



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 336 050 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
07.07.2004 Bulletin 2004/28

(51) Int Cl.7: **F02M 69/04**, F02M 51/06,
F02M 61/08, F02M 61/16

(21) Numéro de dépôt: **01980605.8**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2001/003244

(22) Date de dépôt: **19.10.2001**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2002/035086 (02.05.2002 Gazette 2002/18)

(54) **DISPOSITIF D'INJECTION DE CARBURANT POUR MOTEUR A COMBUSTION INTERNE**
KRAFTSTOFFEINSPRITZVORRICHTUNG FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE
INTERNAL COMBUSTION ENGINE FUEL INJECTING DEVICE

(84) Etats contractants désignés:
DE ES GB IT

(30) Priorité: **27.10.2000 FR 0013826**

(43) Date de publication de la demande:
20.08.2003 Bulletin 2003/34

(73) Titulaire: **Renault s.a.s.**
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:
• **AGNERAY, André**
F-92100 Boulogne-Billancourt (FR)
• **LEVIN, Laurent**
F-75015 Paris (FR)

(56) Documents cités:
GB-A- 2 327 982 **US-A- 2 721 100**
US-A- 4 389 999

EP 1 336 050 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un dispositif d'injection de carburant pour moteur à combustion interne destiné notamment à équiper un véhicule automobile. L'invention concerne plus particulièrement un dispositif d'injection de carburant permettant d'atomiser le carburant injecté sous forme de très fines gouttelettes selon les besoins.

[0002] Les dispositifs d'injection de carburant utilisés aujourd'hui sur les moteurs à combustion interne, équipant les véhicules automobiles ou routiers, fonctionnent classiquement sur le modèle d'une vanne dont on commande en permanence l'état ouvert ou fermé, le dosage du carburant injecté se faisant alors directement par le temps d'ouverture.

[0003] De tels systèmes d'injection comprennent une pompe électrique d'alimentation en carburant qui alimente, par le canal d'une rampe de distribution, l'ensemble des injecteurs sous une pression donnée. En contrôlant électroniquement l'actionneur de la soupape de chaque injecteur, on commande le début et la durée d'ouverture de celle-ci et on détermine alors une quantité précise de carburant injecté.

[0004] Les injecteurs du type à aiguille commandée électromagnétiquement présentent des limites qui freinent les performances moteur. En particulier les temps mis pour ouvrir ou fermer les aiguilles sont encore trop élevés, d'environ 1 à 2 ms, ce qui empêche de phaser l'injection de manière idéale sur toutes les plages moteur. De plus, le temps minimum d'ouverture, qui détermine la dose minimale de carburant pouvant être injectée, est encore trop important pour certains points de fonctionnement moteur.

[0005] Les injecteurs à aiguille connus présentent par ailleurs des orifices d'injection de diamètres relativement importants pour permettre de débiter les quantités requises de carburant pour les fonctionnements à pleine charge et hauts régimes moteurs. Cette disposition génère des jets de carburant présentant des gouttes de fortes dimensions, ce qui freine la vaporisation du carburant (et donc la préparation du mélange carburé) et est à même de favoriser le phénomène de mouillage des parois.

[0006] En effet le carburant non vaporisé tend à se déposer sur les parois de la chambre de combustion. Un tel dépôt entraîne des problèmes de dosage, particulièrement aigus dans les transitoires par manque de connaissance de la quantité de carburant mélangée effectivement avec l'air dans la chambre de combustion. Ce phénomène de mouillage est l'une des causes importantes des fortes émissions de polluants lors des démarrages à froid des moteurs.

[0007] Par ailleurs, avec un injecteur classique à aiguille, à l'ouverture de l'aiguille lorsque cette dernière commence à quitter son siège, il se forme un bulbe de liquide qui disparaît lorsque l'aiguille est complètement levée, l'écoulement du fluide se régularisant alors. Ce

changement dans la nature de l'écoulement rend impossible tout contrôle précis du débit instantané de l'injecteur.

[0008] Certains ont cherché à résoudre ces différents problèmes, en développant des injecteurs utilisant des actionneurs piézo-électriques pour manoeuvrer l'aiguille de façon à abaisser la durée d'ouverture et de fermeture de l'aiguille, mais de tels systèmes qui fonctionnent toujours selon le principe d'une vanne, conservent des inconvénients importants liés notamment à la dispersion importante affectant la taille des gouttes dans le jet de carburant au sortir du nez de l'injecteur. Ainsi, dans le document FR 2 758 369, un actionneur piézo-électrique sous forme de tige transmet une élongation à un poussoir coulissant qui les transmet (en poussée uniquement) lui-même à un clapet de soupape dont le retour en position de fermeture est assuré par des moyens élastiques tels qu'un ressort. Une telle solution présente l'inconvénient d'un temps de réponse trop long lié à l'importance de la chaîne cinématique, (la tige et le clapet de soupape subissent une translation de l'ensemble de leur masse) ainsi qu'un autre inconvénient majeur lié au fait que la capacité d'obtenir des gouttes suffisamment fines n'est obtenue qu'avec des pressions élevées lorsque l'ouverture des fentes d'éjection reste constante pendant la durée d'éjection.

[0009] D'après les documents DE 3010985 et US 5330100, on connaît des dispositifs d'injection comportant un système d'ouverture de l'aiguille par translation associé avec un système de pulvérisation secondaire du jet en sortie du nez d'éjection. Dans ces dispositifs, la nappe liquide s'écoule en continu pendant tout le temps d'ouverture, et est refragmentée par les vibrations générées au voisinage du nez d'éjection dès que le contact entre le liquide et l'extrémité du nez s'opère.

[0010] Un premier inconvénient de ce type de solution réside dans la faible capacité d'atomisation du liquide lorsque la nappe liquide éjectée est importante, voir une capacité d'atomisation limitée seulement à un court instant au début du contact de la nappe liquide ainsi qu'à la fin de l'éjection. Entre ces deux instants, le contact se fait pendant un laps de temps trop court pour que les vibrations et déplacements générés au bout du nez d'éjection puissent : soit être transmises sous forme d'onde de surface dans le liquide ce qui le nébulise, soit générer des impulsions locales sur la nappe fluide ce qui a pour effet de fragmenter la nappe fluide.

[0011] Un deuxième inconvénient de ce type de solution est un temps de réponse trop long dû au mode d'ouverture qui nécessite de translater toute la masse de l'aiguille.

[0012] D'après le document U.S 5025766, on connaît un dispositif d'injection dont le nez vibre autour d'une fréquence de 35 kHz, et comportant une bille de masse donnée maintenue en appui contre le siège du nez d'injection par un ressort de précontrainte. A chaque oscillation, une ouverture apparaît entre le siège du nez d'injection et la bille, permettant ainsi l'éjection d'une

quantité de fluide pendant un laps de temps très court correspondant à la période d'oscillation, ce qui permet de nébuliser le liquide avec un fort taux. Mais un inconvénient tient au fait que, d'une part les rebondissements de la bille sur le siège et, d'autre part le comportement oscillant du système composé de la masse de la bille et du ressort de précontrainte, ne permettent pas de contrôler rigoureusement le comportement vibratoire de l'ensemble nez-bille, et donc le moment d'ouverture permettant de doser le fluide, ce qui se traduit par le fait que le carburant est injecté d'une manière incontrôlée.

[0013] L'ensemble des problèmes cités précédemment se solde donc par une vaporisation du carburant pouvant être incomplète et non homogène lors de la préparation du mélange carburé dans la chambre de combustion, des dosages imprécis, avec pour conséquence une combustion incomplète se traduisant par la formation d'une quantité élevée de gaz polluants et un déficit énergétique altérant le rendement du moteur.

[0014] Le but de l'invention est de proposer un nouveau type de dispositif d'injection de carburant permettant de résoudre l'ensemble de ces problèmes, le dispositif étant apte à délivrer avec une grande précision et un temps de réponse très court un nuage de gouttes de carburant dont les tailles sont très voisines et suffisamment petites, indépendamment de la pression d'alimentation de l'injecteur, pour assurer la vaporisation complète et homogène du carburant injecté.

[0015] La Demanderesse a déjà proposé un premier type de dispositifs répondant au moins partiellement à ce but dans la demande de brevet français FR 9904732 ainsi que dans la demande de brevet FR 9914548. Dans ces premiers types de dispositifs, un clapet situé au bout d'une tige est rappelé élastiquement contre un siège par l'intermédiaire de la tige. Le clapet oscille sur le siège disposé au bout d'une buse d'injection grâce aux déformations élastiques alternées générées à fréquence ultrasonore dans le corps de la buse qui les retransmet donc à la tige via la zone de contact avec le clapet. La particularité réside dans le fait que le siège et le clapet sont tous les deux mobiles.

[0016] Un deuxième type de dispositif a fait l'objet de la demande de brevet FR 0009190 par la Demanderesse. Dans ce deuxième type de dispositif, seul le clapet au bout d'une tige est mobile, la tige recevant directement les déformations à fréquence ultrasonore qui se propagent jusqu'au niveau du clapet pour générer son oscillation sur le siège qui, lui, est fixe dans la masse du corps de l'injecteur.

[0017] La présente invention a pour objet de perfectionner ce deuxième type de dispositifs d'injection en proposant une nouvelle architecture de corps d'injecteur.

[0018] Selon l'invention, le dispositif d'injection de carburant est du type comportant un boîtier de transducteur et un boîtier de clapet reliés coaxialement, à travers lesquels est inséré un transducteur solidaire élastiquement d'une tige. La tige est formée directement

dans le prolongement du transducteur et comporte une réduction de section permettant d'amplifier les déformations engendrées par le transducteur. De plus, la tige forme un canal annulaire étroit avec le boîtier de clapet sensiblement au niveau de la liaison entre les deux boîtiers, la partie présentant un rétrécissement de section étant insérée dans le boîtier de clapet jusqu'à l'extrémité dudit boîtier où est formé un siège sur lequel viennent s'appuyer des moyens obturateurs tel qu'un clapet solidaire élastiquement de la tige. Le boîtier de clapet comporte un canal d'amenée de liquide sous forte pression, ce liquide pouvant circuler vers le boîtier de transducteur à travers le canal annulaire étroit avec une limitation de débit provoquant une baisse de pression pour le liquide dans le boîtier de transducteur. Le liquide circule jusque vers un canal de sortie de liquide du boîtier de transducteur, de sorte que la variation de pression s'appliquant sur la section apparente correspondant à la variation de section de la tige génère une force de pression sur la tige et rappelle le clapet avec une intensité proportionnelle à la pression d'alimentation. Le clapet est rappelé aussi contre le siège, en l'absence de force de pression, par des moyens élastiques de rappel formés par un matériau élastique et amortissant inséré dans le boîtier de transducteur et exerçant une force orientée vers le canal de sortie sur l'ensemble solidaire formé par les moyens obturateurs, la tige et le transducteur. Le transducteur est piloté en durée et en intensité par le système électronique de contrôle moteur, la mise en vibration à des fréquences ultrasonores du transducteur générant un mode de déformation alternée en contraction et dilatation dans la tige, de sorte qu'à chaque cycle de vibration, la dilatation subie par la tige se traduit par un allongement de ladite tige par rapport à l'extrémité du boîtier de clapet, lequel déplacement permet de faire apparaître pendant la durée du cycle une fente par laquelle est éjectée une quantité de carburant déterminée.

[0019] Ainsi selon la présente invention est réalisé un dispositif d'injection dont l'ouverture au niveau du nez d'éjection est uniquement fonction de l'état dilaté ou compressé de l'aiguille formant soupape en appui au niveau du nez, la variation d'état étant générée par une source d'excitation ultrasonore commandée électriquement. Dans ce type de fonctionnement où l'ouverture se fait par déformation de l'aiguille et non plus par translation, les phénomènes d'oscillations du type masse-ressort sont supprimés. A chaque oscillation, une quantité donnée d'énergie de déformation élastique est transmise dans la tige et est dépensée en dilatation-compression avec une perte due aux relaxations internes du matériau constituant la tige, le reste de l'énergie étant absorbée par l'atténuation due à l'écrasement de la lame fluide coincée entre le nez d'éjection et la soupape formant extrémité de l'aiguille. Les oscillations se produisent à une fréquence voisine de 50 KHz ce qui permet de générer des temps d'ouverture courts et ainsi d'atomiser finement le liquide éjecté.

[0020] Par ailleurs, le dispositif d'injection conforme à l'invention présente l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

[0021] Les moyens obturateurs sont formés par une tige dont une extrémité est solidaire élastiquement d'un élément en forme de clapet, la tige formant un prolongement direct, solidaire élastiquement dans la masse, d'un transducteur monté mobile axialement à l'intérieur du boîtier de transducteur.

[0022] Les moyens obturateurs formant clapet sont rappelés de manière constante contre l'extrémité de la buse servant de siège pour le clapet par un dispositif élastique de rappel pouvant être formé dans un matériau amortissant, ce dispositif élastique et amortissant supportant l'ensemble composé par les trois éléments que sont le transducteur, la tige et le clapet, ces trois éléments étant eux-mêmes solidaires élastiquement.

[0023] Les moyens obturateurs formant clapet sont ramenés contre l'extrémité de la buse après chaque ouverture par la contraction de la tige qui suit la dilatation de la tige au cours de chaque cycle de vibration, le mode de déformation ainsi établi dans la tige correspondant à un mode propre de vibration de la tige solidaire du clapet.

[0024] Les moyens obturateurs formant clapet restent plaqués contre l'extrémité de la buse en dehors des phases de déformations de la tige et en deçà d'une certaine pression grâce au moyen de rappel élastique et amortissant ramenant l'ensemble du transducteur, de la tige et des moyens obturateurs contre l'extrémité de la buse formant un siège pour le clapet.

[0025] Les moyens obturateurs formant clapet sont contraints contre l'extrémité de la buse en dehors des phases de déformations de la tige avec une valeur proportionnelle à la pression d'alimentation de carburant grâce à la force de pression s'exerçant sur la surface apparente de la tige au niveau de sa variation de section séparant les parties haute et basse pression, permettant ainsi d'assurer une contrainte d'étanchéité adaptée quelque soit la valeur de la pression d'alimentation en carburant.

[0026] Le moyen de rappel élastique et amortissant servant à appliquer les moyens obturateurs contre l'extrémité de la buse et supportant l'ensemble du transducteur et de la tige est composé dans un matériau permettant d'amortir la transmission de vibrations entre le transducteur et le corps du boîtier d'injection.

[0027] Le moyen de rappel élastique et amortissant servant à appliquer les moyens obturateurs contre l'extrémité de la buse permet de rattraper les jeux éventuels dus aux dilatations thermiques entre le transducteur, la tige et la buse d'injection.

[0028] Le boîtier de transducteur renferme le transducteur, la tige dans sa section la plus forte et le matériau amortissant.

[0029] Le boîtier de clapet, comportant un perçage cylindrique axial, renferme la tige dans sa section la plus faible et présente dans sa partie supérieure, au niveau

de sa liaison avec le boîtier de transducteur un élargissement du canal cylindrique axial, l'élargissement de ce canal correspondant au diamètre de la tige dans sa section la plus large avec un jeu très faible faisant ainsi apparaître un canal annulaire très étroit à travers lequel s'écoule le liquide depuis la zone de forte pression située dans le boîtier de clapet vers l'intérieur du boîtier de transducteur puis un canal de recirculation avec un abaissement de pression lié à la limitation de débit opérée par l'étroitesse du canal annulaire.

[0030] Un limiteur de débit à l'éjection est placé à l'intérieur de la buse dans l'espace annulaire compris entre la tige et la surface cylindrique interne de la buse de sorte que lors de l'éjection du fluide, le flux de liquide traversant la buse est défini de façon précise par l'espace compris entre la tige et le limiteur de débit.

[0031] Les moyens de mise en vibration cyclique de la tige sont formés par un transducteur comportant un système d'amplification mécanique et solidaire directement de la tige pour lui transmettre les déformations amplifiées.

[0032] Le deuxième organe se compose d'un boîtier de transducteur 15 présentant une cavité intérieure 10, un canal d'amenée du liquide sous haute pression 16 se prolongeant directement dans le boîtier de clapet sans communiquer avec la cavité 10, un canal de sortie 31 évacuant le carburant s'écoulant depuis l'intérieur du boîtier de clapet sous haute pression vers la cavité intérieure 10 à travers le limiteur de débit 33 de sorte que la limitation de débit engendre un abaissement de pression du liquide s'écoulant dans la cavité 10 vers le canal de circulation de carburant 31.

[0033] Le troisième organe est constitué par une tige 4 formée directement dans le prolongement du transducteur 1, l'ensemble étant logé mobile axialement à travers le boîtier de transducteur 15, la tige 4 dans sa partie inférieure 25 étant logée mobile axialement à l'intérieur de la buse 3. La tige 4 comprend à son extrémité inférieure 6 une pièce 7 formant clapet, le clapet étant solidaire de la tige 4 par l'intermédiaire d'une zone de solidarisation élastique 8. L'extrémité 6 de la tige 4 supporte le clapet 7 qui est adapté pour venir en contact avec la surface inférieure de la buse 3 définissant le siège 5 dudit clapet. La tige 4 présente une première partie 24 de fort diamètre par laquelle elle est reliée au transducteur 1, cette partie 24 se prolongeant par une autre partie de plus faible diamètre 25, supportant à son extrémité 6 le clapet 7 et insérée mobile axialement dans le boîtier de clapet 30.

[0034] Le boîtier de clapet 30 et le boîtier de transducteur 15 sont reliés de manière étanche et selon le même axe par un moyen de contrainte tel qu'un écrou raccord 28.

[0035] Le transducteur 1, inséré dans le boîtier de transducteur 15, présente un épaulement 12, correspondant à sa variation de section avec la tige 4. Cet épaulement 12 repose sur un élément d'appui 9, composé dans un matériau amortissant et élastique. Lors-

que cet élément d'appui est précontraint, il exerce alors une force orientée vers le canal de sortie 31 sur la tige 4 permettant ainsi d'appliquer le clapet 7 sur son siège 5 avec une force de valeur constante.

[0036] Dans sa partie basse, le boîtier de transducteur 15 présente un perçage coaxial 11 dans lequel sont insérés des éléments de guidage 27 assurant un maintien de la tige 4 selon l'axe commun des boîtiers.

[0037] Le montage du dispositif d'injection selon l'invention est réalisé de la façon suivante : le transducteur 1 et la tige 4 solidaires sont insérés à travers la zone de guidage 27 jusqu'à ce que l'extrémité 6 de la tige 4 atteigne la zone du siège 5. Une précontrainte d'une valeur fixée est exercée entre le transducteur 1 et le boîtier 15, laquelle précontrainte se traduit par une contraction du matériau 9 et une translation supplémentaire de la tige 4 par rapport au transducteur 1. La tige 4 est alors maintenue mécaniquement dans cette position, et le clapet 7 est alors solidarisé avec la tige 4 dans la zone 8. La pièce 9 exerce une force de rappel élastique tendant à écarter le transducteur 1 de la buse 3 ce qui entraîne l'application de l'extrémité 6 et du clapet 7, solidaires du transducteur 1, contre le siège 5 de la buse d'éjection 3 et le rattrapage d'usure éventuelle dans la zone de contact du clapet.

[0038] Les moyens obturateurs comme le clapet 7 peuvent être solidarisés sur l'extrémité 6 de la tige 4 par l'intermédiaire d'un filetage formé dans la zone 8, le filetage s'arrêtant sur un épaulement 29, visible sur la figure 2, formé dans la tige 4, de sorte que le clapet 7 peut être vissé en appui contre l'épaulement 29 avec une valeur de contrainte au serrage supérieure aux contraintes subies par le clapet 7 lors de son contact sur le siège 5 au cours de son mouvement oscillant.

[0039] Les moyens obturateurs comme le clapet 7 peuvent également être solidarisés élastiquement de part et d'autre de l'extrémité 6 de la tige 4 dans la zone 8 par un soudage laser ou faisceau d'électrons le long de la circonférence de l'épaulement 29 ainsi que le long de la circonférence de l'embase 32 du clapet 7.

[0040] Les moyens obturateurs tels que le clapet 7 peuvent être constitués dans un matériau différent de celui de la tige 4. En particulier, on peut associer une tige 4 en titane, ayant des capacités de déformations élastiques accrues par rapport à des aciers, avec un clapet en alliage fortement alliés ayant une forte résistance à l'abrasion et aux chocs élastiques en surface.

[0041] Lorsque le liquide est mis sous pression dans le boîtier de clapet 30, cette pression s'exerce sur la section apparente 23 due à la variation de section de la tige 4, et une partie du liquide s'écoule à travers le limiteur de débit 33. La partie de liquide s'écoulant à travers le limiteur de débit 33, dans la cavité 10 du boîtier de transducteur 1, circule vers le canal de sortie 31 qui est relié à une enceinte sous pression atmosphérique, le carburant de cette enceinte étant repris par un circuit de distribution sous pression, notamment par l'intermédiaire d'une pompe, de sorte que le débit de la pompe étant

très supérieure au débit autorisé par la section de passage 33, il apparaît de part et d'autre de la zone de variation de section 22, c'est-à-dire entre le boîtier de clapet 30 et le boîtier de transducteur 15, une différence de pression réglée par la pompe.

[0042] La circulation à basse pression du liquide dans la cavité 10 permet d'absorber le flux thermique éventuel généré par le transducteur 1, et ainsi, de maintenir la cavité 10 et le transducteur 1 dans une plage de température donnée, de sorte que le rendement électromécanique du transducteur 1 demeure constant dans cette plage de température et permet une excellente régularité de fonctionnement.

[0043] La surface de la section apparente 23 est supérieure à la section du perçage axial 34 au niveau du siège 5 du clapet 7 de sorte que la force de pression exercée sur la surface apparente du clapet 7 dans le sens d'une ouverture du clapet est compensée par une force opposée s'exerçant sur la section apparente 23 et permet ainsi de maintenir le clapet 7 en contact sur son siège 5 quelque soit la valeur de la pression d'alimentation du carburant.

[0044] Le transducteur 1 est dimensionné pour transmettre un maximum de contraintes au niveau de la jonction 12 avec la tige 4, ce maximum de contraintes correspondant à un minimum d'amplitude de vibration pour le matériau.

[0045] Le transducteur 1 comporte une zone 17, constituée de composants actifs piézo-électriques ou magnétostrictifs, qui, respectivement sous l'application d'un champ électrique ou magnétique se déforment en épaisseur. Cette partie 17 est prise en sandwich entre deux autres éléments 18 et 19 constitués d'un matériau élastique. La liaison entre les éléments 17, 18, et 19 est assurée par des moyens de précontrainte telle qu'une vis 20. L'empilement de plusieurs composants actifs 17 permet d'additionner les déformations en épaisseur générées par chacun des anneaux, la déformation résultante du déplacement total de l'empilement d'anneaux restant en dessous de la limite de déformation élastique du moyen de précontrainte 20. La réduction du diamètre de la partie 19 à la partie 24 permet d'amplifier les déformations longitudinales générées dans la partie 19 jusque dans la zone 8.

[0046] Le calculateur de contrôle moteur envoie deux impulsions correspondant au début et à la fin de l'injection. Pendant cette durée, un générateur de fréquence ultrasonore envoie un train d'onde (niveau 5V) à une fréquence donnée en entrée d'un amplificateur, lequel permet d'attaquer les céramiques piézo-électriques en tension alternative (de l'ordre de $\pm 60V$) à la même fréquence ultrasonore pendant la durée d'injection.

[0047] Sous l'application d'une tension électrique sur les électrodes des céramiques piézo-électriques, celles-ci se déforment et engendrent une contrainte élastique qui se transmet dans la tige 4 jusqu'à l'extrémité 6 où sont situés les moyens obturateurs 7.

[0048] L'ensemble composé du transducteur 1 et de

la tige 4 est dimensionné pour résonner à la fréquence d'excitation des composants actifs 17 et pour amplifier les déplacements longitudinaux jusqu'au niveau de l'extrémité inférieure de la tige 4.

[0049] La tige 4, obturant initialement l'ouverture 21 par son extrémité formant clapet 7, se déforme sous l'impulsion qui lui est fournie lorsque le transducteur est excité électriquement. Cette déformation se répartit élastiquement sur toute la longueur de la tige 4 selon le mode propre de déformation correspondant à la fréquence de l'excitation électrique. Les réflexions à l'extrémité de la tige 4, où s'opère l'éjection, permettent de faire osciller l'extrémité 6 avec le clapet 7 et ainsi de faire apparaître l'ouverture 21 de manière cyclique à travers laquelle est éjecté le liquide sous pression.

[0050] L'ouverture de la fente annulaire 21 est donc oscillante et égale à l'amplitude de vibration du clapet 7 par rapport à l'extrémité 6 de la tige 4. La fréquence d'ouverture de la fente dépend alors de la fréquence d'excitation choisie pour le transducteur 1.

[0051] Le temps d'ouverture minimum du dispositif d'injection est du même ordre que la période d'excitation appliquée au transducteur 1, laquelle excitation peut se faire à quelques dizaines de kilohertz, typiquement 50 kHz, ce qui autorise des temps d'ouverture minimum de l'ordre de 20 μ s. Ceci permet de délivrer des micro-quantités de liquide pendant un laps de temps réduit par rapport aux dispositifs d'injection plus classiques où le temps minimum pour opérer l'ouverture et la fermeture du nez d'injection est plutôt de l'ordre de 300 μ s.

[0052] L'alimentation en carburant du moteur est du type multipoint à commande électronique par lequel chaque chambre de combustion est alimentée directement en carburant par au moins un injecteur de carburant débouchant dans la chambre.

[0053] Selon un mode particulier de réalisation de l'injecteur objet de la présente invention, le transducteur 1 comprend un cylindre 18 en acier de diamètre 20 mm et hauteur 25 mm comportant dans sa partie supérieure un axe fileté 20.

[0054] L'axe fileté 20 du cylindre 18 permet de précontraindre des anneaux de céramiques piézo-électriques (diamètre externe 20 mm, diamètre interne 6 mm, épaisseur 2 mm) entre le cylindre 18 et la partie émettrice 19. Les céramiques sont disposées avec des polarisations anti-parallèles, des électrodes 13 étant interposées entre chaque paire de céramique.

[0055] Une tige 4 en titane usinée dans le prolongement du transducteur 1 est insérée à travers les boîtiers de transducteur 15 et de clapet 30 et reçoit ensuite à son extrémité 6 un clapet 7 de forme conique en acier solidarisé élastiquement dans la zone 8.

[0056] L'élasticité du matériau 9 est choisi de sorte qu'il permette de rattraper des variations de longueur entre la tige 4 et la buse 3 dues à des dilatations thermiques sans modification effective de la valeur de la précontrainte assurant l'étanchéité.

[0057] La masse du transducteur 1 et la rigidité de la

rondelle 9 sont choisies pour former un système ayant un temps de réponse très grand par rapport aux durées d'excitation du transducteur 1 de l'ordre de 1 à 20 millisecondes au maximum.

[0058] Lorsque l'on applique une tension variable de l'ordre de 60 Volts aux bornes des céramiques par l'intermédiaire des électrodes communes 13, les céramiques se déforment en épaisseur et les déformations se transmettent dans l'ensemble de la structure.

[0059] L'amplitude d'oscillation pour une tension de 60 Volts appliqués sur chaque électrode est voisine de 20 microns, laissant ainsi une ouverture 5 générant un film fluide dont l'épaisseur est du même ordre (20 microns). Ce film fluide est fragmenté par la fermeture de l'ouverture 21 qui intervient au bout d'un temps très court (toutes les 20 μ s).

[0060] Le dispositif permet ainsi de générer, selon les besoins, de très fines gouttelettes. La modulation de l'amplitude de l'ouverture 21 permet de moduler la taille des gouttes et ainsi le débit avec des temps de réponse de l'ordre de 20 μ s.

[0061] Lorsque l'on commande un déplacement du clapet 7 au delà d'une valeur seuil, la section débitante par l'ouverture 21 est supérieure à celle du limiteur de débit 26 et le débit de l'injecteur est alors fonction de la pression et de la section de passage du limiteur de débit 26. Les quantités injectées sont contrôlées précisément par le nombre de cycles d'ouverture et la taille des gouttes par la valeur du déplacement.

[0062] Lorsque l'on commande un déplacement du clapet 7 en dessous de la valeur seuil citée plus haut, la section débitante par l'ouverture 21 est inférieure à celle du limiteur de débit 26 et le débit instantané de l'injecteur est alors fonction à chaque oscillation de la pression et de la section de passage générée par l'ouverture 21. Les quantités injectées sont contrôlées dans ce cas par l'amplitude de déplacement et par le nombre d'oscillations commandées, la quantité minimale injectée peut encore être réduite et le taux de nébulisation du liquide augmenté.

[0063] Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et illustrés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. Au contraire, l'invention comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont effectuées selon son esprit.

Revendications

1. Dispositif d'injection de carburant pour moteur à combustion interne, du type qui comporte un boîtier d'injection alimenté en carburant se terminant par une buse d'injection, un transducteur (1) de mise en vibration cyclique disposé à l'intérieur du boîtier et des moyens obturateurs (7), disposés à l'extrémité de la buse (3), et rappelés par des moyens élastiques de rappel contre ladite extrémité, les

moyens élastiques de rappel étant composés par une tige (4) est solidaire du transducteur (1) et solidarissant les moyens obturateurs (7) au transducteur (1), et d'autre part de moyens d'amortissement (9) de l'ensemble solidaire formé par le transducteur (1), la tige (4) et les moyens obturateurs (7), la mise en vibration du transducteur (1) générant une déformation alternée en contraction et dilatation dans la tige (4), **caractérisé en ce que** la tige (4) comporte une réduction de section (23) permettant d'amplifier les déformations engendrées par le transducteur (1), et **en ce que** la tige (4) est placée au moins en partie dans un perçage axial (34) du boîtier d'injection, la surface de la section apparente de la réduction de section (23) étant supérieure à la surface de la section apparente du perçage axial (34) contenant la tige (4) au niveau de l'extrémité de la buse (3),

2. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la tige (4) est formée directement dans le prolongement du transducteur (1).
3. Dispositif d'injection de carburant selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le boîtier d'injection comprend un boîtier de transducteur (15) et un boîtier de clapet (30), ledit boîtier de clapet (30) formant à l'une de ses extrémités la buse (3), et étant traversé par le perçage axial (34), les deux boîtiers (15,30) étant reliés coaxialement.
4. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le boîtier de clapet (30) est alimenté sous haute pression en carburant et débite, dans le boîtier de transducteur (15), à travers un canal étroit, formant un limiteur de débit (33) imposant un abaissement de la pression du carburant, le carburant circulant alors jusque vers un canal de sortie (31).
5. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le canal étroit formant limiteur de débit (33) est formé par la tige (4) et le perçage axial (34) au niveau de la réduction de la surface de section (23) de la tige (4).
6. Dispositif d'injection de carburant selon les revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** lorsque le carburant est mis sous pression dans le boîtier de clapet (30), cette pression s'exerce sur la section apparente de la réduction de section (23), et une partie du carburant s'écoule à travers le limiteur de débit (33), dans le boîtier de transducteur (15) pour circuler vers le canal de sortie (31) jusqu'à une enceinte sous pression atmosphérique, le carburant présent dans cette enceinte étant repris par un circuit de distribution sous pression, notamment par

l'intermédiaire d'une pompe, de débit de la pompe étant très supérieur au débit autorisé par le limiteur de débit (33), de sorte qu'il apparaît, de part et d'autre de la zone de réduction de section (23), une différence de pression réglée par la pompe.

7. Dispositif d'injection de carburant selon les revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** la circulation à basse pression du carburant dans le boîtier du transducteur (15) permet d'absorber le flux thermique éventuel généré par le transducteur (1), et ainsi de maintenir le boîtier de transducteur (15) et le transducteur (1) dans une plage de température donnée, de sorte que le rendement électromécanique du transducteur (1) demeure constant dans cette plage de température.
8. Dispositif d'injection de carburant selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens obturateurs (7), notamment un clapet, peuvent être solidarités sur l'extrémité (6) de la tige (4) par l'intermédiaire d'un filetage, le filetage s'arrêtant sur un épaulement (29) formé dans la tige (4), de sorte que les moyens obturateurs (7) peuvent être vissés en appui contre l'épaulement (29) avec une valeur de contrainte au serrage supérieure aux contraintes subies par les moyens obturateurs (7) lors de son contact sur l'extrémité de la buse (3) au cours de son mouvement oscillant.
9. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 1 à 8, **caractérisé en ce que** les moyens obturateurs (7) sont traversés par l'extrémité (6) de la tige (4), et viennent en appui sur un épaulement (29) formé dans la tige (4), ladite extrémité (6) se projetant en saillie par rapport à une embase (32) des moyens obturateurs (7), et **en ce que** les moyens obturateurs (7) sont solidarités sur la tige (4) par un soudage, notamment soudage laser ou faisceau d'électrons, réalisé le long de la circonférence de l'épaulement (29), ainsi que le long de la circonférence de l'embase (32) du clapet (7).

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung für einen Verbrennungsmotor von dem Typ, welcher ein Einspritzgehäuse aufweist, das mit Kraftstoff versorgt wird, welches durch eine Einspritzdüse endet, einen Wandler (1) zum Versetzen in zyklische Vibration, welcher im Inneren des Gehäuses angeordnet ist und Verschlussmittel (7), die am Ende der Düse (3) angeordnet sind, und welche durch elastische Rückstellmittel gegen das Ende zurückgestellt sind, wobei die elastischen Rückstellmittel aus einer Stange (4) zusammengesetzt sind, die mit dem Wandler (1) fest verbunden ist und die Ver-

schlussmittel (7) mit dem Wandler (1) verbindet, und andererseits Dämpfmittel (9) der zusammenhängenden Gesamtheit, welche durch den Wandler (1), die Stange (4) und die Verschlussmittel (7) gebildet wird, wobei das unter Vibrationssetzen des Wandlers (1) eine Verformung in der Stange (4) erzeugt, welche in Zusammenziehung und Ausdehnung wechselt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stange (4) eine Querschnittsreduzierung (23) aufweist, welche es ermöglicht, die Verformungen, die durch den Wandler (1) erzeugt werden, zu verstärken und dass die Stange (4) mindestens teilweise in einer axialen Bohrung (34) des Einspritzgehäuses angeordnet ist, wobei die Oberfläche des sichtbaren Abschnitts der Querschnittsreduzierung (23) größer als die Oberfläche des sichtbaren Abschnitts der axialen Bohrung (34), welche die Stange (4) enthält, auf Höhe des Endes der Düse (3) ist.

2. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stange (4) direkt in der Verlängerung des Wandlers (1) gebildet ist.
3. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Einspritzgehäuse ein Wandlergehäuse (15) und ein Klappengehäuse (30) aufweist, wobei das Klappengehäuse (30) an einem seiner Enden die Düse (3) bildet, und wobei es von der axialen Bohrung (34) durchquert wird, wobei die zwei Gehäuse (15, 30) coaxial miteinander verbunden sind.
4. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Klappengehäuse (30) unter Hochdruck mit Kraftstoff versorgt wird und in das Wandlergehäuse (15) über einen geraden Kanal liefert, welcher einen Ausstoß-Begrenzer (33) bildet, welcher eine Absenkung des Kraftstoffsdrucks auferlegt, wobei so der Kraftstoff bis in Richtung zu einem Auslasskanal (31) zirkuliert.
5. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gerade Kanal, welcher den Ausstoß-Begrenzer (33) bildet, durch die Stange (4) und die axiale Bohrung (34) auf Höhe der Querschnittsoberflächenreduzierung (23) der Stange (4) gebildet wird.
6. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß den Ansprüchen 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn der Kraftstoff in dem Klappengehäuse (30) unter Druck gesetzt wird, dieser Druck sich über den sichtbaren Abschnitt in der Querschnittsreduzierung (23) anlegt und ein Teil des Kraftstoffs durch den Ausstoß-Begrenzer (33) in das Wandlergehäuse (15) fließt, um in Richtung zu dem Auslasskanal

(31) zu zirkulieren bis zu einem Raum unter atmosphärischem Druck, wobei der Kraftstoff, der in diesem Raum vorhanden ist, durch eine Verteilerleitung unter Druck wieder aufgenommen wird, insbesondere über eine Pumpe, wobei der Ausstoß der Pumpe viel höher als der Ausstoß ist, welcher durch den Ausstoß-Begrenzer (33) in einer Art und Weise erlaubt wird, dass beiderseits der Querschnittsreduzierungszone (23) ein durch die Pumpe geregelter Druckunterschied auftritt.

7. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß den Ansprüchen 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zirkulation bei Niedrigdruck des Kraftstoffs in dem Wandlergehäuse (15) es ermöglicht, den thermischen Fluss, welcher gegebenenfalls durch den Wandler (1) erzeugt wird, zu absorbieren, und so das Wandlergehäuse (15) und den Wandler (1) in einem vorgegebenen Temperaturbereich in einer Art und Weise zu halten, dass der elektromechanische Wirkungsgrad des Wandlers (1) in diesem Temperaturbereich konstant bestehen bleibt.
8. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlussmittel (7), insbesondere eine Klappe, an dem Ende (6) der Stange (4) mittels einem Gewinde fest verbunden werden können, wobei das Gewinde an einer Schulter (29), die in der Stange (4) gebildet ist in einer Art und Weise aufhört, dass die Verschlussmittel (7) in Anlage gegen die Schulter (29) mit einem größeren Spannungswert aufgeschraubt werden können gegenüber den Spannungen, welche von den Verschlussmitteln (7) ausgehalten werden, während ihrem Kontakt an dem Ende der Düse (3) im Verlaufe ihrer hin- und hergehenden Bewegung.
9. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlussmittel (7) durch das Ende (6) der Stange (4) durchquert werden und in Anlage an eine Schulter (29) gelangen, welche an der Stange (4) gebildet ist, wobei das Ende (6) vorragend im Verhältnis zu einer Basis (32) der Verschlussmittel (7) ausragt und dass die Verschlussmittel (7) fest an der Stange (4) durch Schweißung verbunden sind, insbesondere durch Laserschweißung oder Elektronenstrahlschweißung, welche entlang dem Umfang der Schulter (29), ebenso wie entlang dem Umfang der Basis (32) der Klappe (7) realisiert ist.

Claims

1. A fuel injection device for an internal combustion engine, of the type comprising an injection housing supplied with fuel ending in an injection nozzle, a

transducer (1) for cyclical vibration disposed within the housing and shutter means (7) disposed at the end of the nozzle (3) and recalled by elastic recall means against this end, the elastic recall means being formed by a rod (4) which is rigid with the transducer (1) and rigidly connects the shutter means (7) to the transducer (1), and damping means (9) for the rigid assembly formed by the transducer (1), the rod (4) and the shutter means (7), the vibration of the transducer (1) generating an alternating deformation in contraction and expansion in the rod (4), **characterised in that** the rod (4) comprises a reduction of section (23) making it possible to amplify the deformations generated by the transducer (1) and **in that** the rod (4) is disposed at least partially in an axial hole (34) of the injection housing, the surface of the apparent section of the reduction of section (23) being greater than the surface of the apparent section of the axial hole (34) containing the rod (4) at the location of the end of the nozzle (3).

2. A fuel injection device as claimed in claim 1, **characterised in that** the rod (4) is formed directly as a prolongation of the transducer (1).

3. A fuel injection device as claimed in claims 1 or 2, **characterised in that** the injection housing comprises a transducer housing (15) and a valve housing (30), the valve housing (30) forming, at one of its ends, the nozzle (3) and being traversed by the axial hole (34), the two housings (15, 30) being coaxially connected.

4. A fuel injection device as claimed in claim 3, **characterised in that** the valve housing (30) is supplied at high pressure with fuel and flows, in the transducer housing (15), via a narrow channel forming a flow limiter (33) imposing a reduction of the fuel pressure, the fuel then circulating to a discharge duct (31).

5. A fuel injection device as claimed in claim 4, **characterised in that** the narrow channel forming a flow limiter (33) is formed by the rod (4) and the axial hole (34) at the level of the reduction of the section surface (23) of the rod (4).

6. A fuel injection device as claimed in claims 4 or 5, **characterised in that** when the fuel is pressurised in the valve housing (30), this pressure is exerted on the apparent section of the section reduction (23), and a portion of the fuel flows through the flow limiter (33) into the transducer housing (15) in order to circulate towards the discharge duct (31) up to a chamber at atmospheric pressure, the fuel contained in this chamber being taken up by a pressurised distribution circuit, in particular by means of a pump, the flow rate of the pump being much greater

than the flow rate enabled by the flow limiter (33) such that a pressure difference regulated by the pump appears on either side of the zone of reduction of section (23).

7. A fuel injection device as claimed in claims 4 to 6, **characterised in that** the low pressure circulation of the fuel in the transducer housing (15) makes it possible to absorb any thermal flux generated by the transducer (1) and thus to maintain the transducer housing (15) and the transducer (1) in a given temperature range, such that the electro-mechanical performance of the transducer (1) remains constant in this temperature range.

8. A fuel injection device as claimed in any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the shutter means (7), in particular a valve, may be made rigid on the end (6) of the rod (4) by means of a thread, the thread ending at a shoulder (29) formed in the rod (4) such that the shutter means (7) may be screwed to bear against the shoulder (29) with a clamping force value greater than the forces to which the shutter means (7) are subject when in contact with the end of the nozzle (3) during its oscillating movement.

9. A fuel injection device as claimed in claims 1 to 8, **characterised in that** the shutter means (7) are traversed by the end (6) of the rod (4) and come to bear on a shoulder (29) formed in the rod (4), the end (6) projecting with respect to a base (32) of the shutter means (7), and **in that** the shutter means (7) are made rigid on the rod (4) by welding, in particular laser or electron beam welding, along the circumference of the shoulder (29) and along the circumference of the base (32) of the valve (7).

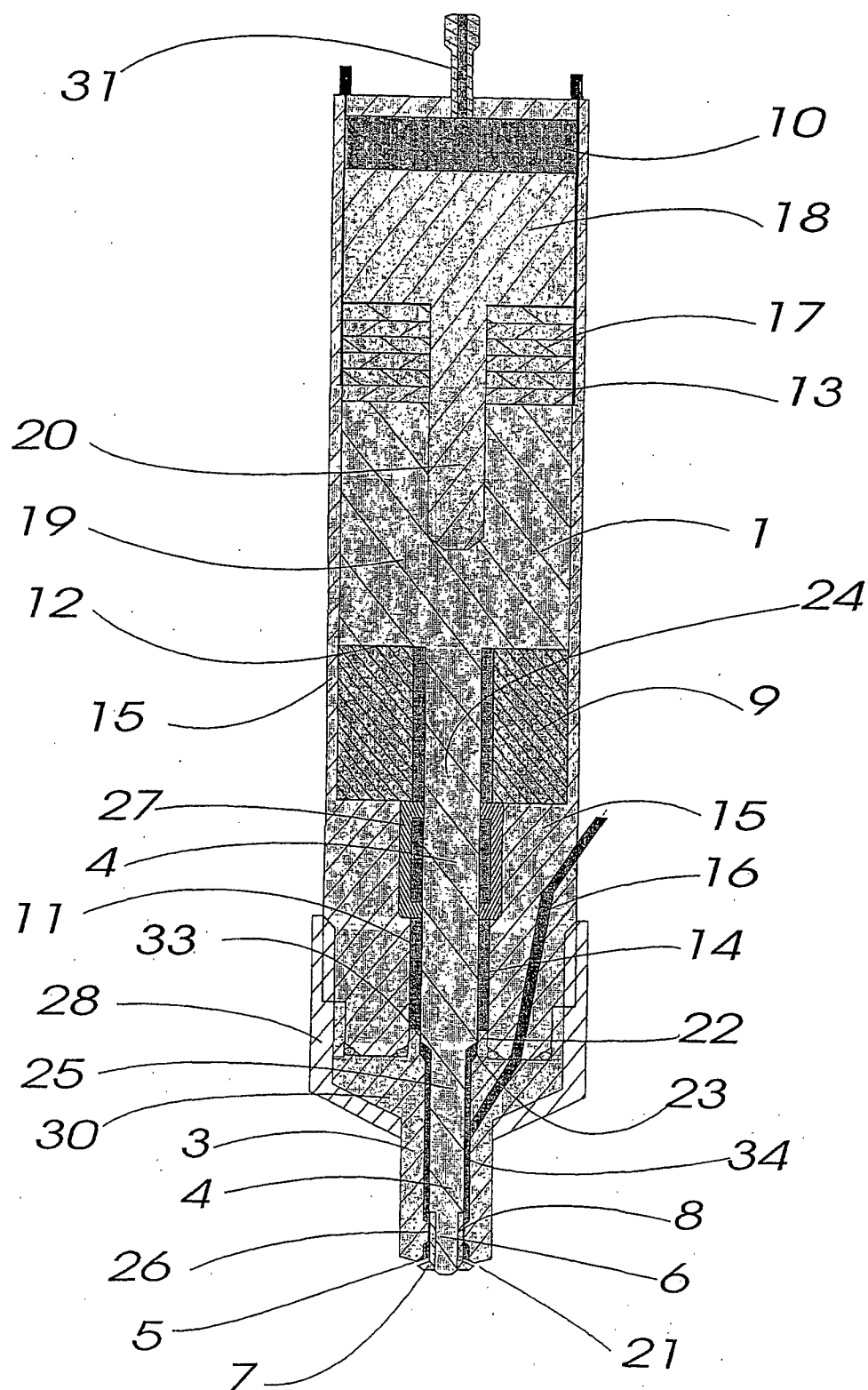


Fig.1

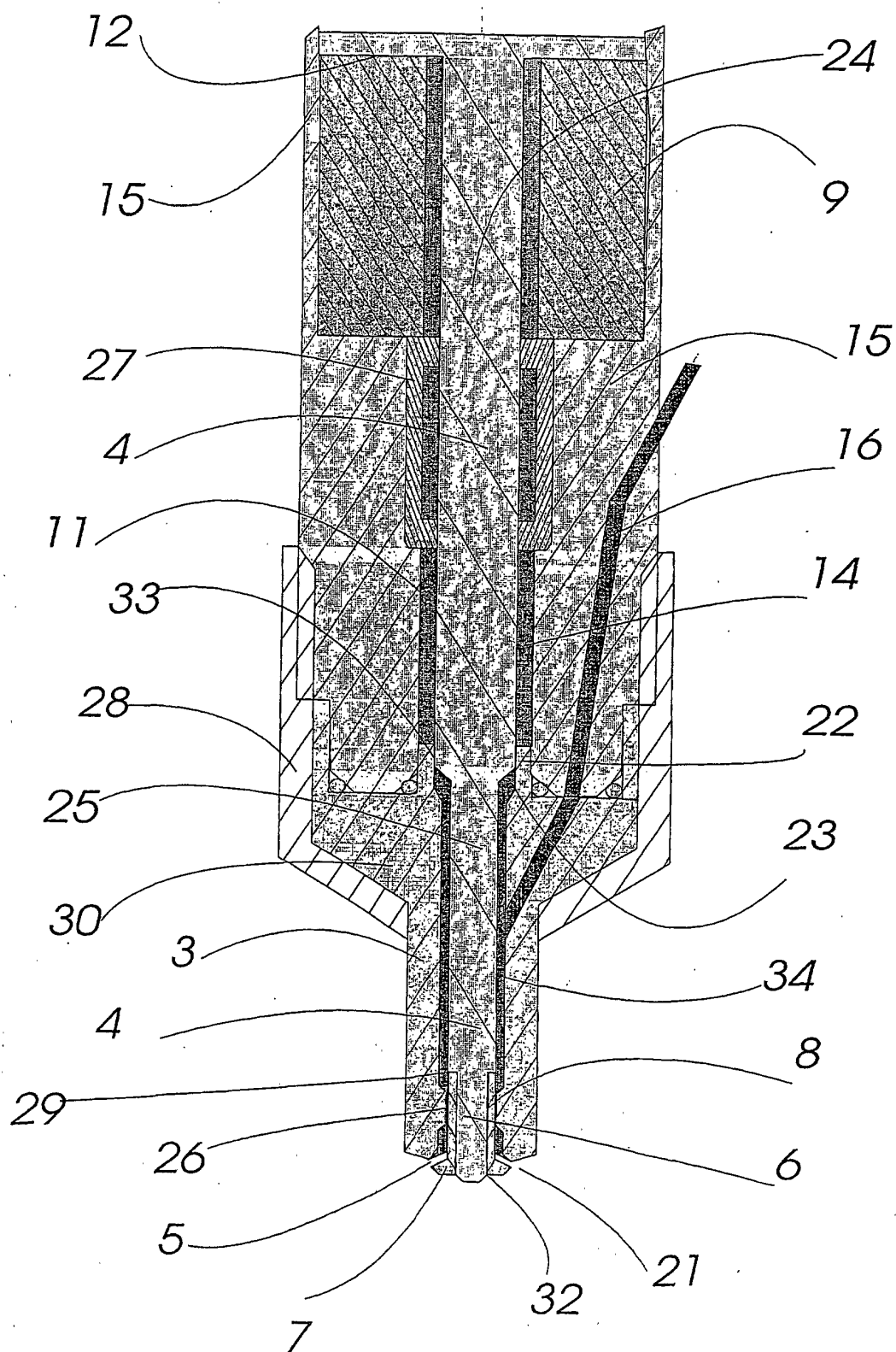


Fig.2