosin-Rammler en fonction du taux de fluide de
15 pulvérisation pour des dispositifs possédant de un à quatre
venturis successifs.

Le corps du dispositif de pulvérisation selon l'invention
est constitué, comme représenté figure 1, d'une série de
20 venturis, dont les convergents sont référencés respecti-
vement 10, 11, 12, 13, dont les cols sont désignés par 1,
15, 16, 17, et dont les divergents sont désignés par 3, 4,
5, 6. L'injection de liquide se fait au col 1 du premier
venturi; la sortie du mélange diphasique gaz (ou fluide de
25 pulvérisation) et liquide s'effectue à la fin du dernier
venturi. L'angle du convergent de chaque venturi est, dans
le cas présent, d'environ 27° et l'angle de chaque diver-
gent est de l'ordre de 14° (angle total au sommet). Le col
de chaque venturi est cylindrique et de longueur adéquate.
30 A la sortie de chaque divergent est disposé un corps cylin-
drique 7, 8, 9 respectivement, qui a pour but de stabiliser
l'écoulement avant d'aborder le convergent suivant.

Le diamètre du col de chacun des venturis est défini de
35 telle manière que, pour une première alimentation donnée du
fluide de pulvérisation, l'écoulement ait une vitesse soni-
que au droit de chacun des cols (figure 4, respectivement
en A_1 , A_2 et A_3 et A_4) et une vitesse supersonique dans

chaque divergent (respectivement de A_1 à B_1 , A_2 à B_2 et A_3 à B_3), la recompression s'établissant à travers une onde de choc droite (respectivement en B_1 , B_2 et B_3) qui favorise la pulvérisation du liquide.

5

A cet effet, partant d'une pression génératrice P_{i1} donnée au premier col de section S du premier venturi, la section S du col du second venturi est définie comme paramètre géométrique satisfaisant à la relation $P_{i1}S_1 = P_{i2}S_2$ où P_{i2} est la pression génératrice au niveau du col du second venturi, les vitesses d'écoulement de fluide au niveau des cols s'élevant à Mach 1 dans les conditions habituelles de fonctionnement. De même, on étend la relation à un venturi d'ordre n à savoir $P_{i1}S_1 = P_{in}S_n$ où P_{in} et S_n sont respectivement la pression génératrice de fluide et la section du col dudit venturi d'ordre n , dans le cas d'un écoulement adiabatique, c'est-à-dire sans échange de chaleur par les parois du pulvérisateur, ce qui est pratiquement le cas des pulvérisateurs de combustibles commerciaux. Les pressions génératrices au niveau des cols étant décroissantes de l'amont vers l'aval, ceci impose que les sections des cols soient croissantes de l'amont vers l'aval.

L'injection de liquide et de fluide de pulvérisation peut avantageusement être faite de manière connue en soi à l'aide d'un prémélange en amont du dispositif selon l'invention. L'injection de liquide peut en outre s'effectuer (figures 2a à 2e) au droit du col du premier venturi. Un injecteur donnant de bons résultats peut être constitué d'un tube 21 (figure 2a) coaxial au premier venturi, qui débite dans le même sens que l'écoulement du fluide de pulvérisation (azote dans le cas des essais de la Demanderesse, généralement de la vapeur dans l'industrie). Le diamètre de sortie de cet injecteur de liquide peut être variable (de 1 à 4 mm dans le cas des essais effectués par la Demanderesse), ce qui permet d'injecter une quantité de liquide donnée à des pressions différentes suivant le diamètre de l'injecteur.

L'écoulement annulaire du fluide de pulvérisation, autour de l'injecteur au droit du col, est sonique. Des variantes de ce type d'injecteur (qui donnent également de bons résultats) consistent à prolonger l'injecteur avec un corps central 22 en aval dans le divergent. L'injection de liquide se fait alors au travers d'orifices en forme de trous 24 (figure 2b) ou de fentes 23 (figure 2c) qui débitent transversalement à l'écoulement (sonique au col) du fluide de pulvérisation.

10

Une autre solution consiste à injecter le liquide au moyen d'orifices 25 (ou de fentes) perpendiculairement à l'écoulement (figures 2d et 2e), ces orifices étant situés sur la couronne extérieure au col 1 du premier divergent.

15

Suivant l'utilisation que l'on fait de cet injecteur (brûleur, atomisation à l'atmosphère, injection dans un réacteur chimique...), il peut être utile de répartir le mélange diphasique de différentes manières, suivant un certain angle.

20

Ainsi, l'orifice de sortie de l'injecteur peut être constitué par l'extrémité du divergent (figure 1), l'angle du jet diphasique étant sensiblement égal à l'angle du dernier divergent. Si l'on veut un angle de jet plus ouvert, l'extrémité 26 du divergent (figure 3a) peut être profilée de manière à ce que le fluide diphasique adhère à la paroi sur une certaine longueur. L'angle du jet α' est alors plus ouvert que l'angle α du divergent.

30

Si l'on veut contrôler de manière rigoureuse la dispersion du mélange dans l'espace, on peut scinder l'écoulement principal (figure 3b) en plusieurs jets (6 à 8 généralement) à travers les orifices 27, la section de passage S_{n+1} de l'ensemble desdits orifices étant supérieure à la section du col du dernier venturi n et répondant à l'expression $P_{i1} \cdot S_1 = P_{in} \cdot S_n = P_{in+1} \cdot S_{n+1}$. Ces orifices 27 sont orientés suivant un angle α'' , chaque orifice étant constitué d'un

35

simple trou ou bien d'une forme profilée (convergent, col, divergent).

5 Enfin, dans le cas où la longueur du dispositif de pulvérisation devrait être minimale, on peut remplacer les divergents coniques par des divergents à profil évolutif plus courts.

10 La figure 5 représente, à titre de comparaison, pour ce pulvérisateur (courbe (C)) et pour un pulvérisateur de type connu, désigné par l'appellation commerciale "Foyers Turbine type MV" (courbe (C')) le diamètre moyen de Rosin-Rammler en fonction du taux d'azote de pulvérisation, dans le cas d'essais effectués sur banc de pulvérisation, avec
15 de l'huile de viscosité 15 cSt et de l'azote comme fluide d'atomisation, dans des conditions de fonctionnement analogues.

20 En dessous de 5% de vapeur, les gouttes sont assez grosses. Par contre, dès que la consommation en fluide d'atomisation augmente, le pulvérisateur à cols soniques successifs selon l'invention donne des gouttes beaucoup plus fines que les pulvérisateurs de l'art antérieur (deux fois plus fines à 50% de vapeur).

25

La figure 6 montre enfin graphiquement les améliorations de la qualité de l'atomisation dues à l'augmentation du nombre de venturis successifs.

30 La comparaison de la courbe D (un seul venturi), avec les courbes E (deux venturis successifs), F (trois venturis successifs) et G (quatre venturis successifs) montre que, avec des injections de vapeur qui sont généralement de l'ordre de 5 à 30 %, la qualité de l'atomisation augmente
35 avec le nombre de venturis successifs.

Revendications

1. Dispositif de pulvérisation d'un liquide dans un flux gazeux, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux venturis disposés coaxialement en série, dans lesquels s'écoule ledit flux gazeux, et, au col (1) du venturi disposé le plus en amont, au moins un moyen d'injection (21) dudit liquide dans ledit flux gazeux, les dimensions des venturis étant telles que, dans chaque venturi, la vitesse du flux gazeux soit sonique au niveau du col et supersonique en aval de celui-ci, sur une fraction du divergent qui suit ce col, et que, si l'on désigne par Pi_n la pression génératrice de fluide au col du venturi de rang n et par S_n la section dudit col, on a la relation $Pi_n S_n = Pi_{n+1} S_{n+1}$.
2. Dispositif de pulvérisation d'un liquide dans un flux gazeux selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend, à la sortie de chaque divergent et entre chaque venturi, un corps cylindrique (7), (8), (9), apte à stabiliser l'écoulement avant le convergent suivant.
3. Dispositif de pulvérisation d'un liquide dans un flux gazeux suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend un diffuseur (20) situé à la sortie du dernier divergent.
4. Dispositif de pulvérisation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'angle du convergent de chaque venturi est compris entre 20 et 45° et l'angle de chaque divergent est au plus égal à 14°.
5. Dispositif de pulvérisation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen d'injection (21) comprend un corps central (22) situé dans l'ouverture du col (1).

6. Dispositif de pulvérisation selon la revendication 5, caractérisé en ce que le corps central (22) comprend un orifice (28) prévu pour débiter le liquide à pulvériser parallèlement et dans le sens de l'écoulement gazeux.

5

7. Dispositif de pulvérisation selon la revendication 5, caractérisé en ce que le corps central (22) comprend des orifices en forme de fentes (23) ou de trous cylindriques (24) prévus pour débiter le liquide à pulvériser transversalement à l'écoulement gazeux.

10

8. Dispositif de pulvérisation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'injection du liquide à pulvériser s'effectue perpendiculairement à l'écoulement gazeux au niveau du col (1) par des orifices (25) en forme de trous ou de fentes ménagés dans le col lui-même.

15

9. Dispositif de pulvérisation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'orifice de sortie comprend un corps profilé (26), dont le rayon de courbure est variable, destiné à épanouir le jet final obtenu selon un angle déterminé (α'), de manière à éviter le décollement du jet.

20

10. Dispositif de pulvérisation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le diffuseur (20) comprend plusieurs orifices (27) cylindriques ou profilés orientés selon un angle (α''), la section de passage de l'ensemble des orifices étant égale ou supérieure à la section du col du dernier venturi.

25

11. Application du dispositif de pulvérisation selon l'une des revendications 1 à 10, à l'alimentation d'un brûleur à combustible sous forme liquide ou de suspension solide dans un liquide.

30

2. Application du dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, à l'alimentation d'un réacteur chimique, notamment d'un réacteur de craquage catalytique ou d'hydrocraquage.

FIG.1

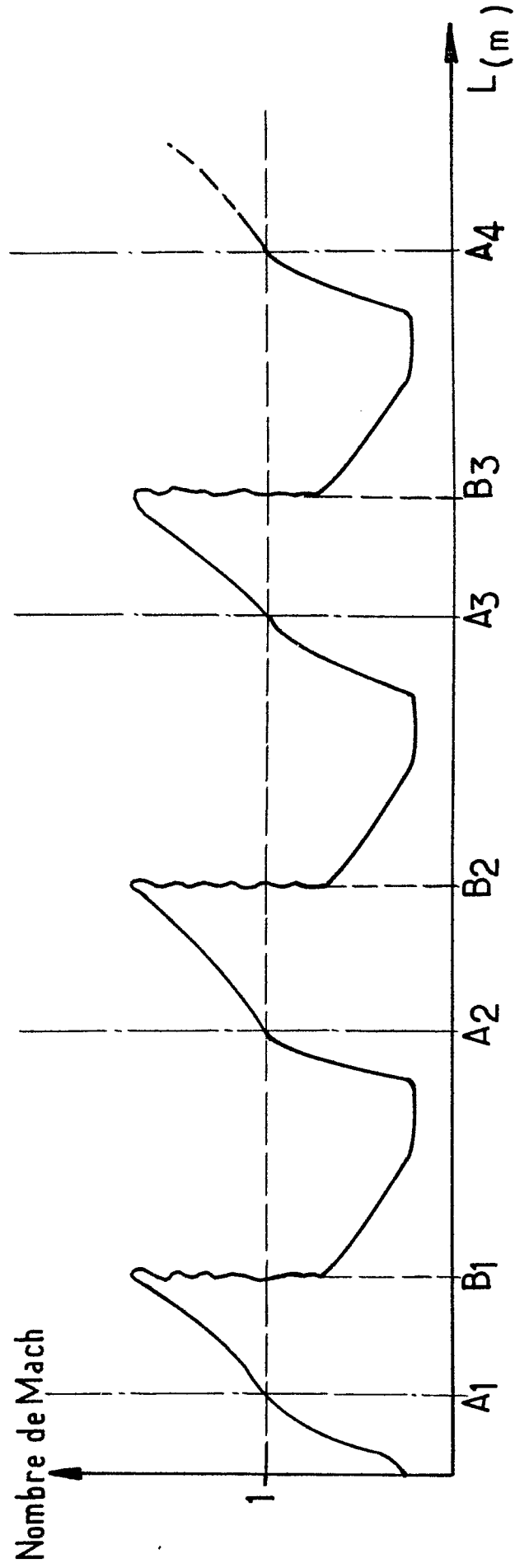
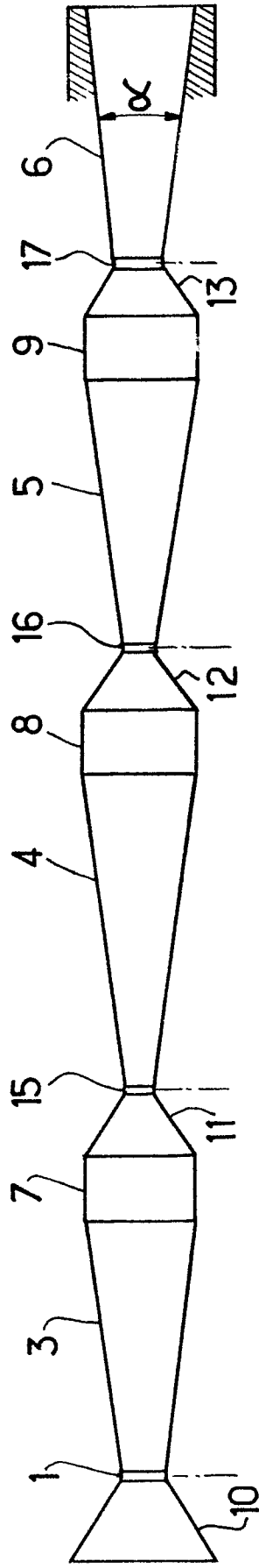


FIG.4

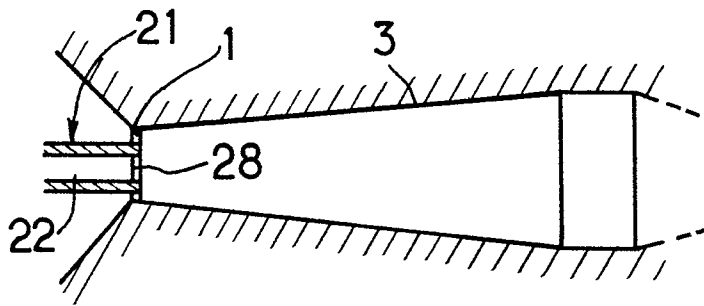


FIG. 2a

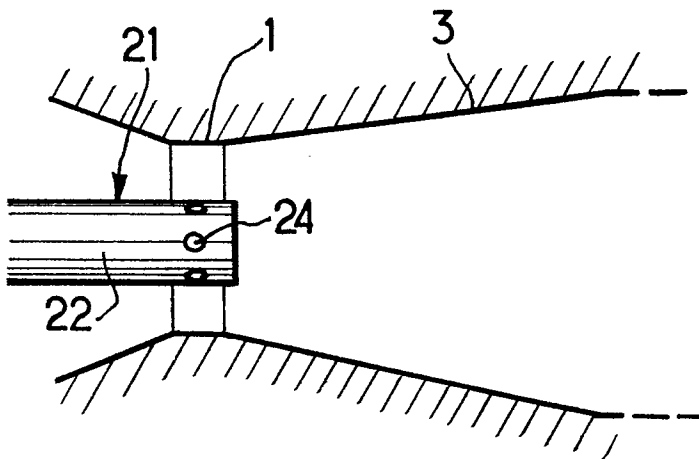


FIG. 2b

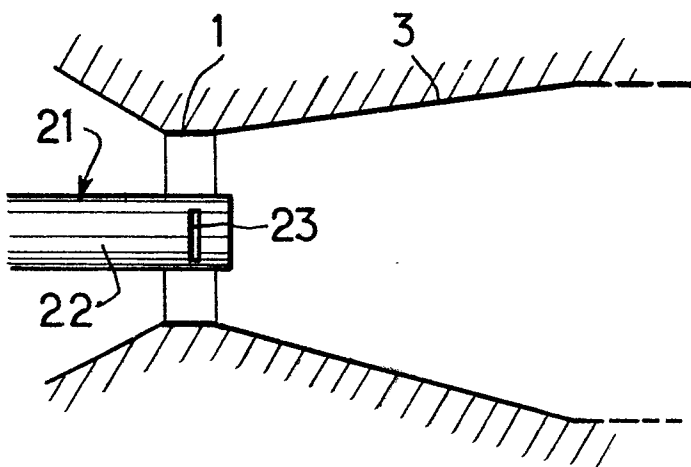


FIG. 2c

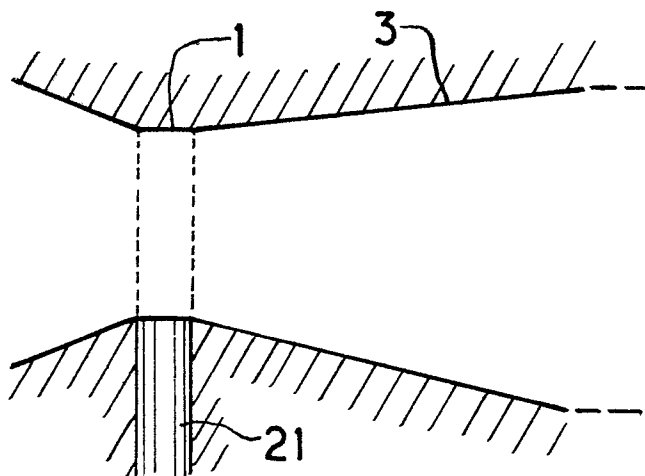


FIG. 2d

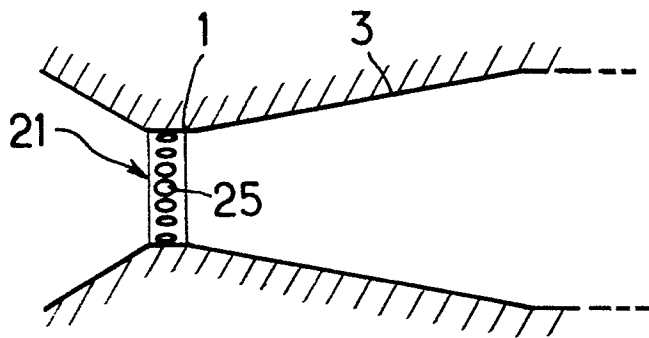


FIG. 2e

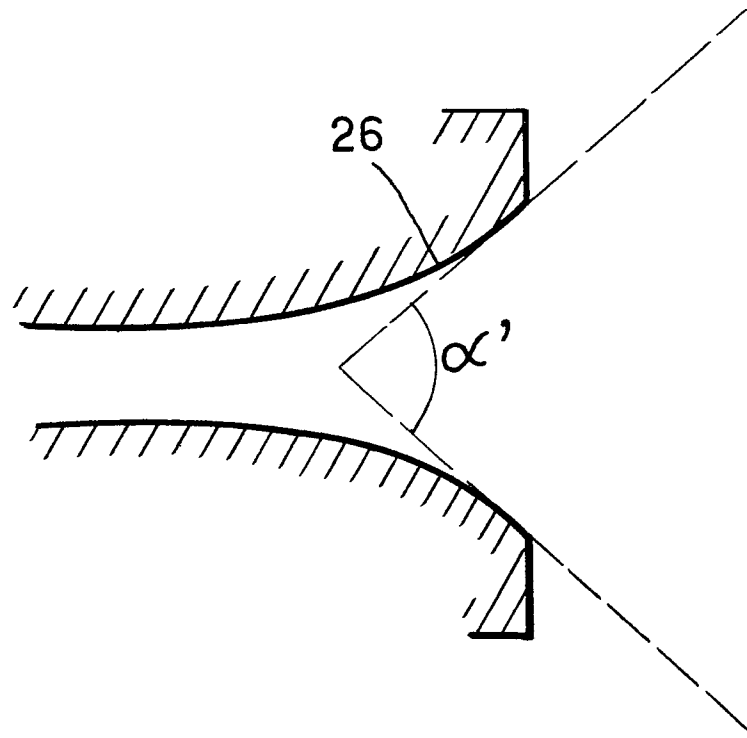


FIG. 3a

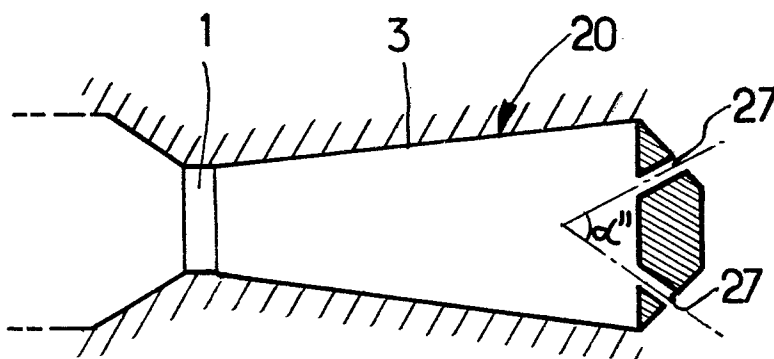
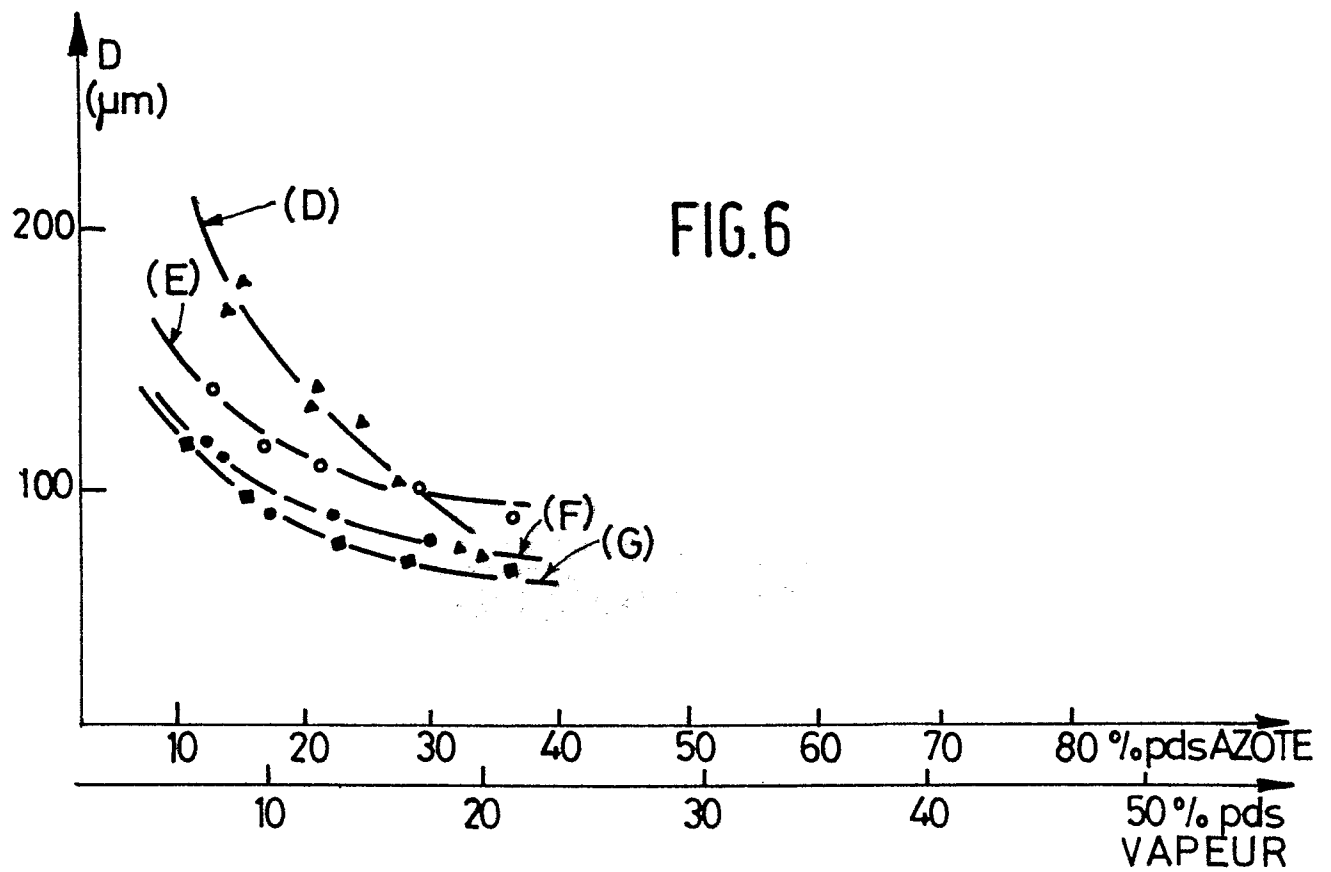
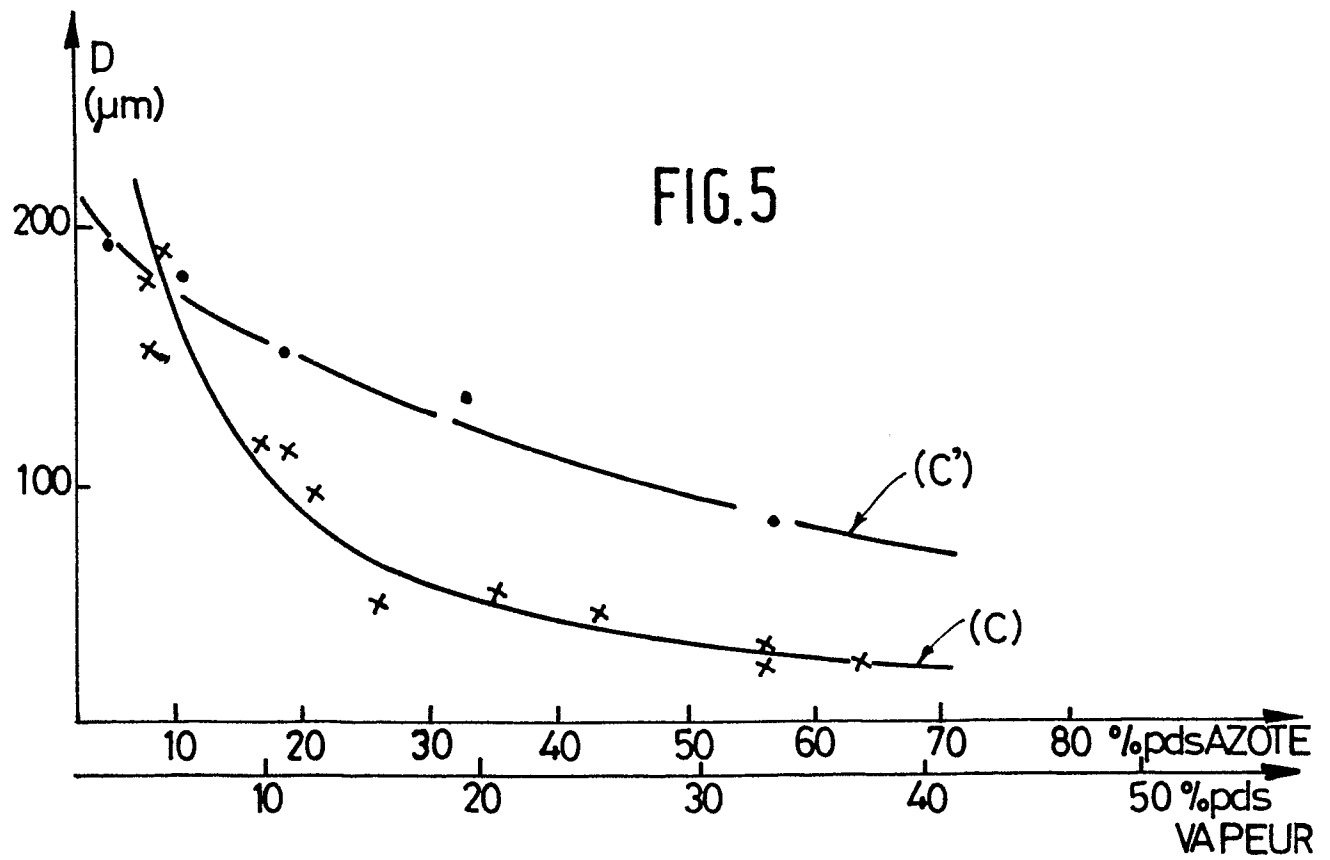


FIG. 3b





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0157691

Numéro de la demande

EP 85 40 0529

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
Y	FR-A-2 122 682 (INST. RECHERCHE DE LA SIDERURGIE FRANCAISE) * Page 4, ligne 35 - page 7, ligne 14; revendications et figures *	1-3, 5, 6, 8, 11	B 01 F 5/04 B 01 F 3/04 F 23 D 11/34
Y	--- INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, vol. 43, no. 7, juillet 1951, pages 1532-1538, Washington, US; P.J. SCHAUER: "Removal of submicron aerosol particles from moving gas stream" * Page 1534; figure 4; page 1535; figures 5, 6; page 1537; figure 8 *	1-3, 5, 6, 8, 11	
A	--- US-A-3 507 626 (I. VAN HORN) * Résumé; revendications; colonne 3, lignes 66-68; figure 2 *	7, 12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
A	--- GB-A- 125 809 (R.E. HOFFMANN) * Page 3, lignes 26-35; figure 1 et revendications *	10	B 01 F F 23 D B 05 B C 10 G
A	--- FR-A-1 451 539 (BERTIN)		
A	--- US-A-1 437 649 (D. GUELBAUM)		
	--- -/-		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-06-1985	Examineur VANHECKE H.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	DE-C- 265 585 (A.H. RASCHE)		

A	BE-A- 406 702 (AGHNIDES)		

A	US-A-1 678 225 (J.W. KINCADE)		

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-06-1985	Examineur VANHECKE H.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	