



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 809 017 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.11.1997 Patentblatt 1997/48

(51) Int. Cl.⁶: F02M 61/18, F02M 45/08

(21) Anmeldenummer: 96108193.2

(22) Anmeldetag: 22.05.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT SE

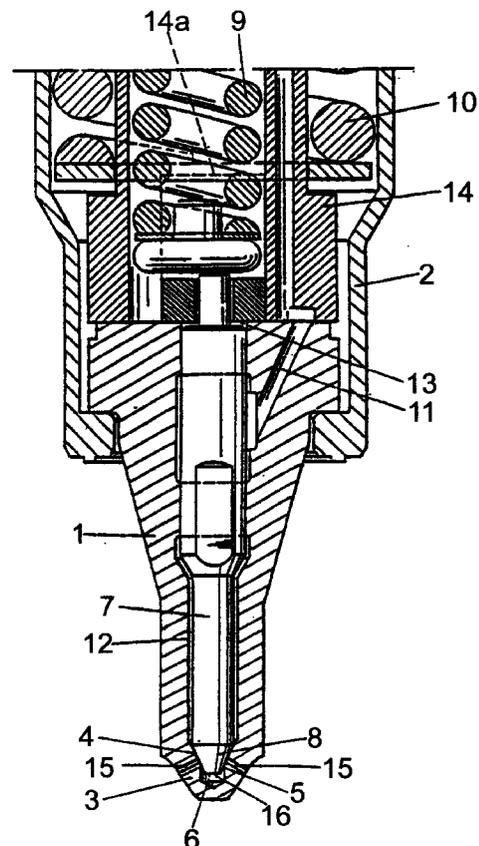
(71) Anmelder:
STEYR-DAIMLER-PUCH
AKTIENGESELLSCHAFT
1010 Wien (AT)

(72) Erfinder:
• Schmidt, Harald, Ing.
A-1100 Wien (AT)
• Morell, Josef
A-3001 Mauerbach (AT)
• Waras, Heinz, Ing.
A-4400 Steyr (AT)
• Raffelsberger, Patrik, Dipl.-Ing.
A-4400 Steyr (AT)

(54) Zweistufige Kraftstoffeinspritzdüse für Brennkraftmaschinen

(57) Eine Kraftstoffeinspritzdüse besteht aus einem in einer Düsenkuppe (3) endenden Düsengehäuse (1) und einer in diesem geführten Düsennadel (7), die federnd gegen einen konischen Ventilsitz (4) in der Düsenkuppe (3) gedrückt wird, welcher konische Ventilsitz (4) mehrere vom konischen Ende (8) der Düsennadel überdeckte Spritzbohrungen (15) aufweist und in ein Sackloch (6) übergeht, wobei am Ende der ersten Hubphase die jeweilige gedachte Zylindermantelfläche (M), die sich in Verlängerung jeder Spritzbohrung (15) zwischen dem konischen Ende (8) der Düsennadel (7) und dem konischen Ventilsitz (4) ergibt, kleiner als die Querschnittsfläche (Q) der jeweiligen Spritzbohrung (15) ist. Um das Emissionsverhalten insgesamt weiter zu verbessern, ist die gedachte Zylindermantelfläche (M) maximal 0,3 mal der Querschnittsfläche (Q) der jeweiligen Spritzbohrung (15) und die Eintrittszone (17) in die Spritzbohrung (15) ist mit einem Radius von mindestens einem Zehntel des Durchmessers der Spritzbohrung (15) abgerundet.

Fig. 1



EP 0 809 017 A1

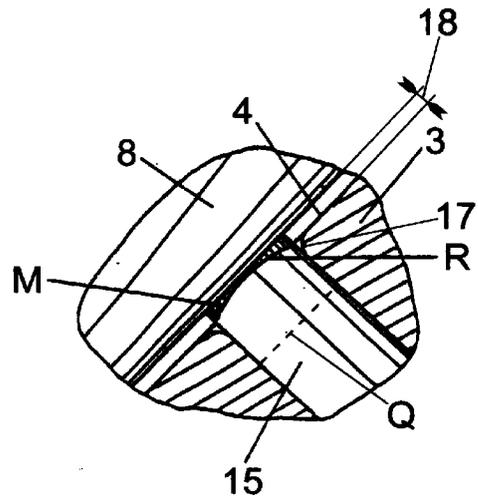


Fig. 2

Beschreibung

Die Erfindung handelt von einer Kraftstoffeinspritzdüse für Brennkraftmaschinen bestehend aus einem in einer Düsenkuppe endenden Düsengehäuse und einer in diesem geführten und an ihrem unteren Ende konischen Düsennadel, welche federnd gegen einen konischen Ventilsitz in der Düsenkuppe gedrückt wird, welcher konische Ventilsitz mehrere vom konischen Ende der Düsennadel überdeckte Spritzbohrungen aufweist und in ein Sackloch übergeht, wobei sich die Düsennadel unter dem Druck des zugeführten Treibstoffes in einer ersten Hubphase gegen die Kraft einer ersten Feder vom Ventilsitz abhebt und an einen Anschlag anlegt, der seinerseits in einer zweiten Hubphase gegen die Kraft einer zweiten Feder verschiebbar ist, und wobei am Ende der ersten Hubphase die jeweilige gedachte Zylindermantelfläche, die sich in Verlängerung jeder Spritzbohrung zwischen dem konischen Ende der Düsennadel und dem konischen Ventilsitz ergibt, kleiner als die Querschnittsfläche der jeweiligen Spritzbohrung ist, wodurch es zu einer ersten Umlenkung der Treibstoffströmung in dem Raum zwischen Düsennadel und konischem Ventilsitz und zu einer anschließenden zweiten Umlenkung beim Einströmen in die Spritzbohrung kommt.

Aus der EP 413 173 B1 ist eine gattungsgemäße Einspritzdüse bekannt, bei der die Zylindermantelfläche in Verlängerung jeder Spritzbohrung maximal 0,75 mal die Querschnittsfläche der jeweiligen Spritzbohrung ist. Aufgrund der dadurch mitverursachten besonderen Strömungsverhältnisse wurde bei derartigen Düsen in der ersten Hubphase höchste Zerstäubung und in der zweiten Hubphase optimale Zerstäubung bei ausreichender Penetration erreicht. Es bestand jedoch Raum für weitere Verbesserungen hinsichtlich Emissionen und Verbrennungsgeräuschen, vor allem in der ersten Hubphase. In Anbetracht der zukünftigen Abgasgrenzwerte nach EURO III waren weitere Verbesserungen und Optimierungen auch notwendig. Sie wurden in ausgedehnten Versuchsreihen und gestützt auf hydrodynamische Überlegungen erreicht.

Mit diesen Überlegungen wurde bei folgenden Zusammenhängen angesetzt: Die in der ersten Hubphase nötige geringe Einspritzrate erfordert einen möglichst kleinen Nadelhub, dieser bewirkt vor allem eine Reduktion des Verbrennungsgeräusches. Dieser kleine Nadelhub führt zu erhöhtem Druckverlust und die Zerstäubung ist maximal, was nach dem Zünden zu erhöhter Partikelemission führt. Dieser Druckverlust vermindert aber auch die Penetration, was einerseits eine Verminderung der Kohlenwasserstoffemissionen zur Folge hat (HC-Emissionen entstehen durch Wandberührung des Treibstoffes) andererseits aber ungleichmäßige Verteilung des Treibstoffes in der Verbrennungsluft und damit Partikelemissionen verursacht. Insofern wäre eine Vergrößerung des Nadelhubes vorzuziehen, diese aber führt wieder zu einer Verstärkung des Verbrennungsgeräusches. Bei all dem

kann die Hubhöhe in der ersten Phase aber nicht beliebig variiert werden; die Strömungs- und Druckverhältnisse müssen ja immer die Ausbildung des besonderen Strömungsmusters mit der zweimaligen Umlenkung in unmittelbarer Nähe des Eintrittes in die Spritzbohrung erlauben, das in der den Stand der Technik darstellenden EP 413 173 B1 ausführlich beschrieben ist. Sobald die Verhältnisse sich aus den sehr engen Grenzen heraus ändern, kann sich die besondere Strömungsform nicht ausbilden oder sie bricht zusammen. Dadurch sind sämtliche Vorteile verspielt, weil die Einspritzwolke dann zum Einspritzstrahl wird, was zum sprunghaften Anstieg der HC- und der Partikelemissionen führt.

Dazu kommt noch eine weitere Schwierigkeit, wenn derartige Düsen in der üblichen Weise - also in einem Motor mit zwei Ventilen pro Zylinder - etwas geneigt angeordnet sind. Da sich die Ausspritzbohrungen dann bezüglich der Düsenachse nicht mehr gleichen, sind die Druckverluste in der Eintrittszone und in der Austrittszone der Ausspritzbohrungen und in der Bohrung selbst verschieden.

Es ist somit Ziel der Erfindung, einen Ausweg aus diesem Dilemma zu weisen und die Düse nach dem Stand der Technik so zu verbessern, daß sich das Emissionsverhalten insgesamt - also aller Emissionen einschließlich Lärmemissionen - weiter verbessert.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß die gedachte Zylindermantelfläche maximal 0,3 mal der Querschnittsfläche der jeweiligen Spritzbohrung beträgt und daß der Eintritt in die Spritzbohrung mit einem Radius von 8 Prozent bis 25 Prozent des Durchmessers der jeweiligen Spritzbohrung ausgerundet ist.

Es wird also die Zylindermantelfläche besonders nieder, wodurch zwar ohne nennenswerte Erhöhung der Drosselverluste die Einspritzrate gesenkt wird, andererseits aber die Grenzschichtströmung an den Wänden mehr Einfluß hat. Um unter diesen Verhältnissen noch das "Anspringen" der doppelt umgelenkten Strömung in die Ausspritzbohrungen sicherzustellen, wurde die bestimmte Ausrundung ermittelt.

Damit werden mehrere Verbesserungen erreicht: Wegen der kleinen Einspritzrate wird weniger Verbrennungsgeräusch entwickelt; wegen der weiterhin doppelt umgelenkten Strömung ist die Zerstäubung extrem fein und wegen des relativ hohen Druckes die Penetration doch ausreichend für eine gute Durchmischung, dadurch weniger Partikelemissionen, auch in extremen Betriebsbedingungen, beispielsweise bei hohem Druck im Verbrennungsraum (die damit einhergehende höhere Dichte vermindert die Penetration tendenziell).

Als zusätzlicher Vorteil wird gewonnen, daß durch die Abrundungen die umlenkungsbedingten Druckverluste bei schräg eingebauter Düse mit verschiedenen Spritzlochwinkeln weniger stark voneinander abweichen, wodurch insgesamt das Einspritzmuster regelmäßiger wird.

In einer bevorzugten Auslegung ist der Eintritt in die Spritzbohrung mit einem Radius von 8 Prozent bis 15 Prozent des Durchmessers der jeweiligen Spritzboh-

rung ausgerundet (Anspruch 2). Damit werden bei kleineren Spritzbohrungen besonders gute Resultate erzielt.

In Weiterführung des Erfindungsgedankens kann die Grenzschicht weiter beeinflusst werden, indem der Übergang von der Ausrundung zur konischen Sitzfläche eine Kante bildet (Anspruch 3). Diese Kante bildet dann eine Ablösekante, die die Ausbildung einer doppelt umgelenkten Strömung bei minimalem Druckverlust begünstigt.

Optimale Resultate werden mit der Ablösekante erzielt, wenn der Eintritt in die Spritzbohrung mit einem Radius von 18 Prozent bis 25 Prozent des Durchmessers der jeweiligen Spritzbohrung ausgerundet ist (Anspruch 4). Die Ablösekante wird vorzugsweise dadurch hergestellt, daß die Endbearbeitung der konischen Sitzfläche erst nach der Ausrundung erfolgt (Anspruch 5).

Eine weitere Verbesserung wird erzielt, wenn die Spritzbohrungen an ihrer Austrittsseite von einer scharfen Kante begrenzt sind, die in einer zur Achse der Spritzbohrung normalen Ebene liegt (Anspruch 6). Die scharfe Kante bildet wieder eine Abreibkante, die verlustlosen Austritt sichert. Die normale Ebene bewirkt bei Düsen mit gegenüber der Austrittfläche geneigten, oder gar verschieden stark geneigten, Düsenbohrungsachsen noch, daß der austretende Treibstoff nicht um einen obendrein druckabhängigen Winkel abgelenkt wird. Sie trägt somit erheblich zu besseren Emissionswerten bei.

Weiters kann dazu beitragen, daß alle Spritzbohrungen gleich lang sind (Anspruch 7), was sich angesichts der rotierenden Strömung direkt auf die Form der Einspritzwolke auswirkt.

Dadurch sind die Druckverluste in allen Bohrungen gleich. Das wird vorzugsweise bei der Bildung der scharfen Kanten erreicht, bei der die Bearbeitungstiefe ja entsprechend gewählt werden kann.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Abbildungen beschrieben und erläutert. Es stellen dar:

Fig.1: Die erfindungswesentlichen Teile einer Kraftstoff-Einspritzdüse mit zweiphasigem Nadelhub in vereinfachter Darstellung im Axialschnitt,

Fig.2: den Bereich einer erfindungsgemäßen Ausspritzbohrung als vergrößertes Detail,

Fig.3: Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einspritzdüse,

Fig.4: Detail IV der Fig. 3, stark vergrößert.

In Figur 1 endet das Düsengehäuse 1, das durch eine Überwurfmutter 2 mit den übrigen Vorrichtungsteilen verbunden ist, in einer Düsenkuppe 3, die innen einen konischen Ventilsitz 4 aufweist, der mit scharfer Kante 5 mit einem Winkel von etwa 30° in ein Sackloch 6 übergeht. Im Düsengehäuse 1 ist eine Düsennadel 7

geführt, die federnd gegen den konischen Ventilsitz 4 gedrückt wird und ebenfalls einen konischen Endabschnitt 8 besitzt, so daß die Düsennadel 7 mit ihrem Endabschnitt 8 zusammen mit dem Ventilsitz 4 ein Ventil bildet, das in der Fig. 1 in geschlossener Stellung dargestellt ist.

Beim Einspritzen wird der Kraftstoff von einer nicht dargestellten Einspritzpumpe einem Kanal 11 zugeführt und gelangt in einen Sammelraum 12, von wo er entlang der Düsennadel 7 bis zum Ventilsitz 4 vordringt. Der Druck im Sammelraum 12 übt eine aufwärts gerichtete Kraft auf die Düsennadel 7 aus, auf die zunächst eine schwächere Feder 9 einwirkt, die von einer wesentlich stärkeren Feder 10 umschlossen ist. Steigt der Pumpendruck an, so wird die Düsennadel 7 bzw. deren Endabschnitt 8 gegen die Kraft der Feder 9 vom Ventilsitz 4 so weit abgehoben, bis sie sich gegen die Fläche des Anschlags 13 legt. Das ist die erste Hubphase, in der die Mantelfläche des gedachten Zylinders kleiner als der Querschnitt der Ausspritzbohrung ist. Erst bei weiterem Anstieg des Kraftstoffdruckes wird dann auch der Anschlag 13 gegen die Kraft der Feder 10 bis zum Anlegen an eine Innenschulter 14a einer Hülse 14 angehoben. Das ist die zweite Hubphase, in der die Mantelfläche größer als der Querschnitt der Ausspritzbohrung ist.

Die Düsenkuppe 3 weist im Bereich des Ventilsitzes 4 Ausspritzbohrungen 15 auf, die bei geschlossenem Ventil vom konischen Endabschnitt 8 der Düsennadel 7 überdeckt sind. Dieser konische Abschnitt 8 ist gegen das Sackloch 6 hin durch eine Kante 16 begrenzt, die auch am Ende der ersten Hubphase unter dem Eintritt der Ausspritzbohrungen bleibt.

Wie in Fig. 2 angedeutet, soll nun erfindungsgemäß nach der ersten Hubphase der Düsennadel 7 jeweils die Mantelfläche M des sich in Verlängerung der Ausspritzbohrung 15 zwischen deren innerem Rand R und der Oberfläche des konischen Endabschnittes 8 sich ergebenden gedachten Zylinders nur bis zu 30 Prozent der Querschnittsfläche der Ausspritzbohrung 15 betragen und ist der innere Rand R nur mehr die Verschneidungskurve der Verlängerung der Ausspritzbohrung 15 mit der inneren Kegelfläche 4 der Düsenkuppe 3. Dadurch kommt es trotz der sehr geringen Spalthöhe 18 erst im Bereich der Ausspritzbohrungen 15 zu einer zweimaligen Umlenkung (dieses Strömungsmuster ist in der EP 413 173 B1 ausführlich beschrieben) und zu einer Drosselung der Kraftstoffströmung, die wegen der hohen und rund um die Eintrittslöcher gleichen Geschwindigkeiten und wegen der Rotationskomponente der Strömung zu einer besonders feinen Zerstäubung führt.

Die in Fig.3 dargestellte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse für einen Dieselmotor mit Direkteinspritzung und nur zwei Ventilen ist im Zylinder etwas exzentrisch und geneigt angeordnet. Um das anzudeuten, ist die Düsenachse 20 und die Zylinderachse 21 eingezeichnet. Die bereits beschriebenen Teile bzw Größen tragen wieder dieselben Bezugszei-

chen, etwa die Spalthöhe 18. Da aber die Ausspritzbohrungen 15 wegen der geneigten Lage der Düse verschieden sind, sind die beiden sichtbaren mit 15' und 15" bezeichnet, ihre Achsen mit 24' und 24". Sie schließen mit der Zylinderachse 21 annähernd denselben Winkel ein, weshalb auch die Ausspritzbohrungen 15' und 15" in der Kegelfläche 4 unter verschiedenen Winkeln münden, die Abrundungen an der Mündung sind mit 17' und 17" bezeichnet.

Am äußeren Ende der Ausspritzbohrungen 15' und 15" sind vorzugsweise sphärische Vertiefungen 22', 22" vorgesehen, deren Verscheidung mit den Ausspritzbohrungen 15' und 15" scharfe Kanten 23', 23" bilden, die in einer Normalebene zu den Achsen 24', 24" der Ausspritzbohrungen 15' und 15" liegen. Bei geeigneter gewählter Tiefe der sphärischen Vertiefungen 22', 22" sind die Längen 25', 25" der Ausspritzbohrungen 15' und 15" gleich.

In Fig. 4 ist der Übergang von der Ausspritzbohrung 15' zur Kegelfläche 4 detailliert. Erstere reicht mit ihrem zylindrischen Mittelteil mit dem Durchmesser 26' einwärts bis zum Anschluß 29' der Abrundung 17'. Deren Rundungsradius ist mit 27' bezeichnet und der entsprechende Kreisbogen 30' schneidet die Kegelfläche 4 und bildet dabei mit dieser eine Kante 28', die rundum verlaufen kann, aber nicht muß. Es kann bei rundum die Kante 28' ungleicher Geschwindigkeitsverteilung für die Ausbildung einer gleichmäßigen Drehströmung vorteilhaft sein, wenn die Kante 28' am oberen Rand der Rundung 17' schärfer ist als an deren unterem Rand. Mit besonderer Genauigkeit und Oberflächengüte wird diese Kante 28' hergestellt, indem zuerst die Rundung bearbeitet wird, was durch die strichlierte Verlängerung des Kreisbogens 30' angedeutet ist, und dann erst die Kegelfläche 4 feinbearbeitet.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzdüse für Brennkraftmaschinen bestehend aus einem in einer Düsenkuppe (3) endenden Düsengehäuse (1) und einer in diesem geführten und an ihrem unteren Ende konischen Düsennadel (7), welche federnd gegen einen konischen Ventilsitz (4) in der Düsenkuppe (3) gedrückt wird, welcher konische Ventilsitz (4) mehrere vom konischen Ende (8) der Düsennadel überdeckte Spritzbohrungen (15) aufweist und in ein Sackloch (6) übergeht, wobei sich die Düsennadel (7) unter dem Druck des zugeführten Treibstoffes in einer ersten Hubphase gegen die Kraft einer ersten Feder (9) vom Ventilsitz (4) abhebt und an einen Anschlag (14a) anlegt, der seinerseits in einer zweiten Hubphase gegen die Kraft einer zweiten Feder (10) verschiebbar ist, und wobei am Ende der ersten Hubphase die jeweilige gedachte Zylindermantelfläche (M), die sich in Verlängerung jeder Spritzbohrung (15) zwischen dem konischen Ende (8) der Düsennadel (7) und dem konischen Ventilsitz (4) ergibt, kleiner als die Querschnittsfläche (Q) der jeweiligen Spritzbohrung (15) ist, wodurch es zu einer ersten Umlenkung der Treibstoffströmung in dem Raum zwischen konischem Ende (8) der Düsennadel (7) und konischem Ventilsitz (4) und zu einer anschließenden zweiten Umlenkung beim Einströmen in die Spritzbohrung (15) kommt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die gedachte Zylindermantelfläche (M) maximal 0,3 mal der Querschnittsfläche (Q) der jeweiligen Spritzbohrung (15; 15', 15") beträgt und daß die Eintrittszone (17; 17', 17") in die Spritzbohrung (15; 15', 15") mit einem Radius (27; 27', 27") von 8 % bis 25 % des Durchmessers (26; 26', 26") der jeweiligen Spritzbohrung (15; 15', 15") ausgerundet ist.
2. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Eintritt (17) in die Spritzbohrung (15) mit einem Radius (27) von 8 % bis 15 % des Durchmessers (26) der jeweiligen Spritzbohrung ausgerundet ist.
3. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Übergang von der Ausrundung (17; 17', 17") zur konischen Sitzfläche (4) eine Kante (28; 28', 28") bildet.
4. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Eintritt (17; 17', 17") in die Spritzbohrung (15; 15', 15") mit einem Radius (27; 27', 27") von 18 % bis 25 % des Durchmessers (26; 26', 26") der jeweiligen Spritzbohrung ausgerundet ist.
5. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kante (28; 28', 28") am Übergang von der Ausrundung (17; 17', 17") zur konischen Sitzfläche (4) dadurch hergestellt ist, daß die Endbearbeitung der konischen Sitzfläche (4) erst nach der Bearbeitung der Ausrundung (17; 17', 17") erfolgt.
6. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spritzbohrungen (15; 15', 15") an ihrer Austrittsseite von einer scharfen Kante (23; 23', 23") begrenzt sind, die in einer zur Achse (24; 24', 24") der Spritzbohrung (15; 15', 15") normalen Ebene liegt.
7. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 6 zum geneigten Einbau in den Zylinder, **dadurch gekennzeichnet**, daß alle Spritzbohrungen (15; 15', 15") die gleiche Länge (25; 25', 25") aufweisen.

Fig. 1

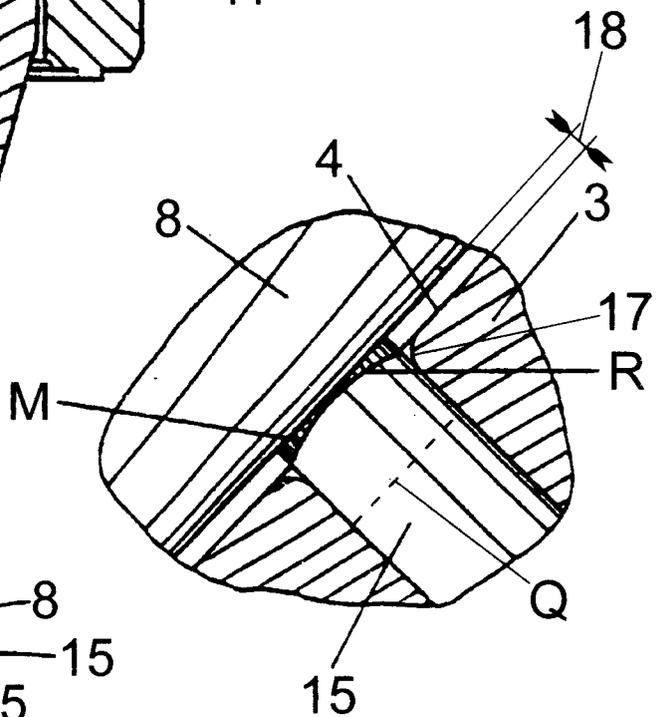
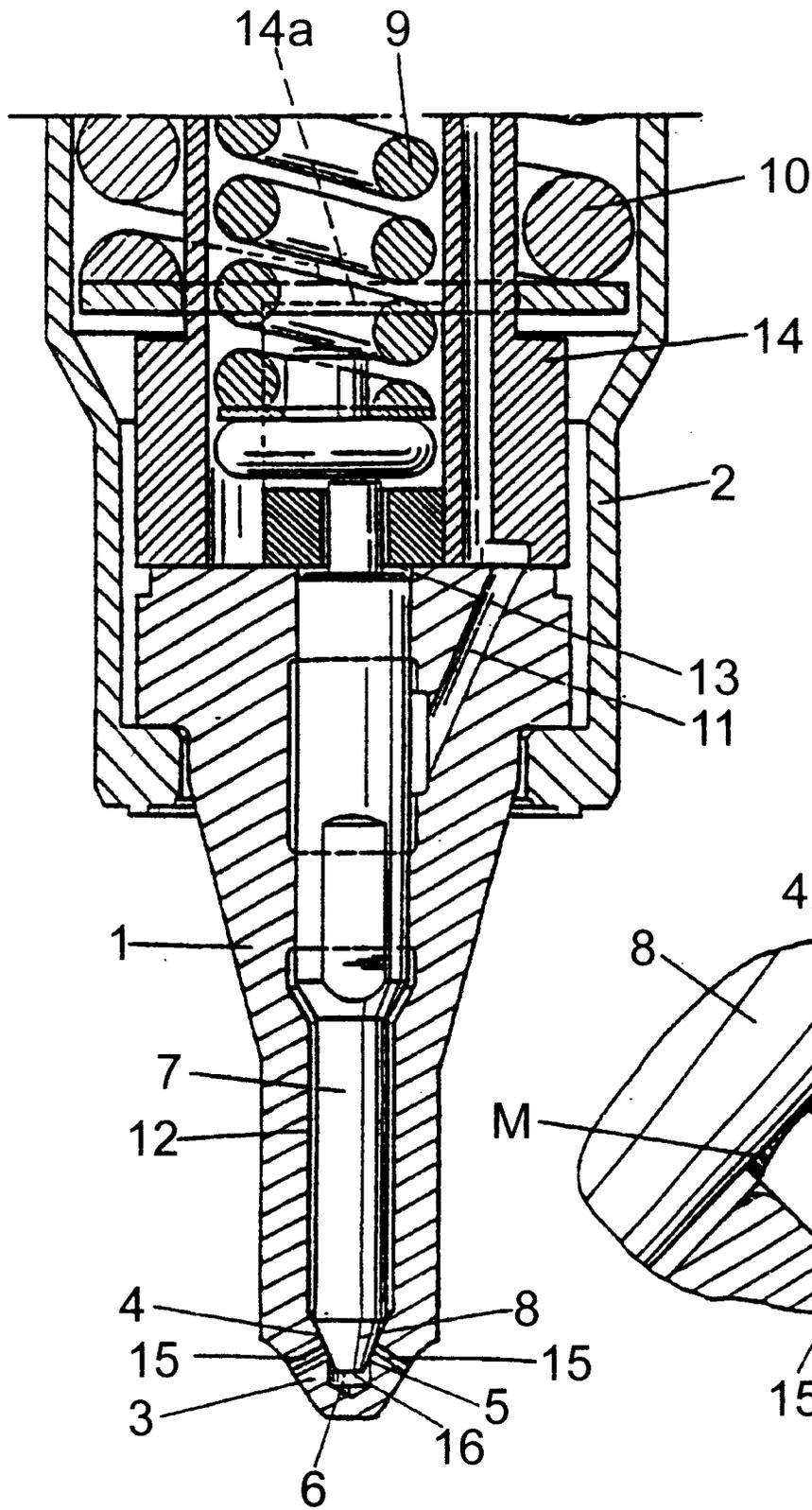


Fig. 2

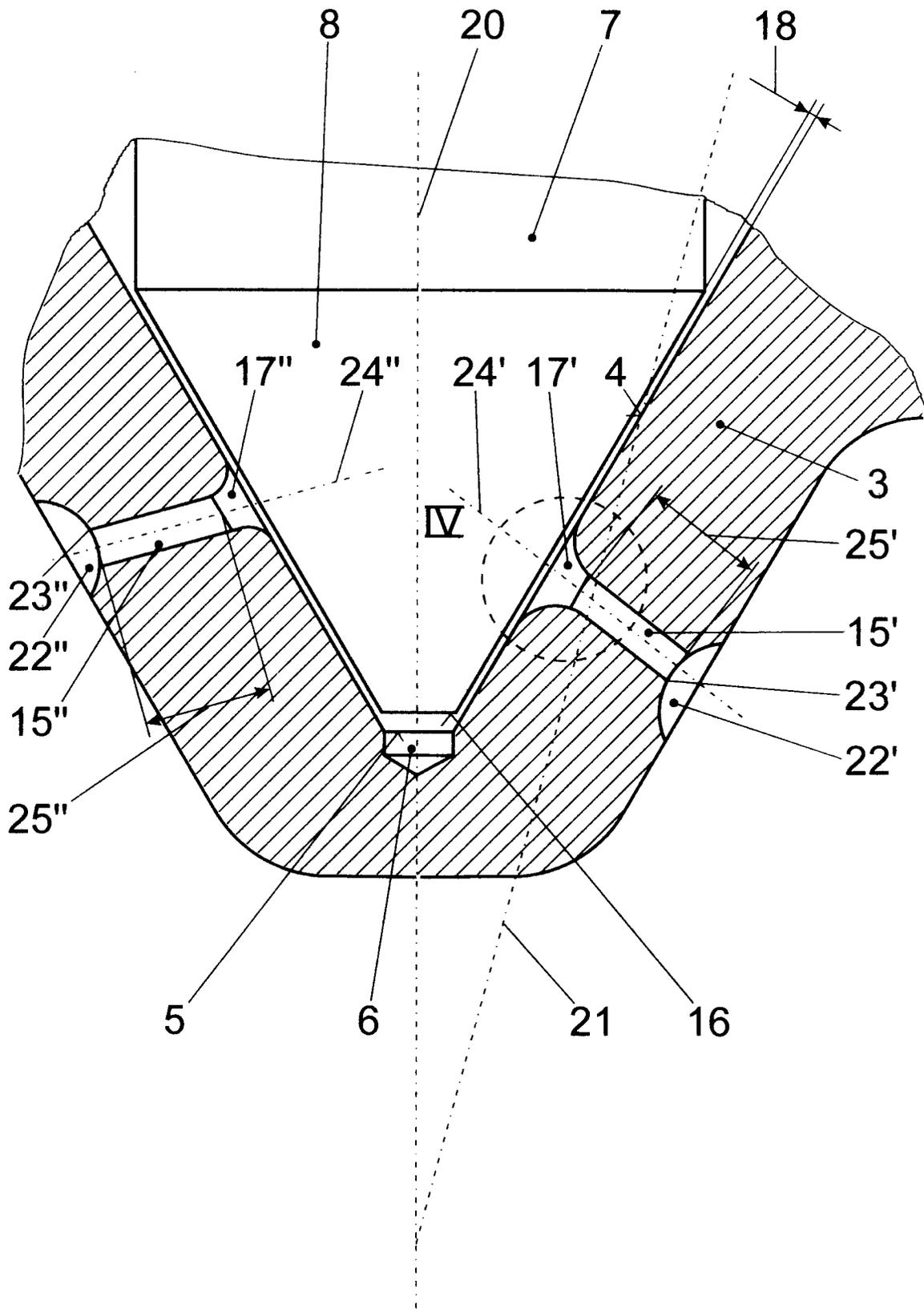


Fig. 3

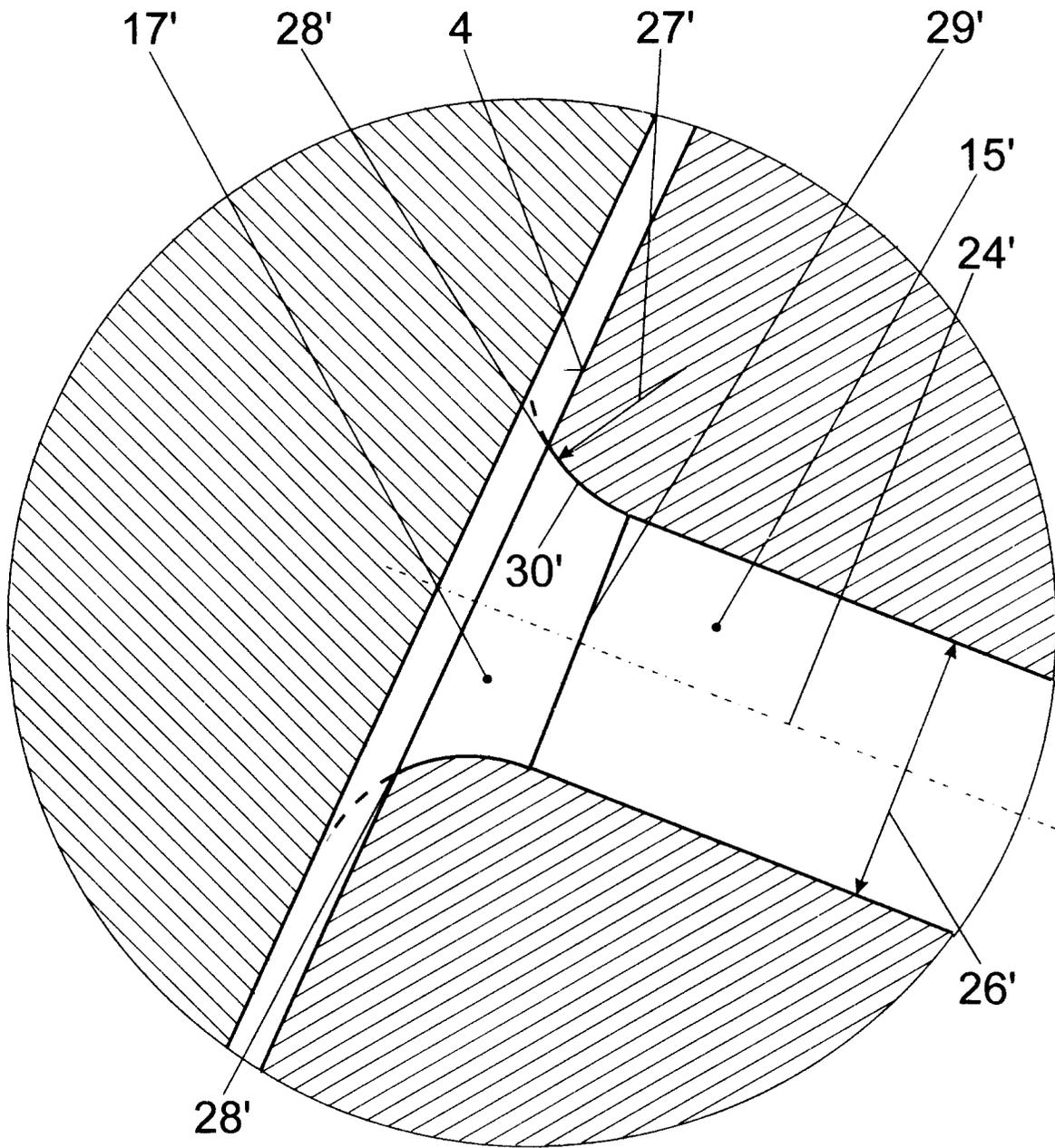


Fig. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 10 8193

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	EP-A-0 641 931 (SERVOJET ELECTRONIC SYSTEMS LT) 8.März 1995 * Spalte 50, Zeile 3 - Spalte 51, Zeile 37; Abbildungen 27-29 * ---	1,2,6	F02M61/18 F02M45/08
Y	EP-A-0 370 659 (LUCAS IND PLC) 30.Mai 1990 * Spalte 2, Zeile 37 - Zeile 49 * * Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 19 * * Spalte 3, Zeile 28 - Zeile 34; Abbildung 4 * ---	1,2,6	
D,A	EP-A-0 413 173 (STEYR DAIMLER PUCH AG) 20.Februar 1991 * Spalte 5, Zeile 1 - Spalte 6, Zeile 15; Abbildungen 1-4 * ---	1	
A	FR-A-2 352 957 (SULZER AG) 23.Dezember 1977 * Seite 3, Zeile 20 - Zeile 25; Abbildung 3 * ---	1,6,7	
A	US-A-4 578 164 (MATSUI YUKIO ET AL) 25.März 1986 * Spalte 6, Zeile 63 - Spalte 7, Zeile 46; Abbildungen 6,7 * ---	1,3,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) F02M
A	US-A-5 026 462 (BUTTERFIELD DONALD B ET AL) 25.Juni 1991 * Spalte 3, Zeile 67 - Spalte 4, Zeile 27; Abbildung 3 * -----	1,6,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21.Oktober 1996	Prüfer Hakhverdi, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P/MCO3)