



(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
04.06.2003 Bulletin 2003/23

(21) Numéro de dépôt: **97931836.7**

(22) Date de dépôt: **01.07.1997**

(51) Int Cl.7: **B01F 5/04**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR97/01167

(87) Numéro de publication internationale:
WO 98/000227 (08.01.1998 Gazette 1998/01)

(54) **DISPOSITIF DE GENERATION DE MOUSSE**
SCHAUMSTOFFHERSTELLUNGSVORRICHTUNG
FOAM GENERATING DEVICE

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI SE

(30) Priorité: **01.07.1996 FR 9608162**
09.09.1996 FR 9610947
23.01.1997 FR 9700690

(43) Date de publication de la demande:
14.10.1998 Bulletin 1998/42

(73) Titulaire: **Heurtaux S.a.s.**
76410 Saint Aubin les Elbeuf (FR)

(72) Inventeur: **Klein, Christophe**
75018 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
WO-A-95/03129 **DE-B- 1 249 223**
FR-A- 2 301 710 **GB-A- 2 026 093**
GB-A- 2 189 843 **GB-A- 2 203 065**
US-A- 3 838 002 **US-A- 4 802 630**
US-A- 5 085 371

Description

[0001] La présente invention a pour objet un dispositif de génération de mousse et un appareil permettant de produire une mousse, un aérosol, une émulsion ou des bulles, comprenant une buse d'introduction du liquide, coaxiale à un étage venturi comprenant un convergent disposé en regard de la buse, et une entrée de gaz coaxiale à la buse correspondant avec le convergent et un divergent.

[0002] De multiples systèmes sont utilisés pour fabriquer de la mousse pour diverses applications où les propriétés physiques (faible densité et grande surface de contact, qualités tixotropiques) apportent une amélioration notable aux qualités intrinsèques du produit dispensé sous forme liquide. Des systèmes de production de mousse sont utilisés, par exemple, pour appliquer un produit actif sur une surface à nettoyer, dégraisser, aseptiser, dépolluer, désactiver chimiquement ou neutraliser.

[0003] Dans toutes les applications utilisant une mousse, il est toujours recherché une réduction de la dimension des bulles à proportion égale de gaz dans le liquide, cette diminution de la taille des bulles augmentant la surface de contact avec le milieu à traiter, par unité de masse du produit actif. De nombreux systèmes de dispersion de mousse utilisent une buse qui atomise le produit en sortie de l'appareil et provoque un effet moussant par la projection à vitesse élevée d'un grand nombre de fines gouttelettes contenant un produit moussant à l'impact.

[0004] Les systèmes de génération de mousse ont évolué dans les dernières années avec l'introduction de systèmes permettant, en particulier, l'introduction simultanée de gaz et de liquide dans un espace de dispersion liquide-gaz-liquide qui peut être réglable pour modifier la proportion de gaz introduit comme décrit dans WO 9531287. Même si la proportion de gaz peut ainsi être significative, il n'y a aucune action de division des bulles par cavitation et leur dimension reste visible à l'oeil nu.

[0005] D'autres, par exemple US-A- 5 085 371, font appel à des éléments mécaniques sous forme d'obstacles (une grille dans le document cité) ou de guides destinés à créer un régime tourbillonnaire et non laminaire favorisant le mélange gaz-liquide.

[0006] En fait, l'efficacité d'un tel système peut être facilement et complètement vérifiée par le pourcentage de produit actif nécessaire en solution pour accomplir une action donnée qui peut être quantifiée par unité de surface.

[0007] US 5085371 décrit un dispositif de formation de mousse tel que présenté dans le préambule de la revendication 1.

[0008] Ces solutions bien qu'améliorant de façon sensible la production de mousse par rapport à des systèmes plus primitifs ne réalisent pas un mélange et une finesse optimaux des bulles de gaz dans le liquide.

[0009] De plus, dans le cas d'utilisation d'une buse

d'atomisation, la mousse est toujours formée après la sortie du système ce qui induit une formation des bulles sous une pression statique atmosphérique et donc des dimensions de bulles importantes et la surface de contact et l'activité tensioactive de la mousse ne peut être optimisée.

Dans la plupart des systèmes de lavage utilisés, la buse de sortie est adaptée pour atomiser le fluide en augmentant les paramètres de pression et vitesse du fluide, ce qui conduit à un abaissement de la pression statique, l'énergie potentielle de la pression statique étant ainsi transformée en énergie cinétique.

[0010] Quand un fluide liquide-gaz passe dans le divergent, sa vitesse diminue et les conditions de pression statique dépassent une certaine valeur, les bulles de gaz ne peuvent plus continuer leur expansion, sous l'effet de la pression elles implosent alors et se divisent en plusieurs cavités de dimensions très inférieures. Cette implosion s'accompagne d'ondes de choc très importantes comparées avec les dimensions des cavités liées à une vitesse élevée des parois de ces mêmes cavités. Ce phénomène a été étudié en détail par Hamitt, «Cavitation and Multi-phase Phenomena», Mac-Graw Hill 1980. En particulier, il décrit les phénomènes de cavitation dans un divergent conique d'un tube de venturi. Mais dans la plupart des utilisations existantes, ce phénomène doit être évité sinon il nuit au bon fonctionnement des buses.

[0011] La présente invention a pour objet la formation d'une mousse d'une densité minimale, la plus homogène possible, utilisant le phénomène de cavitation qui était évité dans la technique antérieure. Avec un fluide contenant un produit tensioactif moussant, les valeurs de bon fonctionnement du système sont supérieures à 90% de volume gazeux dans le mélange final.

[0012] Selon l'invention, le dispositif de formation de mousse par effet Venturi, mélangeant un produit en phase liquide et un produit en phase gazeuse, comprenant une buse d'introduction du liquide, coaxiale à un étage venturi comprenant un convergent disposé en regard de la buse, dont le col est de diamètre « D » et une entrée de gaz coaxiale à la buse correspondant avec le convergent, le gaz étant aspiré par effet venturi dans un divergent et dirigé sur une chambre de mélange connectée à une sortie de mousse, est caractérisé en ce que le divergent du venturi comprend au moins deux zones de conicités progressives avec des ruptures entre les zones, provoquant avec la forme déterminée du venturi une cavitation et débouche dans une chambre de turbulences.

[0013] Le dispositif utilise la différence d'énergie cinétique entre celle du jet liquide incident libre émis par la buse, provoquant une dispersion conique qui entre en contact avec le convergent de diamètre de col « D » ce qui diminue la vitesse du mélange liquide-gaz en abaissant sa pression, et celle du mélange liquide-gaz, à plus basse pression, stockée sous forme d'énergie potentielle dans les bulles de gaz lors de l'aspiration dans le jet

et de la compression dans le convergent du venturi. Cette énergie est libérée sous forme d'énergie de cavitation dans le divergent du venturi comprenant des sections de conicités progressives ce qui crée le phénomène de cavitation dû à l'excès de gaz dans le liquide, associé à l'augmentation de la pression statique et à la diminution de la vitesse du fluide dans le divergent et dans la chambre de turbulences disposée en aval du divergent. Il se forme, par les ruptures de conicité, une zone turbulente dans le divergent qui est de plus soumise aux ondes de cavitation ce qui provoque la division des bulles jusqu'à des dimensions submillimétriques. Si des produits actifs et en particulier tensioactifs sont utilisés en concentration adaptée dans le mélange liquide-gaz on obtient une mousse de densité très faible, les produits chimiques actifs ayant été soumis aux forces de cavitation et par suite étant fortement ionisés et polarisés, avec une surface de contact importante due à la finesse des bulles, ce qui confère au mélange une activité exceptionnelle, résultant de ce que, lors de l'application du mélange à l'aide d'une buse, le jet est en fait constitué d'amas de bulles.

[0014] La présente invention utilise une buse créant un jet libre de faible conicité, un col convergent adapté à la dimension de ce jet suivi d'un divergent. L'ensemble permet de créer une aspiration de gaz en amont du col par effet Venturi et de créer avec le gaz ainsi aspiré les conditions d'une cavitation sur les parois dudit divergent. Au contraire des autres utilisations déjà décrites, ce divergent forme paroi d'entrée et de création de turbulences pour une chambre de turbulences.

[0015] Ladite chambre peut être avantageusement équipée d'un dispositif permettant d'exciter le mélange qu'elle contient avec des ondes ultrasonores dans la chambre de turbulences.

[0016] Un objet de la présente invention est un dispositif de production de mousse de faible densité, donc contenant une forte proportion de gaz et une grande surface de contact avec la surface sur laquelle elle est dispersée en sortie du système. Elle utilise les forces générées par les dépressions cavitantes, mêmes contrôlées dans une chambre de stabilisation, pour atomiser le liquide en le projetant.

[0017] La présente invention concerne en outre un appareil autonome de génération de mousse utilisant le dispositif ci-dessus, qui atteint une homogénéité et des dimensions réduites de bulles permettant au produit actif d'avoir une surface de contact et une action portées à des niveaux jamais atteints par les systèmes de production de mousse conventionnels.

[0018] Un autre objet de la présente invention est la production d'un mélange diphasique dans lequel la taille des bulles soit la plus petite possible, c'est-à-dire dans tous les cas d'un diamètre inférieur à 20 microns. Le couplage de la cavitation, de l'écoulement turbulent et éventuellement de l'apport d'énergie sous forme d'ultrasons permet une division maximale des bulles de gaz présent dans le fluide et la formation d'une mousse sta-

ble à la sortie de ladite chambre. Le dispositif, outre la formation de mousse permet de mélanger et de doser un fluide incident sous pression avec un gaz aspiré, de générer des bulles, des aérosols ou des émulsions.

[0019] Le volume du mélange augmentant très sensiblement au passage dans ladite chambre et sa vitesse sensiblement, il est nécessaire d'adapter sur l'arrivée haute pression une canalisation de retour qui permet une adaptation automatique du système, par régulation de débit, ladite régulation étant en soi connue.

[0020] L'adaptation du système est parfaitement réalisée si la dépression mesurée en amont du col de ladite tuyère en dehors du jet libre incident à haute pression est, (par exemple), supérieure à 1 bar ou plus généralement voisine du maximum pour le fluide considéré. La distance entre la sortie de la buse et le col a une influence sur la taille des cavités gazeuses admises dans le Venturi et la quantité de gaz admis, elle sera comprise selon l'invention entre 2.d et 20.d (si l'on appelle « d » le diamètre de sortie de la buse), le diamètre D du col sera compris selon la longueur dudit jet libre entre 1.d et 4.d.

[0021] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre d'un exemple de réalisation particulier donné uniquement à titre d'exemple non limitatif en regard des figures qui représentent :

- La figure 1, un mode de réalisation de l'invention vue en coupe ;
- la figure 2, le détail de réalisation du divergent du Venturi;
- la figure 3, une vue extérieure d'une réalisation de l'appareil selon l'invention,
- la figure 4, un mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, vu en coupe partielle, utilisant une charge pyrotechnique;
- la figure 5, un exemple d'application de l'invention à la production de micro-bulles.

[0022] Dans la réalisation de l'invention schématisée sur la figure 1, une buse 1 est adaptée pour disperser un fluide selon les paramètres de débit et de pression déterminés selon un cône d'angle au sommet de valeur faible ($<20^\circ$) et reçoit le fluide sous une pression d'arrivée élevée par un canal d'alimentation 9. Dans cet exemple, on pourra retenir une valeur de 100 bars à titre indicatif mais non limitatif ; des valeurs comprises entre 20 et 500 bars pouvant être spécifiques dans diverses applications. Sur la figure 1 l'élément actif comporte deux générateurs d'ondes ultrasonores 10 positionnés radialement sur la chambre de turbulences 4.

[0023] Le divergent comprend trois zones de conicités croissantes 14, 15, 16, la première zone 14 présentant un angle α_1 compris entre 0 et 10° . La seconde zone 15 présente un angle α_2 supérieur d'au moins 5° à l'angle α_1 présenté par la première zone, de sorte que les lignes de séparation des zones soient situées à des

distances comprises entre 2D et 4D pour la ligne 14,15, et entre 5D et 8D pour la ligne 15, 16 par rapport à la ligne X, 14, matérialisant la sortie du col X de conicité 0°. La troisième zone 16 présente un angle au sommet α_3 supérieur d'au moins 15° à la valeur de l'angle α_1 et inférieur à la valeur de l'angle α_1 plus 35° et est d'une longueur inférieure à 20D. Le divergent 13 comporte, de préférence, des discontinuités de surface telles que rayures ou quadrillages.

[0024] la chambre de mélange réglable en longueur par un filetage 21 est d'une longueur supérieure à 20D et débouche sur la sortie par un conduit (20).

[0025] Le fluide, constitué selon l'application de l'invention par un ou plusieurs principe(s) actif(s), en solution ou non, en émulsion ou non, contenant ou non un solvant ou tout autre liquide doté de caractéristiques physico-chimiques spécifiques ou adaptées à une application donnée, est éjecté en jet coaxial au tube Venturi 22.

[0026] Selon l'invention, le mélange des deux phases s'effectue en jet libre, c'est-à-dire que la pression statique exercée par le gaz sur le jet est celle du gaz en entrée des fentes 3 (ou d'une entrée des gaz pour alimenter le Venturi en gaz).

[0027] La figure 2 représente le détail d'une réalisation préférée du divergent du Venturi selon l'invention. Cette réalisation comporte trois conicités successives de valeur d'angle au sommet croissantes : α_1 , α_2 , α_3 .

[0028] La figure 3 représente un dispositif qui ne comporte pas d'excitateur à ultrasons mais comporte, comme dans la figure 1, une ouverture d'aspiration des gaz en forme de fente circulaire.

[0029] L'augmentation de la pression d'arrivée des gaz aide dans une certaine mesure à accroître la proportion de gaz admis dans le col 2. A titre d'exemple si le gaz est de l'air et que le jet incident est une solution aqueuse à la haute pression précitée, la mise en pression à 10 bars du gaz incident entraîne un gain de 50% au moins de la quantité de gaz admis. Au delà d'une certaine valeur et si l'on continue à augmenter ladite pression, son effet sur le jet libre devient neutre puis perturbateur, pouvant entraîner des phénomènes de turbulence dans le convergent 18 et même des phénomènes de cavitation au niveau du col pour des pressions élevées de gaz et de jet incident ce qui est indésirable.

[0030] La conformation du divergent et de la chambre de turbulence génèrent en amont du venturi une dépression importante qui permet un fonctionnement du système de production de mousse très bon et déjà nettement supérieur aux autres systèmes même sans surpression des gaz. L'avantage selon l'invention de l'introduction des gaz est d'introduire par ce moyen en entrée 3, des gaz ayant une action ou une activité spécifique à l'application du procédé. Par exemple, on pourra utiliser de l'ozone dans une application d'aseptisation voire dans certain cas de dépollution, on pourra utiliser des gaz halons dans une application de lutte contre l'incendie ou de l'azote voir protoxyde d'azote dans une appli-

cation d'émulsion alimentaire, cosmétique ou pharmaceutique.

[0031] Les cavités gazeuses qui se sont formées pendant le jet libre du fait de la dépression du Venturi sont entraînées à la vitesse d'écoulement du jet dans le Venturi. Après le passage de cette discontinuité, le mélange biphasique se trouve soumis à un écoulement monodirectionnel qui est, en première approche, décrit par l'équation de Bemouilli:

$$P + V^2/2g = \text{Constante}$$

où P est la pression statique du mélange,

- V la vitesse du fluide et
- g la constante de gravitation.

[0032] A l'entrée dans le convergent du Venturi, les cavités sont soumises à une pression statique et sont conformées en bulles, mais sans phénomène de cavitation du fait de l'augmentation de la vitesse du fluide. En particulier, au passage du col, la pression statique a diminué et la vitesse du mélange a augmenté par rapport à l'entrée du jet dans le Venturi : la vitesse du mélange doit être supérieure à une certaine limite directement dépendante du nombre de Reynolds qui définit la nature du fluide. Au-dessus d'un nombre de Reynolds de 3000, le liquide passe progressivement en écoulement turbulent et à l'inverse, pour les nombres de Reynolds décroissants, l'écoulement devient plus laminaire. Pour un passage dans un tube rectiligne de section circulaire le nombre de Reynolds est donné par la formule:

$$Re = V \cdot D \cdot r / m$$

où D est le diamètre de la section

- V la vitesse du liquide,
- r sa densité et m sa viscosité.

[0033] Le phénomène de la cavitation n'est pas possible pour $Re < 2300$. En deçà de cette valeur la vitesse du liquide augmente dans le passage et la pression statique diminue mais pas suffisamment pour permettre la création des cavités précurseurs de cavitation. Les systèmes connus se doivent de fonctionner avec $Re > 2300$ pour créer une cavitation car le gaz ou la vapeur sont mélangés au fluide en amont du système.

[0034] Dans la présente invention, le mélange s'effectue à la pression d'introduction des gaz en jet libre et les précurseurs de cavitation se forment par transformation de l'énergie cinétique du fluide incident en énergie potentielle de compression statique au moment où le jet libre prend contact avec le convergent 18 du Venturi, c'est cette énergie restituée en énergie de cavitation sur les parois du divergent 15,16 qui génère un régime

chaotique dans la chambre 4.

[0035] Le critère de fonctionnement du dispositif est que l'écoulement soit non turbulent au col 2 (avec un nombre de Reynolds compris entre 2300 et 3000) et permette une cavitation dans le divergent 13. Par ailleurs, la proportion de gaz en volume peut excéder 50% et même atteindre voire dépasser 80% dans certains cas. Avec ces proportions il y a coexistence de bulles et de fluide contenant des cavités à la sortie du col 2, dans la mesure où le ou les principes actifs ou produits contenus dans le fluide contient des agents tensioactifs en quantité suffisante, ces bulles déjà formées sont aspirées dans l'axe de la chambre 4 qui est en dépression relative par rapport aux parois, où elles sont soumises au régime turbulent et aux ondes de choc de la cavitation près des parois, ce qui produit des éclatements et implosions successives conduisant à la formation de bulles microscopiques. Ce phénomène de turbulence chaotique n'est pas uniquement dû à la cavitation, il est également attribuable à la conformation spécifique du divergent en trois conicités successives selon l'invention.

[0036] Les changements de conicités ou discontinuités du divergent 17 entraînent la formation de turbulences qui contribuent au ralentissement du fluide et favorisent la cavitation qui se produit en premier lieu le long des parois où la pression statique s'élève le plus vite. L'énergie potentielle emmagasinée par les bulles au passage du Venturi est restituée lors de la cavitation au milieu turbulent sous forme d'ondes de choc. L'énergie cinétique ainsi libérée propage le phénomène de cavitation, atomise le liquide et permet l'obtention de bulles submillimétriques.

[0037] De préférence, l'angle au sommet α_1 du premier tronçon 14 du divergent doit rester inférieur à 10° . Cet angle est constant sur ledit tronçon, ou varie continûment entre 0° et la valeur retenue inférieure à 10° afin d'éviter ou de réduire au maximum le phénomène de cavitation à cet endroit, ce qui ne permettrait pas d'optimiser l'appareil. L'angle au sommet α_2 du deuxième tronçon 15 doit être supérieur de 10° au moins à celui précité pour le premier tronçon afin que le phénomène de cavitation soit maximal à cet endroit. De même l'angle au sommet α_3 du troisième tronçon 16 doit pour les mêmes raisons être supérieur d'au moins 10° à celui du tronçon 15.

[0038] Selon l'invention, la sortie 20 de la chambre 4 est coaxiale au col 2. Quel que soit le fluide utilisé, il y a formation en sortie du divergent 13 de bulles de très petites tailles ; dans le cas d'un fluide non réactif ou peu tensioactif, ces bulles disparaissent très vite dès la sortie de la chambre, et même si l'effet de la cavitation provoque des cassures moléculaires et favorise la création de radicaux libres, le produit sortira du système sous forme quasiment liquide ou retournera sous cette forme très rapidement quand le mélange sera dispersé en jet libre.

[0039] Au contraire, si le produit contient des compo-

sés moussants ou tensioactifs (ioniques ou non ioniques) en quantité suffisante, les micro-bulles formées par ce procédé forment une mousse très légère possédant de très bonnes qualités tixotropiques mais également très homogène et conservent ces propriétés même après dispersion à l'air libre. En effet, dans les mêmes conditions de pression que dans la chambre 4 une mousse contenant des produits tensioactifs en quantité suffisante (typiquement $>0,5\%$ en masse du fluide) peut être conservée plusieurs minutes en conservant toute son activité. Après 5 mm, moins de 10% du volume du mélange sera retourné sous forme liquide dans des conditions de fonctionnement normal à température ambiante. Ce résultat améliore considérablement ceux obtenus par des moyens classiques à des concentrations supérieures.

[0040] L'utilisation de tels produits adaptés rend non nécessaire la fermeture de la chambre en aval, la mousse opérant sa formation dans le divergent 13 et s'écoulant ensuite après homogénéisation jusqu'au moment de sa dispersion dans une buse adaptée en pression et débit par rapport au col 2, la buse de sortie pouvant être située à plusieurs dizaines de mètres de la formation de mousse dans le divergent. Il est même possible, selon l'invention, d'organiser la distribution de mousse en réseau à partir d'une seule source.

[0041] La particularité essentielle de la mousse formée, selon l'invention, est la formation de bulles microscopiques, voir microniques, au niveau de la chambre 4. Cette propriété distinctive permet, lors de la diffusion du produit par une buse adaptée, de ne pas disperser des gouttelettes comme le font la plupart des systèmes, mais d'assurer la diffusion de petites bulles et même dans la plupart des cas d'amas de micro-bulles. Celles-ci ont naturellement tendance à l'air libre à s'expanser et à se regrouper. Mais l'homogénéité et la grande surface de contact produite par la mousse permet aux produits actifs une action renforcée et quasi instantanée, en particulier, en ce qui concerne les actions de composés ioniques, de composés polaires et des tensioactifs. Cette propriété est conservée plusieurs minutes si l'épaisseur de mousse répandue par unité de surface est suffisante par rapport à la quantité de produit à traiter par quantité de surface, en effet, la réaction d'un composé actif du mélange mousseux et, en particulier, un agent tensioactif avec le milieu à traiter conduit à la disparition des bulles concernées par cette réaction, ce phénomène est aisément visualisé par un utilisateur de l'appareil ou du procédé et lui permet d'insister sur les parties à traiter de façon accrue parce que plus sales ou plus polluées, par exemple.

[0042] Par ailleurs, il est possible d'introduire par des systèmes de dosage appropriés en amont de l'appareil, plusieurs produits pas forcément miscibles entre eux : par exemple, de l'huile et de l'eau, du solvant et du détergent, un produit actif et un produit solvant, etc. Le jet incident est alors formé d'un mélange non homogène localement mais cependant dosé, ce mélange est alors

parfaitement émulsionné au passage dans l'appareil, les conditions de formation de la mousse et donc ses propriétés finales étant cependant modifiées par la nature et les proportions des fluides utilisés.

[0043] Selon la réalisation préférée de l'invention, la longueur du tronçon 14 du divergent est de 1,5 à 5 fois le diamètre D du col 2, il est cependant possible de rallonger cette portion, jusqu'à 30 fois cette longueur, si l'application le nécessite, à condition que l'angle de cette conicité soit continûment variable entre 0° et la valeur retenue inférieure à 10° en sortie de ce tronçon et ceci afin de limiter dans cette phase le phénomène de cavitation.

[0044] Pour les autres tronçons, leur longueur de réalisation préférée, selon l'invention, sera de 1 à 6 fois le diamètre du col 2 pour la partie repérée 15 sur la figure 1 et inférieur à 30 fois ce même diamètre pour la partie 16, cependant ces valeurs étant adaptées selon l'utilisation première de l'invention concernant des solutions aqueuses, des longueurs différentes peuvent être envisagées pour d'autres fluides ou mélanges de type émulsion.

[0045] Dans la réalisation préférée de l'invention, le divergent 13 comporte trois zones de conicités croissantes avec des ruptures de zones. Le divergent peut également avoir un nombre de zones différent de trois, les angles des zones de conicité varier continûment et les ruptures être adoucies. La section de sortie 20 sera dimensionnée en fonction de l'aire du col 2 pour avoir une surface comprise entre 1, 2 et 3 fois la surface dudit col, des valeurs supérieures peuvent être envisagées pour des concentrations élevées de produits tensioactifs et une quantité de gaz plus élevée par unité de volume liquide.

[0046] Dans le divergent 13, le mélange aborde un premier tronçon d'angle au sommet faible (<10°), étudié selon les conditions de débit, pression et concentration en gaz pour que la pression statique ne s'élève pas trop brutalement, créant des conditions empêchant l'implosion des bulles de gaz dans cette première partie du divergent.

[0047] Du fait de la vitesse élevée du fluide atteinte au passage du col, et du fait que la chambre 4 est en régime continu d'écoulement du mélange et pleine dudit mélange, l'écoulement préférentiel du fluide en sortie du premier tronçon est laminaire le long des parois. Au passage dans le deuxième tronçon, une partie majoritaire du fluide reste le long de la paroi du divergent 15 ; cette partie du fluide est alors soumise à une pression statique élevée due à l'angle de cette partie du divergent et aux turbulences qui contribuent à en diminuer la vitesse.

[0048] Le mélange à proximité de ladite paroi est alors dans des conditions idéales de cavitation. Les bulles de gaz implosent, libérant l'énergie emmagasinée pendant leur formation à l'entrée du Venturi. Cette libération d'énergie conduit à la disparition des bulles et à la formation de micro-bulles, de plus elle peut casser des liaisons atomiques ou moléculaires. Le métal des parois

est alors soumis à la combinaison d'ondes de choc violentes et de couples électrochimiques importants. Il est nécessaire pour garantir un bon fonctionnement prolongé de l'appareil fonctionnant selon la présente invention que la pièce mécanique formant Venturi soit constituée dans un métal ou tout autre matériau résistant à ce phénomène. Un alliage à base de fonte spéciale ou en acier traité peut couramment tenir plus d'un an en fonctionnement continu sans dégradation sensible de la qualité ou de l'activité de la mousse produite.

[0049] Ce processus se répète dans le troisième tronçon. Le phénomène de cavitation de produisant essentiellement à proximité des parois, l'atomisation des bulles et du liquide qui en résulte ont des composantes essentiellement radiales qui assurent un mouvement chaotique de la partie centrale de la chambre 4, de plus, la cavitation génère des ondes ultrasonores réfléchies par les parois et dont l'énergie est absorbée par le mélange et participe au brassage chaotique.

[0050] Dans le cas de la réalisation optimisée d'un dispositif selon la présente invention, l'utilisation additionnelle de générateur(s) d'onde ultrasonores s'avère inutile, cependant si les trois conicités successives ne sont pas parfaitement adaptées aux conditions de débit et de pression demandées, la dépression générée par le Venturi restera inférieure à 0,9 bar et l'utilisation d'un apport d'énergie dans la mousse en cours de formation au niveau de la chambre 4 peut permettre de compenser ce défaut d'optimisation.

[0051] La présente vise également un appareil autonome de production de mousse, utilisant les propriétés particulières du Venturi qui vient d'être décrit. La pression peut être générée par différents moyens tels qu'un réservoir de gaz sous pression, un générateur pyrotechnique ou un générateur de vapeur.

[0052] Une réalisation est schématiquement représentée sur la figure 4. Dans celui-ci, le déclenchement du fonctionnement est obtenu par action d'une charge pyrotechnique dans la chambre 25 qui génère par la chambre 24 la quantité de gaz nécessaire et permet le mélange des produits actifs contenus dans l'enveloppe 26 avec le liquide contenu dans la chambre 23. Le liquide est contenu dans un réservoir 23 dont la paroi est suffisamment épaisse pour subir une augmentation notable de pression. Afin d'optimiser la combustion et réduire les coûts de fabrication, il est intéressant de travailler avec de la poudre vive à des densités de charge importantes. La chambre 25 possède des ouvertures adaptées pour délivrer une pression nominale, qui permet l'établissement d'un régime de combustion rapide à haute pression assurant la combustion de la totalité du produit, les gaz à haute pression sont libérés dans la chambre 24. Lorsque la pression de forçement du bouchon 27 est atteinte, celui-ci est propulsé dans l'enveloppe 26. Ce réservoir comprend, à sa partie supérieure une vanne 37 permettant la purge ou le brassage du liquide par admission d'air en provenance d'un réservoir de gaz sous pression.

[0053] Les produits actifs sont contenus dans l'enveloppe déchirable 26 sous forme de poudre ou de liquide. L'enveloppe 26 est réalisée en un matériau qui, par le jeu d'épaisseurs variables ou de points fragiles sur sa surface, permet d'assurer la rupture de l'étanchéité dans le but de faciliter le passage du liquide et d'optimiser le mélange et la dilution du produit dans le liquide. Ces produits peuvent être laissés en immersion dans le liquide du réservoir 23. Le liquide peut se décharger dans le tube venturi 22 par l'intermédiaire d'une canalisation 34 à travers une vanne mélangeuse thermostatique 33. La vanne 33 permet de conserver une température quasi constante lors de l'utilisation. De préférence des régulateurs de pression 31,32 sont montés en dérivation sur la vanne 33 de manière à ce que la température et la pression du liquide soient maîtrisées. Le volume de la mousse sortant de l'appareil est environ cinq fois plus élevé que dans les appareils actuellement utilisés. L'ouverture de la sortie de lance 35 provoque la mise en mouvement du liquide qui circule autour de l'enveloppe 26 en un mouvement hélicoïdal favorisant les échanges thermiques

[0054] Ce mode de réalisation peut également être doté d'un dispositif de mise sous pression des gaz pour alimenter l'entrée du venturi et adapter la nature du gaz à l'action recherchée. Par exemple, l'appareil peut être muni d'un raccord rapide muni d'une valve 38 tarée en pression pour assurer le gavage en gaz à l'entrée du venturi, du régulateur de pression 40 à travers le tuyau 39.

[0055] La présente invention vise également un appareil permettant de disperser des micro-bulles de gaz dans un liquide en utilisant également le dispositif décrit ci-dessus. Sur la figure 5, le venturi est placé dans une canalisation de liquide 25

[0056] Les applications principales du procédé concernent l'utilisation comme fluide d'eau additionnée d'un pourcentage suffisant de produits actifs pour des actions déterminées :

Produits détergents, mélangés ou non à des solvants de tous types en fonction de l'application, avec un avantage donné, selon l'invention, à des composés polaires ou ioniques ainsi qu'à des produits tensioactifs pour des applications de nettoyage,

Produits de neutralisation de pollution, et en particulier de enzymes ou protéines spécifiques de certaines actions chimiques sur des produits organiques et pouvant être mélangés préférentiellement, selon l'invention, avec des solvants et des produits destructurants (en cas de pollution polymérisée) ou tensioactifs.

[0057] D'autres applications peuvent être envisagées où le fluide n'est pas nécessairement en solution aqueuse :

- Avec des produits de neutralisation du phénomène de combustion, avec des tensioactifs et des composés polaires ou ioniques pour l'application d'extinction de feux ou d'incendies de toutes natures,
- avec des carburants additionnés de produits moussants polaires et/ou tensioactifs, la mousse étant alors utilisée par dispersion ultérieure par une buse selon l'état de l'art mais n'utilisant pas le phénomène de cavitation.

[0058] Une autre application de l'appareil est d'utiliser sa capacité dépressionnaire qui peut être supérieure à 1 bar. Un tel appareil devient donc l'élément principal d'une pompe à vide.

[0059] D'autres applications sont possibles en utilisant dans le fluide deux produits qui ne sont pas normalement miscibles pour créer des émulsions par exemple dans les domaines alimentaire, cosmétique ou pharmaceutique.

Revendications

1. Dispositif de formation de mousse par effet Venturi, mélangeant un produit en phase liquide et un produit en phase gazeuse, comprenant une buse (1) d'introduction du liquide, coaxiale à un étage venturi (22) comprenant un convergent (18) disposé en regard de la buse (1), dont le col est de diamètre « D » et une entrée de gaz (3) coaxiale à la buse (1) correspondant avec le convergent (18), le gaz étant aspiré par effet venturi et dirigé sur une chambre de mélange (4) connectée à une sortie de mousse, **caractérisé en ce que** le divergent (13) du venturi (22) comprend au moins trois zones de conicités progressives, avec des ruptures entre les zones, provoquant en combinaison avec la géométrie du divergent, un phénomène de cavitation, et débouche dans une chambre (4) de turbulences, le mélange des deux phases s'effectuant en jet libre.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le divergent comprend trois zones de conicités croissantes (14, 15, 16), la première zone (14) présentant un angle (α_1) compris entre 0 et 10°.
3. Dispositif selon les revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** la troisième zone (16) possède un angle au sommet (α_3) supérieur d'au moins 15° à la valeur de l'angle (α_1) et inférieur à la valeur de l'angle (α_1) plus 35° et est d'une longueur inférieure à 30D.
4. Dispositif selon les revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la seconde zone (15) présente un angle (α_2) supérieur d'au moins 5° à l'angle (α_1) présenté par la première zone, de sorte que les lignes de séparation des zones soient situées à des dis-

tances comprises entre 2D et 4D pour la ligne (14, 15) et entre 5D et 8D pour la ligne (15,16) par rapport à la ligne (X, 14), matérialisant la sortie du col (X) de conicité 0°.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le divergent (13) comporte de discontinuités de surface telles que rayures ou quadrillages.
6. Dispositif selon l'une des revendications 1,2 ou 3, **caractérisé en ce que** les angles des zones de conicité augmentent continûment et sont adoucis.
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la distance entre la sortie de la buse (1) et l'entrée (17) du Venturi est comprise entre 2d et 20d, (d) étant le diamètre du conduit de la buse (1), le diamètre (2) de col du Venturi étant compris 1.d or 4.d.
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre de mélange est réglable en longueur par un moyen (21).
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre de mélange est d'une longueur supérieure à 30D et débouche sur la sortie par un conduit (20).
10. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** deux générateurs d'ondes ultrasonores (10) sont disposés radialement sur la chambre (4).
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins un mélangeur et/ou un régulateur de débit et de pression est connecté à l'entrée (9).
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins un mélangeur et/ou un régulateur de débit et de pression est connecté à l'entrée (3).
13. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'**au moins un mélangeur est connecté à l'entrée de chaque régulateur de débit et de pression.
14. Dispositif selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'**au moins un régulateur de débit et de pression est connecté à l'entrée de chaque mélangeur.
15. Appareil de formation de mousse, incluant un dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il comprend une enceinte (23) contenant un liquide, dans laquelle est immergée une enveloppe (26) contenant des produits actifs, un dispositif py-

rotechnique (24,25,27) provoquant la dissolution des produits actifs dans le liquide.

5 Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen von Schaum mit Hilfe des Venturi-Effekts, durch Mischen eines Produktes in flüssiger Phase mit einem Produkt in gasförmiger Phase, mit einer Düse (1) zum Zuführen der Flüssigkeit, koaxial zu einer Venturi-Stufe (22), die einen gegenüberliegend zu der Düse angeordneten konvergenten Teil (18) hat, dessen Engstelle den Durchmesser "D" hat, und einem zu der Düse (1) koaxialen, mit dem konvergenten Teil (18) korrespondierenden Gaseinlaß (3), wobei das Gas durch den Venturi-Effekt angesaugt und in eine Mischkammer (4) eingeleitet wird, die an einen Auslaß für den Schaum angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** der divergente Teil (13) des Venturi-Rohres (22) wenigstens drei Zonen mit progressiven Konizitäten aufweist, mit Bruchlinien zwischen den Zonen, die in Kombination mit der Geometrie des divergenten Teils ein Kavitationsphänomen hervorrufen, und daß der divergente Teil in eine Turbulenzkammer (4) mündet, wobei sich die Durchmischung der beiden Phasen im Freistrahlf vollzieht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der divergente Teil drei Zonen (14, 15, 16) mit zunehmenden Konizitäten aufweist, wobei die erste Zone (14) einen Winkel (α_1) zwischen 0 und 10° aufweist.
3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die dritte Zone (16) einen Scheitelwinkel (α_3) aufweist, der um wenigstens 15° größer ist als der Wert des Winkels (α_1) und kleiner als der Wert des Winkels (α_1) plus 35°, und eine Länge von weniger als 30D hat.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Zone (15) einen Winkel (α_2) aufweist, der um wenigstens 5° größer ist als der durch die erste Zone gebildete Winkel (α_1), so daß die Trennlinien der Zonen in Abständen liegen, die zwischen 2D und 4D für die Linie (14, 15) und zwischen 5D und 8D für die Linie (15, 16) in Bezug auf die Linie (X, 14) betragen, die den Auslaß der Engstelle (X) mit der Konizität 0° bildet.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der divergente Teil (13) Oberflächendiskontinuitäten wie Riefen oder Raster aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Winkel der Ko-

nizitätszonen kontinuierlich zunehmen und abgestumpft sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abstand zwischen dem Auslaß der Düse (1) und dem Einlaß (17) des Venturi-Rohres zwischen 2d und 20d beträgt, wobei (d) der Durchmesser des Kanals der Düse (1) ist und der Durchmesser (2) der Engstelle des Venturi-Rohres zwischen 1.d und 4.d beträgt. 5
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mischkammer durch eine Einrichtung (21) in der Länge verstellbar ist. 10
9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mischkammer eine Länge von mehr als 30D hat und über eine Leitung (20) in den Auslaß mündet. 15
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwei Generatoren (10) für Ultraschallwellen radial an der Kammer (4) angeordnet sind. 20
11. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens ein Mischer und/oder ein Durchsatz- und Druckregler an den Einlaß (9) angeschlossen ist. 25
12. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens ein Mischer und/oder ein Durchsatz- und Druckregler an den Einlaß (3) angeschlossen ist. 30
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens ein Mischer an den Einlaß jedes Durchsatz- und Druckreglers angeschlossen ist. 35
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens ein Durchsatz- und Druckregler an den Einlaß jedes Mischers angeschlossen ist. 40
15. Apparat zur Erzeugung von Schaum, mit einer Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** er ein Gehäuse (23) aufweist, das eine Flüssigkeit enthält, in die eine Hülle (26) eintaucht, die aktive Produkte enthält, wobei eine pyrotechnische Einrichtung (24, 25, 27) die Auflösung der aktiven Produkte in der Flüssigkeit bewirkt. 45

Claims

1. Device for generating foam by Venturi effect, mixing

a product in liquid phase and a product in gaseous phase, comprising a nozzle (1) for admitting the liquid, coaxial with a Venturi stage (22) comprising a mixer head (18) located opposite the nozzle (1), the neck of which has a diameter 'D', and a gas inlet (3) coaxial with the nozzle (1) communicating with the mixer head (18), the gas being sucked in by Venturi effect and directed towards a mixing chamber (4) connected to a foam outlet, **characterised in that** the mixing injector (13) of the Venturi (22) comprises at least three gradually tapering zones, with gaps between the zones producing a cavitation effect in combination with the geometry of the mixing injector, and opens into a whirl chamber, the mixing of the two phases being carried out in a free jet

2. Device according to claim 1, **characterised in that** the mixing injector comprises three progressively tapering zones (14, 15, 16), the first zone (14) presenting an angle (α_1) of between 0 and 10°.
3. Device according to claims 1 and 2, **characterised in that** the third zone (16) possesses an angle at the apex (α_3) at least 15° bigger than the value of angle (α_1) and smaller than the value of angle (α_1) plus 35°, and has a length less than 30D.
4. Device according to claims 1 to 3, **characterised in that** the second zone (15) presents an angle (α_2) at least 5° bigger than the angle (α_1) presented by the first zone, such that the lines separating the zones are situated at distances of between 2D and 4D in respect of the line (14, 15) and between 5D and 8D in respect of the line (15, 16) relative to the line (X, 14), delimiting the outlet of the neck (X) with a 0° taper.
5. Device according to any of claims 1, 2 or 3, **characterised in that** the mixing injector (13) exhibits surface irregularities such as grooves or grids.
6. Device according to any of claims 1, 2 or 3, **characterised in that** the angles of the tapering zones increase continuously and are softened.
7. Device according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** the distance between the outlet of the nozzle (1) and the Venturi inlet (17) is between 2d and 20d, (d) being the diameter of the conduit of the nozzle (1), the Venturi neck diameter (2) being between 1.d and 4.d.
8. Device according to any of the preceding claims, **characterised in that** the length of the mixing chamber is adjustable by a means (21).
9. Device according to any of the preceding claims, **characterised in that** the mixing chamber has a

length greater than 30D and opens into the outlet via a conduit (20).

10. Device according to claim 1, **characterised in that** two ultrasound wave generators (10) are arranged radially on the chamber (4). 5
11. Device according to any of the preceding claims, **characterised in that** at least one mixer and/or one flow and pressure regulator is connected to the inlet (9). 10
12. Device according to any of the preceding claims, **characterised in that** at least one mixer and/or one flow and pressure regulator is connected to the inlet (13). 15
13. Device according to claim 11, **characterised in that** at least one mixer is connected to the inlet of each flow and pressure regulator. 20
14. Device according to claim 12, **characterised in that** at least one flow and pressure regulator is connected to the inlet of each mixer. 25
15. Foam generating apparatus which includes a device according to claim 1, **characterised in that**; it comprises an enclosed space (23) containing a liquid in which an envelope (26) containing active products is immersed, a pyrotechnic device (24, 25, 27) causing the active products to be dissolved in the liquid. 30

35

40

45

50

55

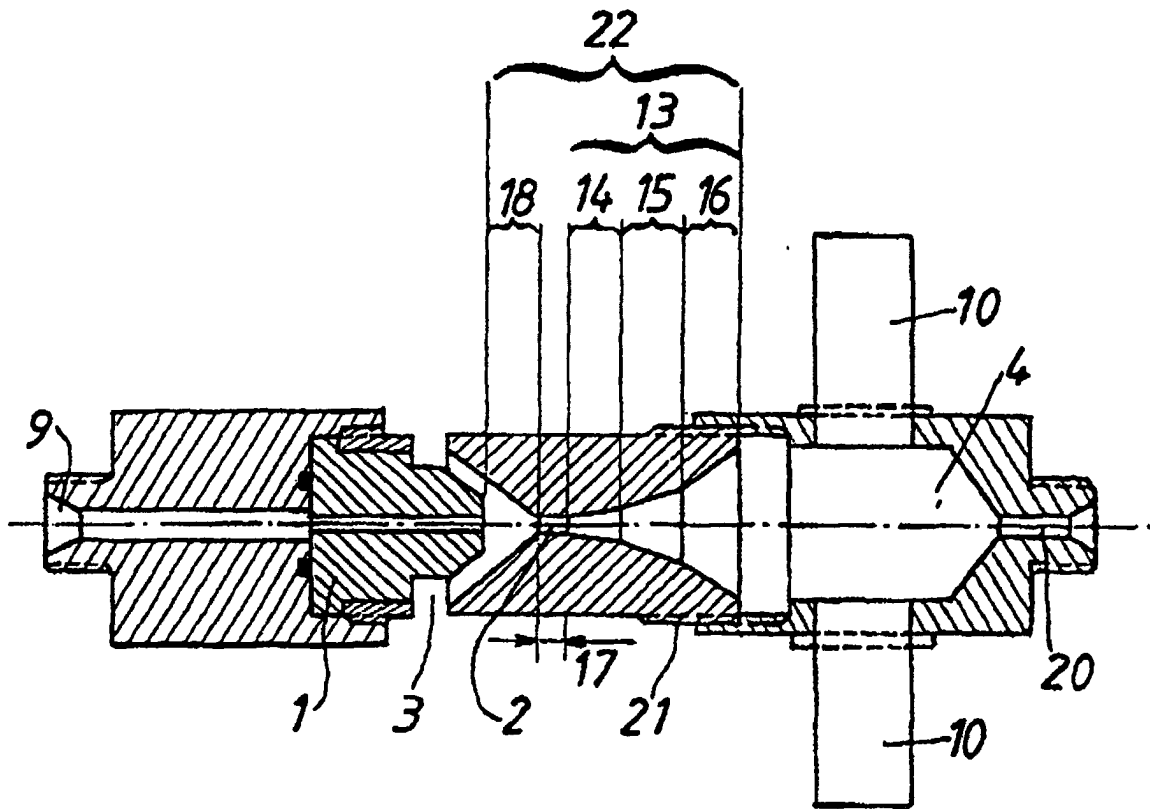


FIG. 1

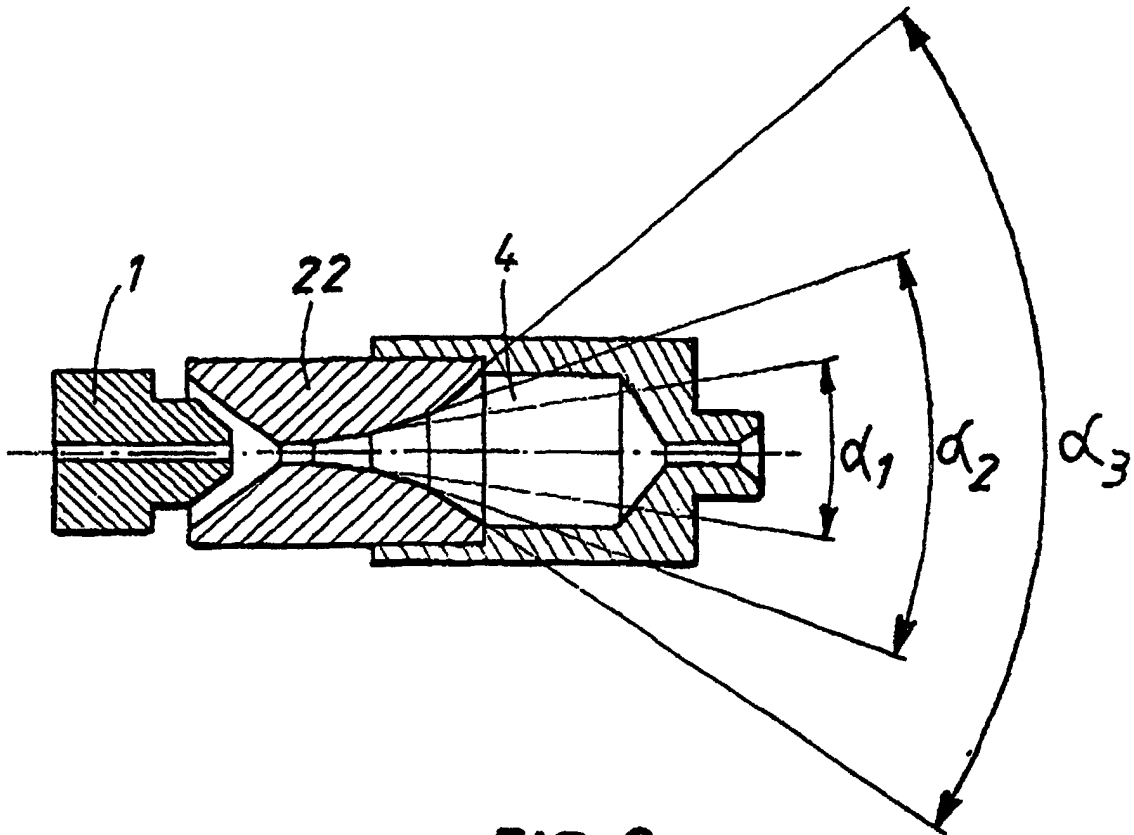


FIG. 2

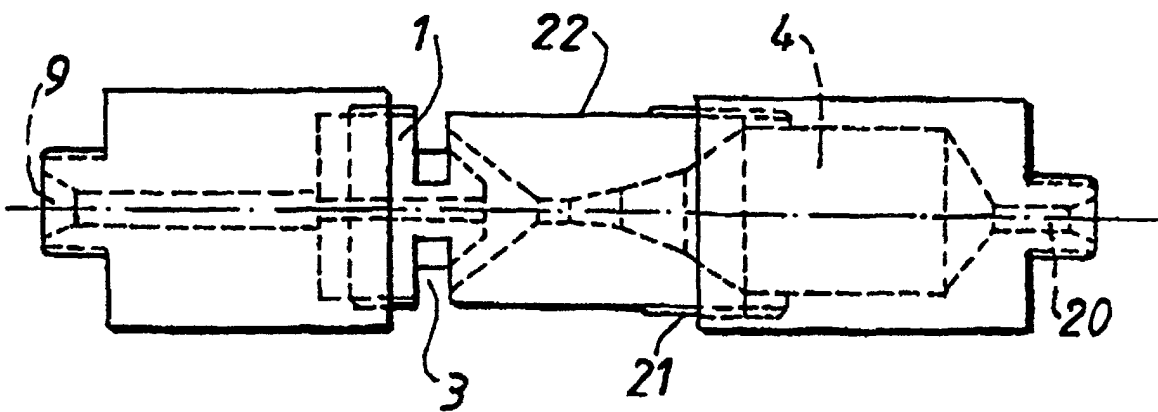


FIG. 3

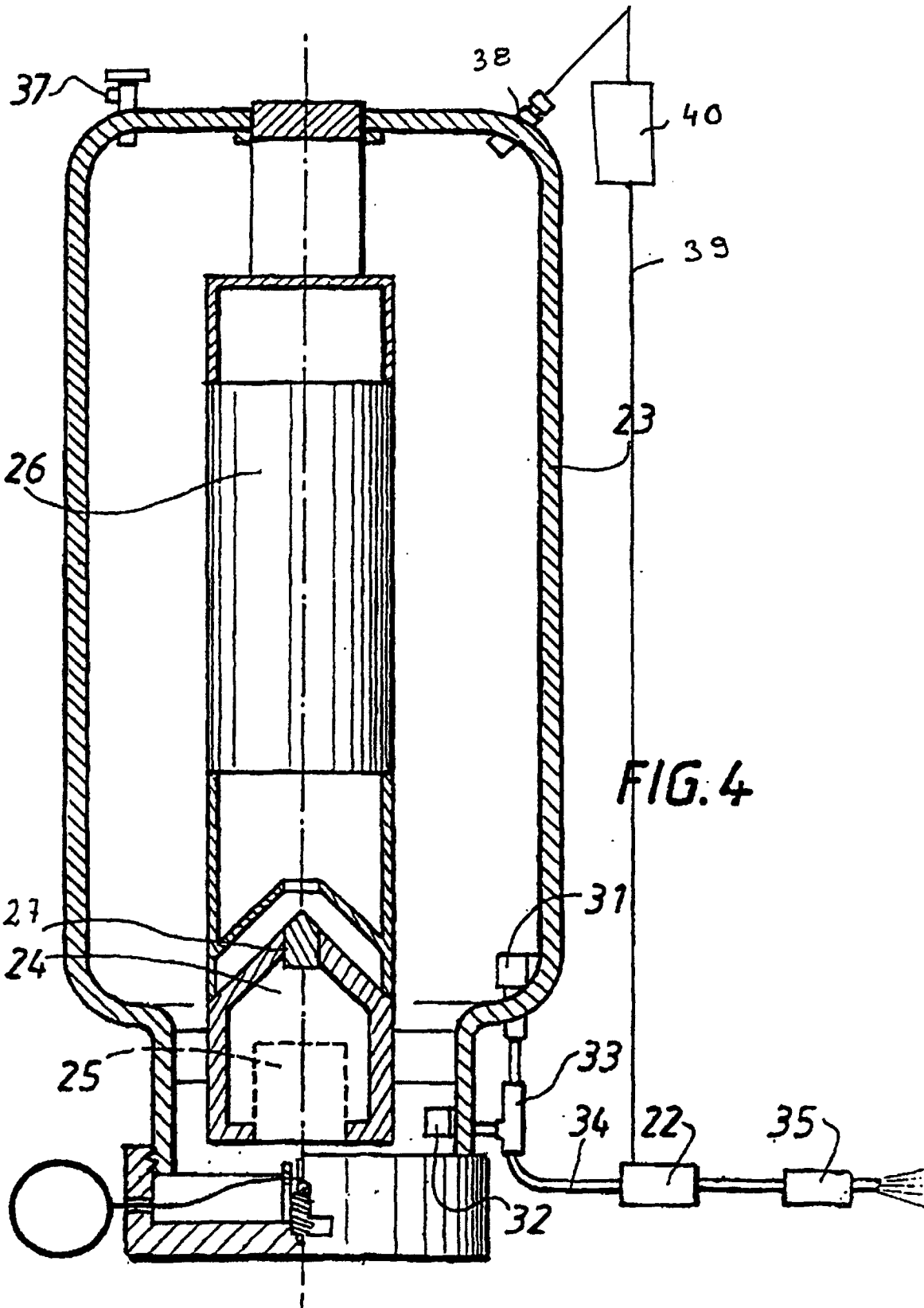


FIG. 4

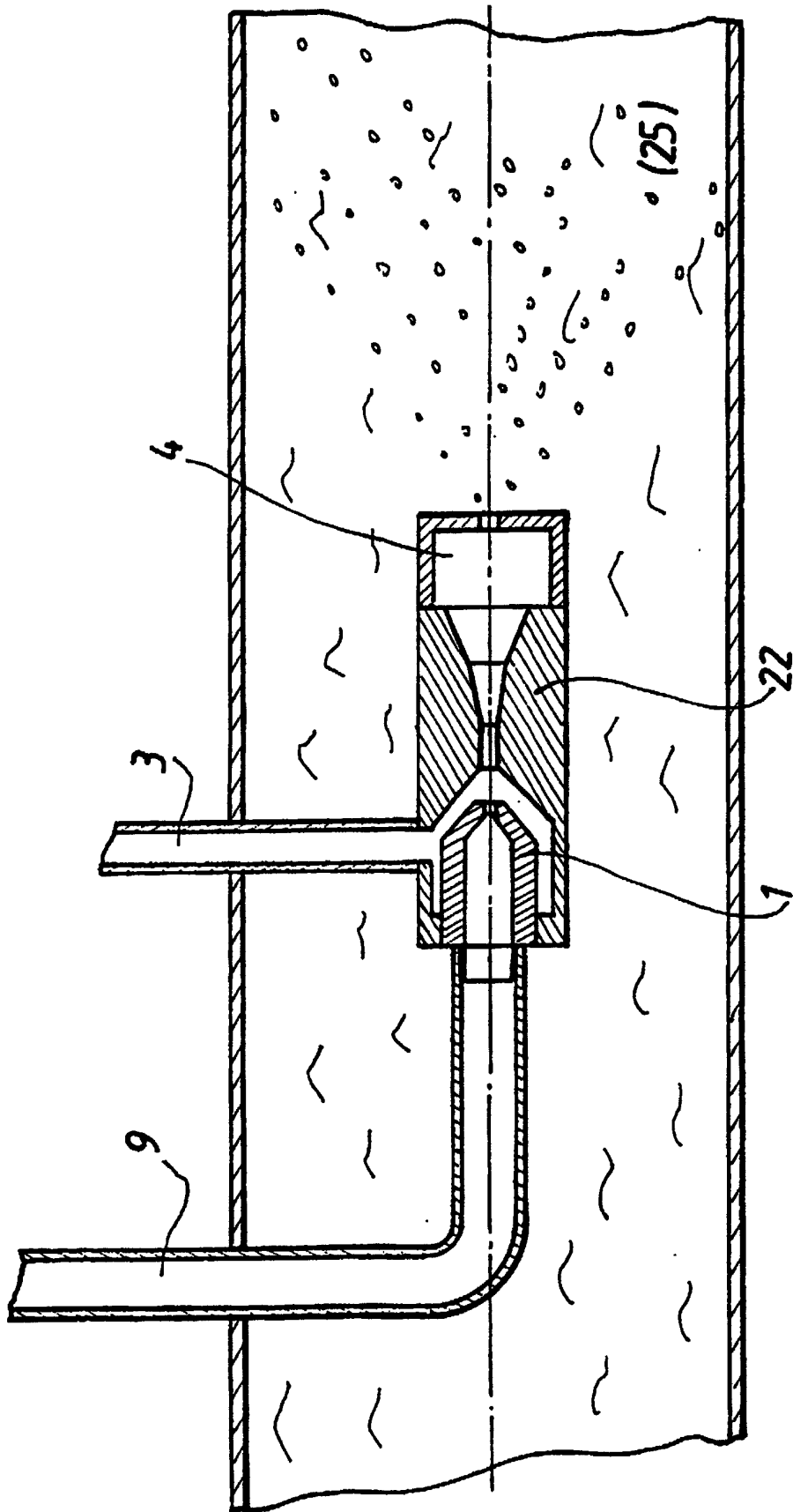


FIG. 5