



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 058 T2 2005.07.07**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 053 397 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 18 058.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/27545**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 961 729.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/34647**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.11.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.06.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.11.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **16.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.07.2005**

(51) Int Cl.7: **F02M 59/46**
F02M 57/02

(30) Unionspriorität:

110897 P 04.12.1998 US
358990 22.07.1999 US

(73) Patentinhaber:

Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US

(74) Vertreter:

**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**AUSMAN, G., Thomas, Metamora, US; TIAN, Y.,
Steven, Bloomington, US**

(54) Bezeichnung: **HYDRAULISCH BETÄTIGTER BRENNSTOFFINJEKTOR MIT NADELVENTILSITZBETÄTIGER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf die Brennstoffeinspritzung und insbesondere auf hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzvorrichtungen mit direkt gesteuerten Rückschlagventilgliedern und auf Brennstoffeinspritzsysteme und Brennstoffeinspritzverfahren, die diese verwenden.

Hintergrund

[0002] Bekannte hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzsysteme und/oder Brennstoffeinspritzkomponenten sind beispielsweise in US-A-5 121 730; in US-A-5 271 371 und in US-A-5 297 523 gezeigt. Bei diesen hydraulisch betätigten Brennstoffeinspritzvorrichtungen öffnet sich ein federvorgespanntes Rückschlagventilglied, um die Brennstoffeinspritzung zu beginnen, wenn der Druck durch eine Verstärker-Kolben/Stößel-Anordnung auf einen Ventilöffnungsdruck angehoben wird. Auf den Verstärkerkolben wirkt ein Betätigungsströmungsmittel mit relativ hohem Druck ein, wie beispielsweise Motorschmieröl, wenn ein elektromagnetgetriebenes Betätigungsströmungsmittelsteuerventil den Hochdruck-Einlass der Einspritzvorrichtung öffnet. Die Einspritzung wird beendet durch die Aktivierung des Elektromagneten, um den Druck über den Verstärkerkolben freizugeben. Dies wiederum bewirkt einen Abfall des Brennstoffdruckes, was bewirkt, dass das Rückschlagventilglied sich unter der Wirkung seiner Rückstellfeder schließt und die Einspritzung beendet.

[0003] Eine hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzvorrichtung mit einem direkt gesteuerten Rückschlagventil wird in US-A-5 738 075 gelehrt. Bei einer Brennstoffeinspritzvorrichtung mit einem direkt gesteuerten Rückschlagventil wird Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel auch zu einer Rückschlagelementsteuerkammer geleitet, wo es Druck auf eine hydraulische Verschlussfläche des Rückschlagventil-elementes ausübt. Da das direkt gesteuerte Rückschlagventil im allgemeinen eine viel schnellere Ansprechzeit hat als das Betätigungsströmungsmittelsteuerventil kann das direkt gesteuerte Rückschlagventil verwendet werden, um schneller das Rückschlagventilglied zu schließen, oder abwechselnd und sehr schnell zu öffnen und zu schließen bevor der Abfall des Brennstoffdruckes auftritt.

[0004] Der Betrieb dieser Art von hydraulisch betätigten Brennstoffeinspritzvorrichtung ist in den [Fig. 2–Fig. 4](#) veranschaulicht, in denen eine einzige Zwei-Wege-Betätigungsströmungsvorrichtung sowohl die Betätigungsströmungsmittelsteuerung als auch die direkte Rückschlagelementsteuerung steuert, in dem ein Hysterese-Effekt (verzögert) in einem Betätigungsströmungsmittelsteuerventil gegenüber dem Schnel-

len ansprechen des Rückschlagventilgliedes in einem Rückschlagsteuerventil angewandt wird. Diese Brennstoffeinspritzvorrichtung **101** verwendet einen Einzigen Zwei-Wege-Elektromagneten **130**, um abwechselnd einen Verstärkersteuerdurchlass **109** zu einem Betätigungsströmungsmittelinlass **106** oder einem Niederdruck-Betätigungsströmungsmittelablauf **104** zu öffnen, und verwendet den gleichen Elektromagneten **130**, um zu steuern, ob eine Rückschlagelementsteuerkammer **118** dem Betätigungsströmungsmittelinlass **106** oder dem Betätigungsströmungsmittelablauf **104** ausgesetzt wird.

[0005] Die Einspritzvorrichtung **101** weist einen Einspritzvorrichtungskörper **105** mit dem Betätigungsströmungsmittelinlass **106** auf, der mit einem Rail-Verzweigungsdurchlass **40** verbunden ist, weiter einen Betätigungsströmungsmittelablauf **104**, der mit der Betätigungsströmungsmittelrückzirkulationsleitung verbunden ist, und einen Brennstoffeinlass **120**, der mit einem Brennstoffversorgungsdurchlass verbunden ist. Die Einspritzvorrichtung **101** weist hydraulische Mittel auf, um Brennstoff innerhalb der Einspritzvorrichtung während jedes Einspritzereignisses unter Druck zu setzen, und ein Rückschlagsteuerventil **160**, welches das Öffnen und Schließen eines Düsenauslasses **117** steuert.

[0006] Die hydraulischen Mittel um Brennstoff unter Druck zu setzen weisen ein Betätigungsströmungsmittelsteuerventil **203** auf, welches den Zwei-Wege-Elektromagneten **130** aufweist, der an einem Stift **135** angebracht ist. Ein Verstärkerkolbenventilglied **140** spricht auf die Bewegung des Stiftes **135** und eines Kugelventilgliedes **136** an, um abwechselnd den Verstärkersteuerdurchlass **109** zum Betätigungsströmungsmittelinlass **106** oder dem Niederdruck-Ablauf **104** zu öffnen. Der Verstärkersteuerdurchlass **109** öffnet sich zu einer abgestuften Kolbenbohrung **110**, **115** innerhalb der ein Verstärkerkolben **150** sich zwischen einer zurückgestellten Position (wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) veranschaulicht) und einer (nicht gezeigten) vorderen Position hin und her bewegt.

[0007] Der Einspritzvorrichtungskörper **105** weist auch eine Stößelbohrung **111** auf, in der ein Stößel **135** sich zwischen einer zurückgezogenen Position (wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) veranschaulicht), und einer (nicht gezeigten) vorgeschobenen Position hin und her bewegt. Teile der Stößelbohrung **111** und des Stößels **135** definieren eine Brennstoffdruckkammer **112**, in der Brennstoff während jedes Einspritzereignisses unter Druck gesetzt wird. Der Stößel **153** und der Verstärkerkolben **150** werden zu ihren zurückgezogenen Positionen zwischen den Einspritzereignissen unter der Wirkung einer Druckfeder **154** zurückgebracht.

[0008] Somit weisen die hydraulischen Mittel um Brennstoff unter Druck zu setzen die Brennstoff-

druckkammer **112**, den Stößel **153**, den Verstärkerkolben **150**, dem Betätigungsströmungsmiteleinlass **106**, den Verstärkersteuerdurchlass **109** und die verschiedenen Komponenten des Betätigungsströmungsmittelsteuerventils auf, welches den Elektromagneten **130**, das Kugelventilglied **136**, den Stift **135** und das Verstärkerkolbenventilglied **140** usw. aufweist.

[0009] Brennstoff tritt in die Einspritzvorrichtung **101** beim Brennstoffeinlass **120** ein und läuft über ein Kugelrückschlagelement **121** entlang eines versteckten Brennstoffversorgungsdurchlasses **124** und in die Brennstoffdruckkammer **112**, wenn sich der Stößel **153** zurückzieht. Das Kugelrückschlagelement **121** verhindert einen Rückfluss des Brennstoffes aus der Brennstoffdruckkammer **112** in den Brennstoffversorgungsdurchlass **124** während des Abwärts- hubes des Stößels. Unter Druck gesetzter Brennstoff läuft von der Brennstoffdruckkammer **112** über einen Verbindungsdurchlass **113** zu einer Düsenkammer **114**. Ein Rückschlagventilglied **160** bewegt sich innerhalb der Düsenkammer **114** zwischen einer offenen Position, in der der Düsenauslass **117** offen ist, und einer geschlossenen Position, in der der Düsenauslass **117** geschlossen ist.

[0010] Das Rückschlagventilglied **160** weist einen unteren Rückschlagelementteil **161** und einen Verstärkerteil **162** auf, die durch Abstandshalter **164** und **166** getrennt werden und ist mechanisch zu seiner geschlossenen Position durch eine Druckfeder **165** vorgespannt, die zwischen dem Abstandshalter **164** und dem Verstärkerteil **162** zusammengedrückt ist. Wenn somit das Rückschlagventilglied **160** geschlossen ist und die Rückschlagsteuerkammer **118** zum niedrigen Druck offen ist, wird der Verstärkerteil **162** zu seinem oberen Anschlag gedrückt.

[0011] Das Rückschlagventilglied **160** weist hydraulische Öffnungsflächen **163** auf, die den Strömungsmitteldruck innerhalb der Düsenkammer **114** ausgesetzt sind, und eine hydraulische Verschlussfläche **167**, die dem Strömungsmitteldruck innerhalb der Rückschlagelementsteuerkammer **118** ausgesetzt ist. Die hydraulische Verschlussfläche **167** und die hydraulischen Öffnungsflächen **163** sind so bemessen und angeordnet, dass das Rückschlagventilglied **160** hydraulisch zu seiner geschlossenen Position hin vorgespannt ist, wenn die Rückschlagelementsteuerkammer **118** zu einer Quelle für Hochdruck-Strömungsmittel offen ist. Somit sollte ein adäquater Druck auf der hydraulischen Verschlussfläche **167** vorhanden sein, um den Düsenauslass **117** trotz der Anwesenheit von Hochdruck-Brennstoff in der Düsenkammer **114** geschlossen zu halten, die anderenfalls über einen Ventilöffnungsdruck sein kann. Die hydraulischen Öffnungsflächen **163** und die hydraulische Verschlussfläche **167** sind ebenfalls vorzugsweise so bemessen und angeordnet, dass das

Rückschlagventilglied **160** hydraulisch zu seiner offenen Position hin vorgespannt ist, wenn die Rückschlagelementsteuerkammer **118** mit einem Niederdruck-Durchlass verbunden ist, und der Brennstoffdruck innerhalb der Düsenkammer **114** größer als der Ventilöffnungsdruck ist.

[0012] In dem Bereich der Brennstoffeinspritzvorrichtung **101** des Betätigungsströmungsmittelsteuerventils ist der Zwei-Wege-Elektromagnet **130** an einem Stift **135** angebracht. Wenn der zurückstoßende Elektromagnet **130** entregt ist, wird der Stift **135** zu einer zurückgezogenen Position gedrückt, wenn die hydraulische Kraft des Hochdruck-Hydraulikströmungsmittels das Kugelventilglied **136** gegen einen oberen Sitz **172** drückt. In dieser Position kann das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel über einen unteren Sitz **173** und in Kontakt mit einer hydraulischen Endfläche **141** des Verstärkerkolbenventilgliedes **140** fließen. Die Kraft des hydraulischen Hochdruck-Strömungsmittels gegen die hydraulische Endfläche **141** gleicht die Kraft des hydraulischen Hochdruck-Strömungsmittels gegen ein unteres Ende des Kolbenventilgliedes **140** aus, so dass eine Druckfeder **145** das Kolbenventilglied **140** zu seiner unteren Position drücken kann.

[0013] Wenn das Kolbenventilglied **140** an seiner unteren Position ist, ist der Verstärkersteuerdurchlass **109** dagegen abgeblockt, dass er hydraulisches Hochdruck-Strömungsmittel von einem Kolbenventilgliedinnenraum **147** über einen Hochdruck-Zulaufsitz **171** aufnimmt sondern ist stattdessen offen zum Betätigungsströmungsmittelablauf **104** über einen Ablaufzulaufsitz **170**.

[0014] Wenn der Elektromagnet **130** erregt ist, bewegt sich der Stift **135** nach unten, was bewirkt, dass das Kugelventilglied **136** den oberen Sitz **172** öffnet und den unteren Sitz **173** schließt. Dies bewirkt, dass die hydraulische Endfläche **141** dem niedrigen Druck im Ablaufdurchlass **129** ausgesetzt ist, der mit einem zweiten Ablauf **108** verbunden ist. Dies erzeugt eine hydraulische Unausgeglichenheit in dem Verstärkerkolbenventilglied **140**, was bewirkt, dass dieses sich nach oben gegen die Wirkung der Druckfeder **145** bewegt, um den Ablaufzulaufsitz **170** zu schließen und dem Hochdruck-Zulaufsitz **171** zu öffnen.

[0015] Dies gestattet, dass Betätigungsströmungsmittel vom Einlass **106** in das hohle Innere **147** des Verstärkerkolbenventilgliedes **140** fließt, und zwar durch die radialen Öffnungen **146**, über dem Hochdruck-Zulaufsitz **171** und in den Verstärkersteuerdurchlass **109**, um auf den abgestuften oberen Teil **155**, **156** des Verstärkerkolbens **150** zu wirken.

[0016] Wenn somit der Elektromagnet **130** erregt ist, ist die hydraulische Verschlussfläche **167** des Rückschlagventilgliedes **160** nun einem Nieder-

druck-Durchlass ausgesetzt, und das Rückschlagventilglied beginnt, sich wie ein einfaches Rückschlagventil zu verhalten, und zwar dahingehend, dass es sich nun öffnen wird, wenn der Brennstoffdruck innerhalb der Düsenkammer **114** größer als ein Ventilöffnungsdruck ist, der ausreicht, um die Rückstellfeder **165** zu überwinden.

[0017] Hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzvorrichtungen mit einem direkt gesteuerten Rückschlagventil, wie beispielsweise die erste Generation der HEUI-B™-Einspritzeinheiten, die von Caterpillar Inc. hergestellt werden, wovon ein Beispiel oben mit Bezugnahme auf die [Fig. 2–Fig. 4](#) beschrieben wurde, arbeiten sehr gut. Jedoch ist eine Verbesserung an dem Betätigungsströmungsmittelsteuerventil erwünscht, eine kritische Komponente, die das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel in die Einspritzvorrichtung einlässt.

[0018] Dies kommt daher, dass elektromagnetgetriebene Betätigungsströmungsmittelsteuerventile, die eine Anordnung aus Kugel und Stift verwenden, wie oben beschrieben, unter dem Problem einer zu geringen Druckbelastbarkeit leiden können, wenn man Betätigungsströmungsmittel unter sehr hohem Druck verwendet. In manchen Fällen kann die Elektromagnetkraft nicht ausreichen, um sehr hohe Betätigungsströmungsmittel drücke zu überwinden. In anderen Fällen kann die Elektromagnetkraft stark genug gemacht werden, jedoch ist die elektrische Energie sehr hoch, die nötig ist, um den Elektromagneten zu betreiben.

[0019] Bei der Konstruktion mit Kugel und Stift muss die Elektromagnetkraft die Druckkraft in der Rail (Verteilerleiste bzw. Druckleitung) überwinden, die auf die Unterseite der Kugel drückt, wenn der an dem Anker angebrachte Stift sich nach unten bewegt, um die Kugel auf den unteren Sitz zu drücken, wenn der Elektromagnet eingeschaltet wird. Während der Einspritzung muss die Elektromagnetkraft die Kugel gegen den Rail-Druck halten.

[0020] Nachdem der Elektromagnet ausgeschaltet wurde, drückt der Rail-Druck die Kugel auf den oberen Sitz und hält sie dort. Da die Bewegung der Kugel nicht nur von der Elektromagnetkraft abhängt sondern auch von dem Rail-Druck, der sich gemäß der Betriebsbedingungen verändert und der auch von Einspritzung zu Einspritzung variiert, ist die Bewegung der Kugel von Einspritzung zu Einspritzung nicht stabil, und die benötigte Zeit, um sich zwischen dem oberen Sitz und dem unteren Sitz zu bewegen variiert mit dem Rail-Druck. Eine Abhängigkeit von dem Rail-Druck ist ein direkter Grund für schlechte Stabilität, schlechte Druckbelastungsfähigkeit und hohen elektrischen Strom vom Elektromagneten.

[0021] Weiterhin könnte irgendeine Fehlausrichtung

bei der Konstruktion mit Kugel und Stift zu einem strukturellen Versagen führen, was eine beträchtliche Veränderung des Hubes und des Luftspaltes zur Folge hat, was wiederum zu einer beträchtlichen Veränderung der Einspritzvorrichtungsleistung führen kann. Zusätzlich kann es ein Stabilitätsproblem geben, welches durch fluktuierenden Betätigungsströmungsmittel druck verursacht wird, was zu einer nicht wünschenswerten Veränderung der Brennstofflieferung und des Brennstofflieferzeitpunktes von Einspritzung zu Einspritzung führt.

[0022] Verbesserungen bei diesen und anderen Bereichen einschließlich der Ansprechgeschwindigkeit der Rückschlagventilsteuerung, der Ansprechzeitsteuerung der Rückschlagventilsteuerung, eine Verringerung des Geräusches und eine Stabilität bei Leerlaufbedingungen wären auch vorteilhaft.

[0023] EP-A-0 686 764 offenbart ein Motorbrennstoffsystem, welches eine Akkumulatorkammer aufweist, in der Brennstoff bei hohem Druck gespeichert ist, und ein Drei-Wege-Ventil mit zwei Einstellungen wobei in der ersten davon, wenn eine Ventilbetätigungsverfahren erregt ist, Brennstoff von der Akkumulatorkammer zu einer Brennstoffeinspritzdüse fließt, und wobei in der zweiten davon, wenn die Betätigungsverfahren entregt ist, Brennstoff aus der Versorgungsleitung der Düse zu einem Ablauf fließt. Das Ventil weist ein Ventilglied auf, welches direkt mit der Betätigungsverfahren gekoppelt ist und den Fluss des Brennstoffes von der Akkumulatorkammer zur Düse steuert, und ein Ventilelement, welches elastisch mit dem Ventilglied gekoppelt ist und den Fluss des Brennstoffes von der Leitung zum Ablauf steuert. Das Ventilglied und das Ventilelement arbeiten mit jeweiligen Sitzen zusammen, und wenn die Betätigungsverfahren entregt ist, kann sich das Ventilelement weg von seinem Sitz gegen die Wirkung der elastischen Kupplung bewegen, um eine schnelle Verringerung des Brennstoffdruckes in der Leitung zu gestatten.

[0024] Darüber hinaus bezieht sich US-A-5 738 057 auf eine hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzvorrichtung, die einen Einspritzvorrichtungskörper mit einem Betätigungsströmungsmittelleinlass und einer Nadelsteuerkammer aufweist. Hydraulische Mittel innerhalb der Einspritzvorrichtung setzen Brennstoff in dem Einspritzvorrichtungskörper unter Druck. Die Hydraulikmittel weisen ein Betätigungsströmungsmittelsteuerventil mit einem Elektromagneten auf und sind bewegbar, um den Betätigungsströmungsmittelleinlass zu öffnen und zu schließen. Ein Nadelventilglied weist eine hydraulische Verschlussfläche auf, die dem Druck in der Nadelsteuerkammer ausgesetzt ist. Ein Nadelsteuerventil, welches den gleichen Elektromagneten verwendet, ist an dem Einspritzvorrichtungskörper montiert und ist bewegbar, um die Nadelsteuerkammer zu einer Quelle für Hoch-

druck-Strömungsmittel zu öffnen und dagegen zu schließen. Die langsamere Ansprechzeit des Betätigungsströmungsmittelsteuerventils gestattet eine direkte Steuerung des schnell ansprechenden Nadelventils durch einen einzelnen schnell wirkenden Elektromagneten. Diese Schrift wurde als Grundlage für den Oberbegriff des Anspruchs 1 verwendet.

Offenbarung der Erfindung

[0025] Die vorliegende Erfindung ist ein Betätigungsströmungsmittelsteuerventil für eine hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 1. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können aus den abhängigen Ansprüchen gewonnen werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0026] Für ein besseres Verständnis der Erfindung sei Bezug genommen auf die beigefügten Zeichnungsfiguren, die nicht notwendigerweise im Maßstab sind, in denen manche Abmessungen und Komponenten zu Veranschaulichungszwecken übertrieben sein können, und in denen die Figuren folgendes darstellen:

[0027] [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht eines Brennstoffeinspritzsystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0028] [Fig. 2](#) eine geschnittene Seitenansicht einer Brennstoffeinspritzvorrichtung mit einem direkt gesteuerten Rückschlagventil;

[0029] [Fig. 3](#) eine teilweise geschnittene Seitenansicht eines oberen Teils der in [Fig. 2](#) gezeigten Brennstoffeinspritzvorrichtung;

[0030] [Fig. 4](#) eine teilweise geschnittene Seitenansicht eines unteren Teils der in [Fig. 2](#) gezeigten Einspritzvorrichtung;

[0031] [Fig. 5](#) eine geschnittene Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer Brennstoffeinspritzvorrichtung gemäß der Erfindung;

[0032] [Fig. 6](#) eine teilweise geschnittene Seitenansicht eines Betätigungsströmungsmittelsteuerventils der in [Fig. 5](#) gezeigten Brennstoffeinspritzvorrichtung;

[0033] [Fig. 7](#) ist eine teilweise geschnittene Seitenansicht eines Kolbenventileteils der in [Fig. 5](#) gezeigten Brennstoffeinspritzvorrichtung;

[0034] [Fig. 8A](#), [Fig. 8B](#), [Fig. 8C](#) und [Fig. 8D](#) veranschaulichen unterschiedliche mögliche Konfigurationen aus Sitz und Stift; und

[0035] [Fig. 9](#) veranschaulicht Sitzkonfigurationen und Stiftkonfigurationen in einem anderen Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

[0036] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) ist ein Ausführungsbeispiel eines hydraulisch betätigten elektronisch gesteuerten Brennstoffeinspritzsystems **10** in einer beispielhaften Konfiguration gezeigt, wie sie für einen direkt einspritzenden Diesel-Verbrennungsmotor **12** geeignet ist. Das Brennstoffsystem **10** weist eine oder mehrere hydraulisch betätigte elektronisch gesteuerte Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15** auf, die geeignet sind, um in einer jeweiligen Zylinderkopfbohrung des Motors **12** positioniert zu werden. Das Brennstoffsystem **10** weist eine Vorrichtung oder Mittel **16** auf, um Betätigungsströmungsmittel zu jeder Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** zu liefern, weiter eine Vorrichtung oder Mittel **18** um Brennstoff zu jeder Einspritzvorrichtung zu liefern, einen Computer **20**, der ein elektronisches Steuermodul **21** aufweist, um elektronisch das Brennstoffeinspritzsystem zu steuern, und eine Vorrichtung oder Mittel **22**, um Betätigungsströmungsmittel zurückzuzirkulieren oder um hydraulische Energie aus dem Betätigungsströmungsmittel wiederzugewinnen, welches jede der Einspritzvorrichtungen verlässt.

[0037] Die Betätigungsströmungsmittelversorgungsmittel **16** weisen vorzugsweise die Betätigungsströmungsmittelrückzirkulationsmittel **22** auf, weiter einen Betätigungsströmungsmittelsumpf **24**, eine Betätigungsströmungsmitteltransferpumpe **26** mit relativ niedrigem Druck, eine Rückzirkulationsleitung **27**, die die Betätigungsströmungsmittelabläufe der Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15** mit den Rückzirkulationsmitteln **22** verbindet, einen Betätigungsströmungsmittelkühler **28**, einen oder mehrere Betätigungsströmungsmittelfilter **30**, eine Hochdruck-Pumpe **32** zur Erzeugung eines relativ hohen Druckes in dem Betätigungsströmungsmittel, eine Rückzirkulationsleitung **33**, die die Rückzirkulationsmittel **22** mit den Betätigungsströmungsmittelversorgungsmitteln **16** verbindet, und mindestens eine Betätigungsströmungsmittelsammelleitung **36** mit relativ hohem Druck. Ein Common-Rail-Durchlass **38** (Common-Rail = Verteilerleiste bzw. gemeinsame Druckleitung) ist in Strömungsmittelverbindung mit dem Auslass aus der Betätigungsströmungsmittelpumpe **32** mit relativ hohem Druck angeordnet. Ein Rail-Verzweigungsdurchlass **40** verbindet den Betätigungsströmungsmittelleinlass von jeder Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** mit dem Hochdruck-Common-Rail-Durchlass **38**.

[0038] Die Brennstoffversorgungsmittel **18** weisen vorzugsweise einen Brennstofftank **42** auf, weiter einen Brennstoffversorgungsdurchlass **44**, der in Strömungsmittelverbindung zwischen dem Brennstoff-

tank **42** und dem Brennstoffeinlass **60** ([Fig. 2](#)) von jeder Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** angeordnet ist, weiter eine Brennstofftransferpumpe **46** mit relativ niedrigem Druck, einen oder mehrere Brennstofffilter **48**, ein Brennstoffversorgungsregulierungsventil **49** und einen Brennstoffzirkulations- und -rückleitungsdurchlass **47**, der in Strömungsmittelverbindung zwischen den Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15** und dem Brennstofftank **42** angeordnet ist.

[0039] Die [Fig. 5–Fig. 7](#) veranschaulichen ein Ausführungsbeispiel einer Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** mit einem Betätigungsströmungsmittelsteuerventil **203** gemäß der Erfindung. Dieses spezielle Ausführungsbeispiel ist für einen direkt einspritzenden Diesel-Verbrennungsmotors geeignet, jedoch kann die Erfindung in Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15** bei anderen Bauarten von Motoren ebenfalls verwendet werden. Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15**, die das Betätigungsströmungsmittelsteuerventil **203** gemäß der Erfindung haben, können in Brennstoffeinspritzsystemen **10** verwendet werden, wie beispielsweise jenem, welches in [Fig. 1](#) veranschaulicht ist und oben beschrieben wird. Die Komponenten und Teile der Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** von diesem Ausführungsbeispiel werden unten mit Bezug auf [Fig. 5–Fig. 7](#) beschrieben.

[0040] Die Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** von diesem Ausführungsbeispiel verwendet eine einzelne anziehende Zwei-Wege-Elektromagnetbetätigungsverfahren **205**, obwohl andere Ausführungsbeispiele, die die Erfindung verwenden, Anwendung von einem Piezo-Stapel oder von anderen Arten von Betätigungsverfahren **205** machen können. Die Betätigungsverfahren **205** weist einen Anker **207** auf, der an einem Betätigungsventilglied **209** angebracht ist, welches verschiebbar in einer Betätigungsverfahrenbohrung **211** mit einer Betätigungsverfahrenbohrungswand **213** angeordnet ist. Das Betätigungsventilglied **209** ist zwischen zwei Positionen verschiebbar. In einer ersten Position passt das Betätigungsventilglied **209** mit einem Ablaufsitz **215** zusammen, und in der zweiten Position passt das Betätigungsventilglied **209** mit einem Einlasssitz **217** zusammen. Eine Betätigungsverfahrenfeder **218** spannt den Anker **207** und somit das daran angebrachte Betätigungsventilglied **209** zu der ersten Position vor.

[0041] Das Betätigungsventilglied **209** hat eine im wesentlichen meniskus-förmige Einlassstiftfläche **219**, die teilweise eine Strömungsmittelinlasskammer **221** innerhalb der Betätigungsverfahrenbohrung **211** definiert. Die Strömungsmittelinlasskammer **221** ist strömungsmittelmässig mit einer Quelle für Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel verbunden, welches in die Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** durch einen Betätigungsströmungsmittelinlass **223** eintritt. Das Betätigungsventilglied **209** hat auch eine

zapfenförmige Ablaufstiftfläche **225**, die einem Niederdruck-Betätigungsströmungsmittelablauf **227** ausgesetzt ist.

[0042] Das Betätigungsventilglied **209** hat auch eine zentrale Stiftfläche **229**, die einem Rückschlagelementsteuerhohlraum **231** ausgesetzt ist, der strömungsmittelmässig mit einer Rückschlagelementsteuerkammer **233** verbunden ist, die teilweise von einer hydraulischen Verschlussfläche **235** eines Rückschlagventilgliedes **237** definiert wird. Der Rückschlagelementsteuerhohlraum **231** ist auch strömungsmittelmässig mit einer unteren hydraulischen Endfläche **239** eines Kolbenventilgliedes **241** verbunden, welches verschiebbar in einer Kolbenventilbohrung **243** angeordnet ist. Das Kolbenventilglied **241** ist in einer Aufwärtsrichtung (mit Bezug auf die [Fig. 5–Fig. 7](#)) durch eine Kolbenventilfeder **245** vorgespannt und hat eine obere hydraulische Endfläche **247** an einem Ende des Kolbenventilgliedes **241** entfernt von der unteren hydraulischen Endfläche **239**.

[0043] Das Kolbenventilglied **241** definiert teilweise einen Verstärkersteuerdurchlass **249**, der strömungsmittelmässig mit einem gestuften Oberteil **251** eines Verstärkerkolbens **253** verbunden ist, der verschiebbar in einer gestuften Kolbenbohrung **255** angeordnet ist. Der Verstärkerkolben **253** ist nach oben durch eine Stößelfeder **257** vorgespannt, die einen Stößel **259** umgibt. Der Stößel **259** ist verschiebbar in einer Stößelbohrung **261** angeordnet. Ein Teil des Stößels **259** erstreckt sich nach oben in die gestufte Kolbenbohrung **255**.

[0044] Unter dem Stößel **259** in der Stößelbohrung **261** ist eine Brennstoffdruckkammer **263**, die durch eine Brennstoffversorgung gespeist wird, die in die Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** durch einen Brennstoffeinlass **265** eintritt. Die Brennstoffdruckkammer **263** ist strömungsmittelmässig über einen Verbindungsdurchlass **267** mit einer Düsenkammer **269** verbunden, die einen unteren Rückschlagelementteil **271** des Rückschlagventilgliedes **237** umgibt. Die Düsenkammer **269** weist einen oder mehrere Düsenauslässe **273** auf, um zu gestatten, dass unter Druck gesetzter Brennstoff die Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** verlässt.

[0045] Das Rückschlagventilglied **237** kann in diesem speziellen Ausführungsbeispiel derart angesehen werden, dass es im allgemeinen dem unteren Rückschlagelementteil **271** und einen oberen Rückschlagelementteil **275** aufweist. Der untere Rückschlagelementteil **271** ist verschiebbar in einer Düsenhülsebohrung **279** einer Düsenhülse **277** angeordnet und erstreckt sich in die Düsenkammer **269**, in der ein unterer Rückschlagelementführungsteil **281** des unteren Rückschlagelementteils **271** verschiebbar innerhalb einer Düsenbohrung **283** angeordnet

ist. Andere Ausführungsbeispiele der Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15**, die die Erfindung verwenden, können eventuell keinen unteren Rückschlagelementführungsteil aufweisen.

[0046] Der obere Rückschlagelementteil **275** des Rückschlagventilgliedes **237** weist die hydraulische Verschlussfläche **235** auf und ist verschiebbar innerhalb der Rückschlagelementsteuerkammer **233** angeordnet. Das Rückschlagventilglied **237** ist nach unten durch eine Rückschlagelementfeder **285** vorgespannt, die in diesem Ausführungsbeispiel innerhalb der Rückschlagelementsteuerkammer **233** ist.

[0047] [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) veranschaulichen zwei unterschiedliche Arten von Sitzkonfigurationen. In [Fig. 8A](#) sitzt ein Betätigungsventilglied **309** auf einem Ablaufsitz **315** in einer Sitzkonfiguration am Aussendurchmesser (AD), bei der die Kontaktpunkte mit einem Aussendurchmesser des Betätigungsventilgliedes **309** zusammenfallen. In [Fig. 8B](#) sitzt das Betätigungsventilglied **309** auf einem Ablaufsitz **316** in einer Sitzkonfiguration am Innendurchmesser (ID), bei der die Kontaktpunkte mit einem Innendurchmesser des Betätigungsventilgliedes **309** zusammenfallen.

[0048] [Fig. 8C](#) veranschaulicht den Fluss von hydraulischem Strömungsmittel über ein Betätigungsventilglied **309**, welches eine zapfenförmige Ablaufstiftfläche **325** besitzt.

[0049] [Fig. 8D](#) veranschaulicht einen Fluss von hydraulischem Strömungsmittel über ein Betätigungsventilglied **310**, welches eine kegelstumpfförmige Ablaufstiftfläche **326** besitzt.

[0050] [Fig. 9](#) veranschaulicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Betätigungsventilgliedes **210** gemäß der Erfindung, wobei die gleichen Bezugszeichen verwendet werden, wie sie in [Fig. 6](#) verwendet werden, um entsprechende ähnliche Elemente zu bezeichnen. Im Gegensatz zu der zapfenförmigen Ablaufstiftfläche **225**, die in [Fig. 6](#) gezeigt ist, hat das Betätigungsventilglied **210** von diesem Ausführungsbeispiel eine abgeflachte oder kegelstumpfförmige Ablaufstiftfläche **226**.

Industrielle Anwendbarkeit

[0051] Das Betätigungsvorrichtungsventil mit aufgesetztem Stift gemäß der Erfindung führt die gleiche Funktion aus wie das Betätigungsvorrichtungsventil mit Kugel und Stift, es gibt jedoch verschiedene wichtige Unterschiede. Einerseits ist das Betätigungsvorrichtungsventil mit aufgesetztem Stift druckausgeglichen und daher unabhängig vom Rail-Druck. Aus diesem Grund hängt die Bewegung des Ankers und des Betätigungsventilgliedes (Stift) von der Magnetkraft und der Federkraft alleine ab. Die Wiederholbarkeit der Anker-Bewegung ist unempfindlich für Varia-

tionen des Rail-Druckes von Einspritzung zu Einspritzung, was wichtig für die Verbesserung der Stabilität der Einspritzvorrichtung ist, insbesondere im Leerlaufzustand.

[0052] Der aufgesetzte Stift hat einen kleineren Stifthub im Vergleich zu der Konstruktion mit Kugel und Stift. Effektive Strömungsquerschnitte in dem geöffneten und geschlossenen Positionen werden mit einer messbaren Verringerung des Stifthubes erreicht. Da die Konstruktion mit aufgesetztem Stift den Vorlauf der Kugel eliminiert (die Distanz, über die der Anker sich bewegen muss, bevor er die Kugel trifft, um den Rail-Druck gegen die Kugel zu überwinden) wird der anfängliche Luftspalt zwischen den Elektromagneten und dem Anker beträchtlich verringert.

[0053] Der kleinere Stifthub verringert die Laufzeit des Stiftes zwischen den oberen und unteren Sitzen und verringert die minimale Berührungszeit für die geteilte Einspritzung im Leerlauf. Der kleinere anfängliche Luftspalt verbessert die Elektromagnetkraft beträchtlich, und der Einzugsstrom und die Dauer werden beträchtlich verringert.

[0054] Mit Bezug auf das hydraulisch betätigte elektronisch gesteuerte Brennstoffeinspritzsystem **10**, welches in [Fig. 1](#) gezeigt ist, nehmen die Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15** Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel von den Betätigungsströmungsmittelversorgungsmitteln **16** über die Pumpe **32** und die Common-Rail **36** auf. Betätigungsströmungsmittel, welches den Betätigungsströmungsmittelablauf von jeder Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** verlässt, tritt in die Rückzirkulationsleitung **27** ein, die dieses zu den Mitteln **22** zur Rückzirkulation oder Wiedergewinnung von hydraulischer Energie leiten. Ein Teil des rückzirkulierten Betätigungsströmungsmittels wird zu der Hochdruck-Betätigungsströmungsmittelpumpe **32** geleitet, und ein anderer Teil wird zu dem Betätigungsströmungsmittelsumpf **24** der Betätigungsströmungsmittelversorgungsmitteln **16** über die Rückzirkulationsleitung **33** geleitet.

[0055] Die Brennstoffeinspritzvorrichtungen **15** nehmen Brennstoff von den Brennstoffversorgungsmitteln **18** über den Brennstoffversorgungsdurchlass **44** auf, nachdem der Brennstoff durch die Brennstofftransferpumpe **46** und die Brennstofffilter **48** gelaufen ist.

[0056] Irgendein verfügbares Motorströmungsmittel wird vorzugsweise als das Betätigungsströmungsmittel in der vorliegenden Erfindung verwendet. Jedoch ist in dem bevorzugten Ausführungsbeispielen das Betätigungsströmungsmittel Motorschmieröl, und der Betätigungsströmungsmittelsumpf **24** ist der Motorschmierölsumpf. Dies gestattet, dass das Brennstoffeinspritzsystem **10** als ein parasitäres Untersystem mit dem Schmierölkreislaufsystem des Motors

verbunden ist. Alternativ könnte das Betätigungsströmungsmittel Brennstoff sein, der von dem Brennstofftank **42** oder von einer anderen Quelle geliefert wird, wie beispielsweise Kühlströmungsmittel usw.

[0057] Der Computer **20** weist vorzugsweise ein elektronisches Steuermodul **11** auf, welches die Brennstoffeinspritzzeitsteuerung steuert; weiter die gesamte Brennstoffeinspritzmenge während eines Einspritzzyklus; den Brennstoffeinspritzdruck; die Anzahl der getrennten Einspritzungen oder Einspritzsegmente während jedes Einspritzungszyklus; die Zeitintervalle zwischen den Einspritzsegmenten; die Brennstoffmenge von jedem Einspritzsegment während eines Einspritzungszyklus; den Betätigungsströmungsmitteldruck; irgendeine Kombination der obigen Parameter. Der Computer **20** nimmt eine Vielzahl von Sensoreingangssignalen S_1 - S_8 auf, die bekannten Sensoreingangsgrößen entsprechen, wie beispielsweise der Motorbetriebszustand, die Motorbelastung usw., die verwendet werden, um die präzise Kombination von Einspritzparametern für den darauf folgenden Einspritzungszyklus zu bestimmen. In diesem Ausführungsbeispiel gibt der Computer **20** das Steuersignal S_9 aus, um den Betätigungsströmungsmitteldruck zu steuern, und das Steuersignal S_{10} , um das (die) Betätigungsströmungsmittelsteuerventil(e) **203** innerhalb jeder Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** zu steuern. Jeder der Einspritzparameter ist variabel unabhängig von der Motordrehzahl und Motorbelastung steuerbar. Im Fall der Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** ist das Steuersignal S_{10} ein Strom für die Betätigungsvorrichtungen **205**, der vom Computer angewiesen wurde.

[0058] Der Betrieb von jeder Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** wird nun mit Bezugnahme auf die [Fig. 5–Fig. 7](#) beschrieben. Wenn das Betätigungsventilglied **209** in der ersten Position ist, ist der Rückschlagelementsteuerhohlraum **231** in Strömungsmittelverbindung mit dem hydraulischen Hochdruck-Strömungsmittel von dem Betätigungsströmungsmittelinlass **223**, so dass das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel gegen die untere hydraulische Endfläche **239** des Kolbenventilgliedes **241** drückt, um die Kraft des hydraulischen Hochdruck-Strömungsmittels auszugleichen, welches nach unten auf die obere hydraulische Endfläche **247** des Kolbenventilgliedes **241** drückt. Als eine Folge hält die Vorspannung, die von der Kolbenventilfeder **245** vorgesehen wird, das Kolbenventilglied **241** so positioniert, dass der Verstärkersteuerdurchlass **249** zu einem Betätigungsvorrichtungströmungsmittelablauf **227** offen ist.

[0059] Da es nur einen niedrigen Druck gibt, der auf den Kolben herunter drückt, hält die Vorspannung, die von der Stösselfeder **257** geliefert wird, den Verstärkerkolben **253** davon ab, den Brennstoff in der Brennstoffdruckkammer **263** unter Druck zu setzen.

Entsprechend gibt es nur Niederdruck-Brennstoff in der Düsenkammer **269**. Auch ohne die Kraft des hydraulischen Strömungsmittels, die nach unten auf die hydraulische Verschlussfläche **235** des Rückschlagventilgliedes **237** drückt, reicht die Vorspannung, die von der Rückschlagelementfeder **285** geliefert wird aus, um das Rückschlagventilglied **237** nach unten gedrückt zu halten, so dass es Brennstoff dagegen abblockt, die Düsenauslässe **273** zu erreichen.

[0060] Um die Brennstoffeinspritzung zu beginnen wird die Betätigungsvorrichtung **205** erregt, an dem Anker **207** zu ziehen und was auch das Betätigungsventilglied **209** in die zweite Position zieht. Ein wünschenswertes Merkmal dieser Konstruktion ist, dass die meniskus-förmige Einlassstiftfläche **219** des Betätigungsventilgliedes **209** im großen und ganzen horizontale Oberflächen des Betätigungsventilgliedes **209** an Betätigungsströmungsmittelinlass **223** eliminiert. Das Fehlen von scharfen Ecken in der Strömungsmittelinlasskammer **221** ist förderlich für einen sanfteren Fluss des hydraulischen Strömungsmittels.

[0061] Zusätzlich sind bei dieser Konstruktion die Netto-Kräfte auf dem Betätigungsventilglied **209** entlang seiner Achse, die durch den Druck des Hochdruck-Betätigungsströmungsmittels verursacht werden, vernachlässigbar. Die Gründe dafür sind zweifach. Erstens ist die gesamte nach oben gerichtete horizontale Oberflächenbereichskomponente der Einlassstiftfläche **215** gleich der gesamten nach unten gerichteten horizontalen Oberflächenbereichskomponente der Einlassstiftoberfläche **215**, da das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel in die Strömungsmittelinlasskammer **221** von der Seite eintritt. Entsprechend übt das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel keine Netto-Kraft weder nach oben noch nach unten auf das Betätigungsventilglied **209** aus, wenn das Betätigungsventilglied **209** in der zweiten Position ist und wenn kein Strömungsmittel durch die Strömungsmittelinlasskammer **221** fließt, so dass irgendein hydraulisches Strömungsmittel in der Strömungsmittelinlasskammer **221** im wesentlichen statisch ist.

[0062] Darüber hinaus erzeugt das Minimieren der horizontalen Komponenten der Einlassstiftoberfläche **215** und die Verjüngung der Einlassstiftfläche zur Einstellung der breiten und/oder der Tiefe der Strömungsmittelinlasskammer **221** in vertikaler symmetrischer Weise, wie beispielsweise in dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel, wo die Strömungsmittelinlasskammer **221** eine sehr kleine Tiefe sowohl an ihrer Oberseite als auch an ihrer Unterseite hat, eine vertikale Symmetrie der Geschwindigkeit des hydraulischen Hochdruck-Strömungsmittels, welches durch die Strömungsmittelinlasskammer **221** fließt, wenn das Betätigungsventilglied **209** in der ersten Position ist und Strömungsmittel durch die Strömungsmitte-

leinlasskammer **221** über den Einlasssitz **217** fließt. Wie es in der Lehren der Strömungsmechanik verständlich gemacht wurde, kann eine vertikale Symmetrie der Strömungsmittelgeschwindigkeit verhindern, dass eine zusätzliche vertikale Netto-Kraft eingeleitet wird, und zwar aufgrund von Variationen des Hydraulikströmungsmitteldruckes, die durch die Geschwindigkeit des hydraulischen Strömungsmittels verursacht werden.

[0063] Diese druckausgeglichene Konstruktion hat eine starke verringerte Variation der Brennstofflieferung und der Zeitsteuerung von Einspritzung zu Einspritzung gegenüber früheren Konstruktionen zur Folge, weil die Bewegungskräfte des Betätigungsventilgliedes **209** im wesentlichen unabhängig von Variationen des Betätigungsströmungsmitteldruckes sind. Zusätzlich ist viel weniger elektrische Energie für die Betätigungsverrichtung **205** im Vergleich zu Konstruktionen erforderlich, wie jenen, die in den [Fig. 2–Fig. 4](#) gezeigt sind, wo die Betätigungsverrichtung **205** gegen die Kraft des Hochdruck-Betätigungsströmungsmittels drücken muss. Es gibt auch ein schnelleres Ansprechen der Rückschlagventilsteuerung und eine Verringerung des Geräusches gegenüber früheren Konstruktionen, zumindest teilweise aufgrund der relativ kleinen Masse des Betätigungsventilgliedes **209** mit aufgesetztem Stift.

[0064] Wenn das Betätigungsventilglied **209** in der zweiten Position ist, wird das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel von dem Betätigungsströmungsmittelinlass **223** dagegen abgeblockt, dem Rückschlagelementsteuerhohlraum **231** und die untere hydraulische Endfläche **239** des Kolbenventilgliedes **241** zu erreichen. Gleichzeitig öffnet die zweite Position des Betätigungsventilgliedes **209** dem Rückschlagelementsteuerhohlraum **231** zum Niederdruck-Betätigungsverrichtungsströmungsmittelablauf **227**.

[0065] Jedoch drückt das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel immer noch auf die obere hydraulische Endfläche **247** des Kolbenventilgliedes **241**. Da nun nur ein niedriger Druck gegen die untere hydraulische Endfläche **239** des Kolbenventilgliedes **241** drückt, reicht die Kraft des hydraulischen Strömungsmittels auf die obere hydraulische Endfläche **247**, um die Vorspannung zu überwinden, die von der Kolbenventilfeder **245** vorgesehen wird. Als eine Folge bewegt sich das Kolbenventilglied **241** nach unten, um den Verstärkersteuerdurchlass **249** von dem Betätigungsverrichtungsströmungsmittelablauf **227** abzuschließen, während der Verstärkersteuerdurchlass **249** zum Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel hin vom Betätigungsströmungsmittelinlass **223** geöffnet wird, was den Verstärkerkolben **253** mit einer ausreichend großen Kraft nach unten drückt, um die Vorspannung zu überwinden, die von der Stößelfeder **257** vorgesehen wird.

[0066] Von der Kraft des Hochdruck-Betätigungsströmungsmittels nach unten gedrückt drückt der Verstärkerkolben **253** den Stößel **259** nach unten, was Brennstoff in der Brennstoffdruckkammer **263** unter Druck setzt. Der unter Druck gesetzte Brennstoff fließt durch den Verbindungsdurchlass **267** zur Düsenkammer **269**. Da es nur einen geringen Druck gegen die hydraulische Verschlussfläche **235** des Rückschlagventilgliedes **237** gibt, ist die von dem unter Druck gesetzten Brennstoff in der Düsenkammer **269** gelieferte Kraft ausreichend, um die Vorspannung zu überwinden, die von der Rückschlagelementfeder **285** vorgesehen wird. Als eine Folge bewegt sich das Rückschlagventilglied **237** nach oben, was gestattet, dass stark unter Druck gesetzter Brennstoff aus der Brennstoffeinspritzvorrichtung **15** austritt, beispielsweise in die Motorbrennkammer.

[0067] Um die Brennstoffeinspritzung zu beenden wird die Betätigungsverrichtung **205** entregt, was gestattet, dass die Betätigungsverrichtungsfeder **216** das Betätigungsventilglied **209** zurück in die erste Position bewegt. In dieser Position ist der Rückschlagelementsteuerhohlraum **231** von dem Betätigungsströmungsmittelablauf **227** abgeschlossen und ist strömungsmittelmässig mit dem Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel von dem Betätigungsströmungsmittelinlass **223** verbunden. Dies bewirkt, dass das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel auf die untere hydraulische Endfläche **239** des Kolbenventilgliedes **241** aufgebracht wird, was wiederum die Kraft des Hochdruck-Betätigungsströmungsmittels gegen die obere hydraulische Endfläche **247** des Kolbenventilgliedes **241** ausgleicht.

[0068] Die Vorspannung, die von der Kolbenventilfeder **245** vorgesehen wird, kann nun das Kolbenventilglied **241** nach oben bewegen, um die Versorgung von Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel von dem Verstärkersteuerdurchlass **249** abzuschneiden, und den Druck in dem Verstärkersteuerdurchlass **249** abzulassen, in dem dieser zum Betätigungsströmungsmittelablauf **227** freigelegt wird. Die Vorspannung, die von der Stößelfeder **257** vorgesehen wird, kann nun den Verstärkerkolben **253** nach oben drücken. Dies reduziert den Druck des Brennstoffes in der Brennstoffdruckkammer **263**, und daher in der Düsenkammer **269**, was gestattet, dass die von der Rückschlagelementfeder **285** vorgesehene Vorspannung das Rückschlagventilglied **237** zu seiner geschlossenen Position hin drückt.

[0069] Jedoch dauerte es eine gewisse Zeit, dass das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel das Kolbenventilglied **241** bewegt und dann den Verstärkerkolben **253** nach unten drückt. Das Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel in dem Rückschlagelementsteuerhohlraum **231** erreicht die Rückschlagelementsteuerkammer **233** und wirkt auf das Rückschlagventilglied **237** mit niedriger Masse viel schneller. Auch

wenn die Düsenkammer **269** immer noch stark unter Druck gesetzten Brennstoff enthält, überwindet die Kombination des angestiegenen Druckes in der Rückschlagelementsteuerkammer **233** und der Vorspannung, die von der Rückschlagelementfeder **285** vorgesehen wird, den Druck des Brennstoffes in der Düsenkammer **269**. Dies bewirkt, dass das Rückschlagventilglied **237** sofort abschließt, was ein viel abrupteres Ende für den Einspritzzyklus vorsieht als anderenfalls erreicht werden kann.

[0070] Wegen dem Hysterese-Effekt der relativen Verzögerung des Kolbenventilgliedes **241**, auch bevor das Kolbenventilglied **241** sich weit genug nach oben bewegen kann, um die Versorgung mit Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel vom Verstärkersteuerdurchlass **249** abzuschalten kann zusätzlich die Betätigungsvorrichtung **205** schnell ein- und ausgeschaltet werden, um direkt das Rückschlagventilglied **237** zu steuern, in dem es auf seine hydraulische Verschlussfläche **235** wirkt. Wenn man dies tut, kann dies das Rückschlagventilglied **237** so oft wie möglich zu jedem Zeitpunkt während des Einspritzungszyklus öffnen und schließen lassen. Beispielsweise kann dieses Merkmal verwendet werden, um eine kurze Verzögerung nach einer "Vorbrennstoffeinspritzung" bzw. "Pilot-Brennstoffeinspritzung" zum Beginn eines Einspritzungszyklus zu bewirken, um die Motoremissionen zu reduzieren, oder auch aus anderen Gründen.

[0071] Die Auswahl einer Sitzkonfiguration ist sehr wichtig für die Leistung der Einspritzvorrichtung **10** zur Steuerung der Brennstofflieferung bzw. der Zunahme des Brennstoffes über die Lebensdauer der Brennstoffeinspritzvorrichtung. Für jedes Sitzventil gibt es zwei Arten von Sitzkonfigurationen, wie oben erklärt: AD ([Fig. 8A](#)) und ID ([Fig. 8B](#)). Die Auswahl der Sitzkonfiguration beeinflusst die Zunahmerichtung der Abdichtungslänge (Breite des Ringes des tatsächlichen Kontaktes zwischen dem Stift und einem Sitz) wenn eine Abnutzung an den Kontaktbereichen auftritt. Für das am Außendurchmesser aufgesetzte Ventil nimmt die Dichtungslänge zur Mitte des Ventils hin zu. Für das am Innendurchmesser aufgesetzte Ventil wächst die Dichtungslänge weg von der Mitte an.

[0072] Die Auswahl der Sitzkonfiguration in den veranschaulichten Ausführungsbeispielen basiert auf der Betrachtung der tatsächlichen Betriebszustände des Ventils und der Steuerung der Zunahme der Dichtungslänge mit der Zeit. Es wird verständlich sein, dass der Druck gegen die Ventilkomponenten und die Sitze (wenn diese geschlossen sind) mit dem Sitzdurchmesser variieren wird, der von dem stromaufwärts liegenden Kontaktpunkt zwischen dem Stift und einem jeweiligen Sitz definiert wird, wenn der Sitz geschlossen ist. Für die veranschaulichten Ausführungsbeispiele ist der Einlasssitz **217**, **218** am In-

nendurchmesser aufgesetzt, und der Ablaufsitz **215**, **216** ist am Außendurchmesser aufgesetzt, wie es am besten in [Fig. 9](#) veranschaulicht ist.

[0073] Der Einlasssitz **217**, **218** ist am Innendurchmesser aus zwei Gründen aufgesetzt; der Einlasssitz **217**, **218** muss druckausgeglichen sein, wenn der Stift in der zweiten Position ist, und die Zunahme des Dichtungsdurchmessers darf nicht beträchtlich die Bewegung des Stiftes beeinflussen. Der Sitzdurchmesser des Einlasssitzes **217**, **218** ist der Gleiche wie der Durchmesser der Betätigungsvorrichtungsbearbeitung **211**. Wenn der Einlasssitz **217**, **218** am Außendurchmesser aufgesetzt wäre, dann wäre der Dichtungsdurchmesser größer als der Durchmesser der Betätigungsvorrichtungsbearbeitung **211**, und der Sitzdurchmesser würde sich mit der Abnutzung des Sitzes verändern.

[0074] Ein Unterschied zwischen dem Sitzdurchmesser und dem Betätigungsvorrichtungsbearbeitungsdurchmesser würde bewirken, dass die Strömungsmittelinlasskammer **221** mit Bezug auf den Rail-Druck nicht ausgeglichen ist. Die daraus resultierende Kraft dieser Unausgeglichenheit wäre abwärts gerichtet. Daher müsste bei einem hohen Rail-Druck der Elektromagnethaltestrom höher gemacht werden, um genügend magnetische Kraft zu erzeugen, um die nicht ausgeglichene Kraft und die Federbelastung des Ankers zu überwinden. Zusätzlich würde dies die Zeitsteuerung und so weiter beeinflussen, und zwar aufgrund von Variationen des Rail-Druckes, wie oben erklärt.

[0075] Der Ablaufsitz **215**, **216** ist am Außendurchmesser aufgesetzt, so dass die Dichtungslänge zur Mitte des Ventils hin anwächst, was den Sitzdurchmesser am Ablaufsitz **215**, **216** nicht verändern wird. Der Sitzdurchmesser des Einlasssitzes **217**, **218** und der Sitzdurchmesser des Ablaufsitzes **215**, **216** sollten so ausgewählt worden sein, dass das Ventil bezüglich des Druckes ausgeglichen ist. Wenn der untere Sitz am Innendurchmesser aufgesetzt wäre, würde die Dichtungslänge von der Mitte weg anwachsen, und der Dichtungsdurchmesser würde mit der Zeit stark anwachsen, was die Ausgeglichenheit zwischen dem Sitzdurchmessern vom oberen Sitz und vom unteren Sitz unterbricht und einen höheren Einzugsstrom des Elektromagneten erfordert.

[0076] Die zapfenförmige Ablaufstiftfläche **225** des Betätigungsventilgliedes **209** hat einen glatten Fluss von hydraulischem Strömungsmittel zur Folge. Dies ist in [Fig. 8C](#) für ein repräsentatives Betätigungsventilglied **309** veranschaulicht, welches eine zapfenförmige Ablaufstiftfläche **325** besitzt. Der Fluss ist glatt und es gibt keine Abtrennung eines Flusstroms. Das Druckprofil an der Ablaufstiftfläche **225**, **325** nimmt linear ab, und die resultierende Kraft auf dem Betätigungsventilglied **209**, **309** ist ein wichtiger Teil der

Flusskraft.

[0077] Auch wenn der Ablaufquerschnitt groß ist, reduziert sich die Flusskraft nicht, weil der Fluss eine Haltezone bildet, die von dem gestrichelten Oval dargestellt wird. Der Druck in dieser Zone ist immer höher als der atmosphärische Druck, was eine beträchtliche Flusskraft verursacht, die auf die Ablaufstiftfläche **225, 325** wirkt. Obwohl sie klein ist, ist es wichtig, falls möglich, diese Kraft zu eliminieren, um die Vorspannung zu reduzieren, die von der Betätigungsvorrichtungsfeder **220** angefordert wird, weil je größer die Vorspannung der Betätigungsvorrichtungsfeder **220** ist, desto größer die Einzugskraft ist, die von der Betätigungsvorrichtung verlangt wird.

[0078] Das Eliminieren dieser nicht ausgeglichenen Flusskraft kann durch Verwendung einer kegelstumpfförmigen Ablaufstiftfläche **226** erreicht werden, die die Flusscharakteristiken für das Betätigungsventilglied **210** verändert. Dies ist in [Fig. 8D](#) für ein repräsentatives Betätigungsventilglied **310** mit einer kegelstumpfförmigen Ablaufstiftfläche **326** veranschaulicht. Bei dieser Konfiguration trennt sich der Fluss ab, nachdem er an dem Sitz vorbei gelaufen ist, und bildet eine Niederdruck-Trennungsflusszone. Der Druck in dieser Zone ist nahe an dem atmosphärischen Druck und erzeugt keine signifikante Flusskraft, die auf die kegelstumpfförmige Ablaufstiftfläche **226, 326** wirkt.

[0079] Die hier beschriebene Betätigungsvorrichtung mit aufgesetztem Stift, die in der HEUI-B™-Brennstoffeinspritzvorrichtung von Caterpillar eingesetzt wird, hat eine hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzvorrichtung zur Folge, die eine bessere Stabilität hat, eine Fähigkeit zur vollständigen Formung der Einspritzungsrate einen niedrigeren Verbrauch von elektrischer Energie und die für höheren Druck ausgelegt ist.

[0080] Es sei bemerkt, dass die obige Beschreibung nur vorgesehen ist, um die Konzepte der vorliegenden Erfindung zu veranschaulichen und nicht in irgendeiner Weise den möglichen Umfang der vorliegenden Erfindung einschränken sollte. Beispielsweise ist das Betätigungsströmungsmittelsteuerventil **203** der Erfindung in einer HEUI-B™-Brennstoffeinspritzvorrichtung gezeigt, die von Caterpillar Inc. hergestellt wird und kann in anderen HEUI-Modellen ebenfalls eingesetzt werden. Jedoch kann das Betätigungsströmungsmittelsteuerventil **203** der Erfindung zur Anwendung bei irgend einer hydraulisch betätigten Brennstoffeinspritzvorrichtung oder in irgendwelchen anderen hydraulisch betätigten Vorrichtungen angepasst werden, wie beispielsweise Betätigungsvorrichtungen für hydraulische Motorbremsen, und auch in anderen hydraulischen Steuervorrichtungen von bewegbaren Teilen.

[0081] Während zusätzlich die vorliegende Erfindung derart gezeigt ist, dass sie ein Hydrauliksystem aufweist, welches an dem Motor angebracht ist, welches Schmieröl als Betätigungsströmungsmittel verwendet, könnte dies modifiziert werden. Beispielsweise könnte das Hydrauliksystem vom Motor isoliert sein und ein getrenntes Strömungsmittel als Betätigungsströmungsmittel verwenden, oder das Hydrauliksystem könnte vom Motor isoliert sein, während es immer noch das Schmieröl als Betätigungsströmungsmittel verwendet. Somit könnten verschiedene Modifikationen vorgenommen werden, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er von den Ansprüchen unten definiert wird.

Patentansprüche

1. Betätigungsströmungsmittelsteuerventil (**203**) für eine hydraulisch betätigte Brennstoffeinspritzvorrichtung (**15**), mit:
 einem Ventilkörper (**105**) einschließlich einer Bohrung (**211**) mit einer Bohrungsachse und einer Bohrungswand (**213**), einem Betätigungssteuerhohlraum (**231**), einem Niederdruck-Betätigungsströmungsmittelabfluß (**227**), einem Betätigungsströmungsmittelinlaß (**223**) zum Einlaß von Hochdruck-Betätigungsströmungsmittel in die Bohrung (**211**) von außerhalb der Brennstoffeinspritzvorrichtung (**15**), einem Einlasssitz (**217, 218**) an der Grenze zwischen dem Betätigungssteuerhohlraum (**231**) und der Bohrung (**211**), und einem Abflusssitz (**215, 216, 315, 316**) an der Grenze zwischen dem Betätigungssteuerhohlraum (**231**) und dem Betätigungsströmungsmittelabfluß (**227**);
 einer an dem Ventilkörper befestigten Betätigungsvorrichtung (**205**); und
 einem Betätigungsventilglied (**209, 210, 309, 310**), das verschiebbar in der Bohrung (**211**) angeordnet ist, wobei das Betätigungsventilglied (**209, 210, 309, 310**) eine Einlassoberfläche (**219**) besitzt, die teilweise eine Strömungsmittelinlasskammer (**221**) innerhalb der Bohrung (**211**) definiert, wobei das Betätigungsventilglied (**209, 210, 309, 310**) ansprechend auf die Betätigungsvorrichtung (**205**) verschiebbar ist zwischen:
 einer ersten Position, in der der Betätigungssteuerhohlraum (**231**) über die Strömungsmittelinlasskammer (**221**) zum Betätigungsströmungsmittelinlaß (**223**) hin offen ist und das Betätigungsventilglied (**209, 210, 309, 310**) gegen den Abflusssitz (**215, 216, 315, 316**) gehalten wird, so dass der Betätigungssteuerhohlraum (**231**) strömungsmittelmäßig getrennt ist von dem Betätigungsströmungsmittelabfluß (**227**); und
 einer zweiten Position, in der der Betätigungssteuerhohlraum (**231**) zu dem Betätigungsströmungsmittelabfluß (**227**) hin offen ist und das Betätigungsventilglied (**209, 210, 309, 310**) gegen den Einlasssitz (**209, 210, 309, 310**) gehalten wird, so dass der Betätigungssteuerhohlraum (**231**) strömungsmittelmäßig

getrennt ist von dem Betätigungsströmungsmiteleinlaß (223),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Einlassoberfläche (219) meniskus-förmig und verjüngt ist, so dass die Strömungsmiteleinlasskammer (221) im wesentlichen symmetrisch ist bezüglich einer Längsachse des Ventilkörpers (105), wobei das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) und der Abflusssitz (215, 216, 315, 316) derart konfiguriert sind, dass wenn das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) in der ersten Position ist, das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) in einer Außendurchmesser-Sitzkonfiguration (Konfiguration mit Sitz am Außendurchmesser) gegen den Abflusssitz (215, 216, 315, 316) gehalten ist; und wobei das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) und der Einlasssitz (217, 218) derart konfiguriert sind, dass wenn das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) in der zweiten Position ist, das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) in einer Innendurchmesser-Sitzkonfiguration (Konfiguration mit Sitz am Innendurchmesser) gegen den Einlasssitz (217, 218) gehalten wird.

2. Betätigungsströmungsmittelsteuerventil (203) nach Anspruch 1, wobei die Betätigungsverrichtung (205) einen Elektromagneten umfaßt.

3. Betätigungsströmungsmittelsteuerventil (203) nach Anspruch 2, wobei das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) einen Stift (209, 210, 309, 310) aufweist, welcher an einem Anker (207) befestigt ist.

4. Betätigungsströmungsmittelsteuerventil (203) nach Anspruch 1, wobei die Betätigungsverrichtung (205) einen Piezo-Stapel aufweist.

5. Betätigungsströmungsmittelsteuerventil (203) nach Anspruch 1, wobei das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) ferner eine kegelstumpfförmige Abflussoberfläche (226, 326) aufweist, die teilweise den Betätigungsströmungsmittelabfluß (227) definiert, wenn das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) in der ersten Position ist.

6. Brennstoffeinspritzvorrichtung (15) mit einem Betätigungsströmungsmittelsteuerventil (203) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.

7. Brennstoffeinspritzvorrichtung (15) nach Anspruch 6, wobei die Einlassoberfläche (219) Mittel zum Halten der Netto-Vertikalkraft auf das Betätigungsventilglied (209, 210, 309, 310) im wesentlichen unabhängig vom Druck des Hochdruck-Betätigungsströmungsmittels aufweist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Fig-1

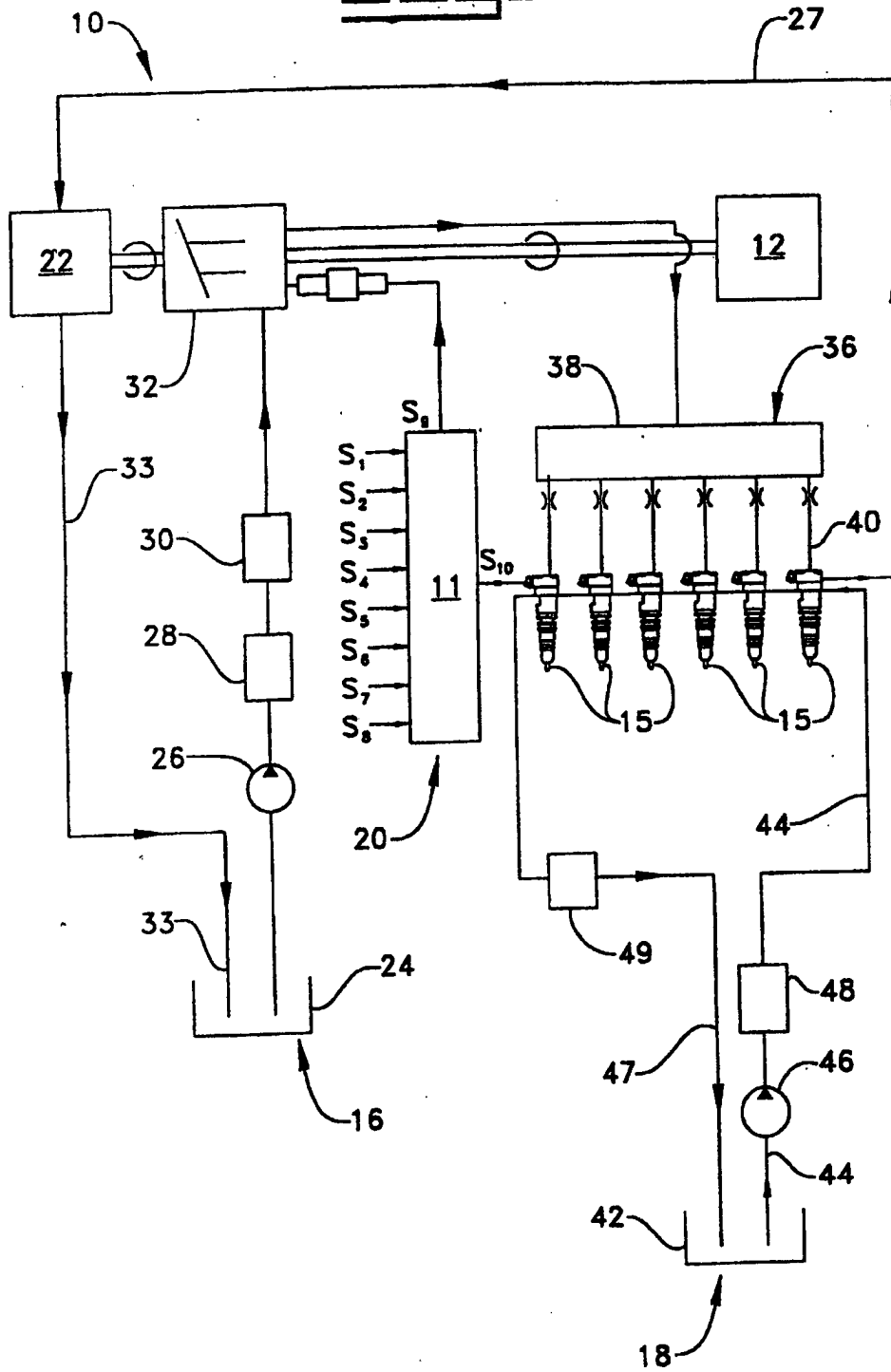


Fig. 2.

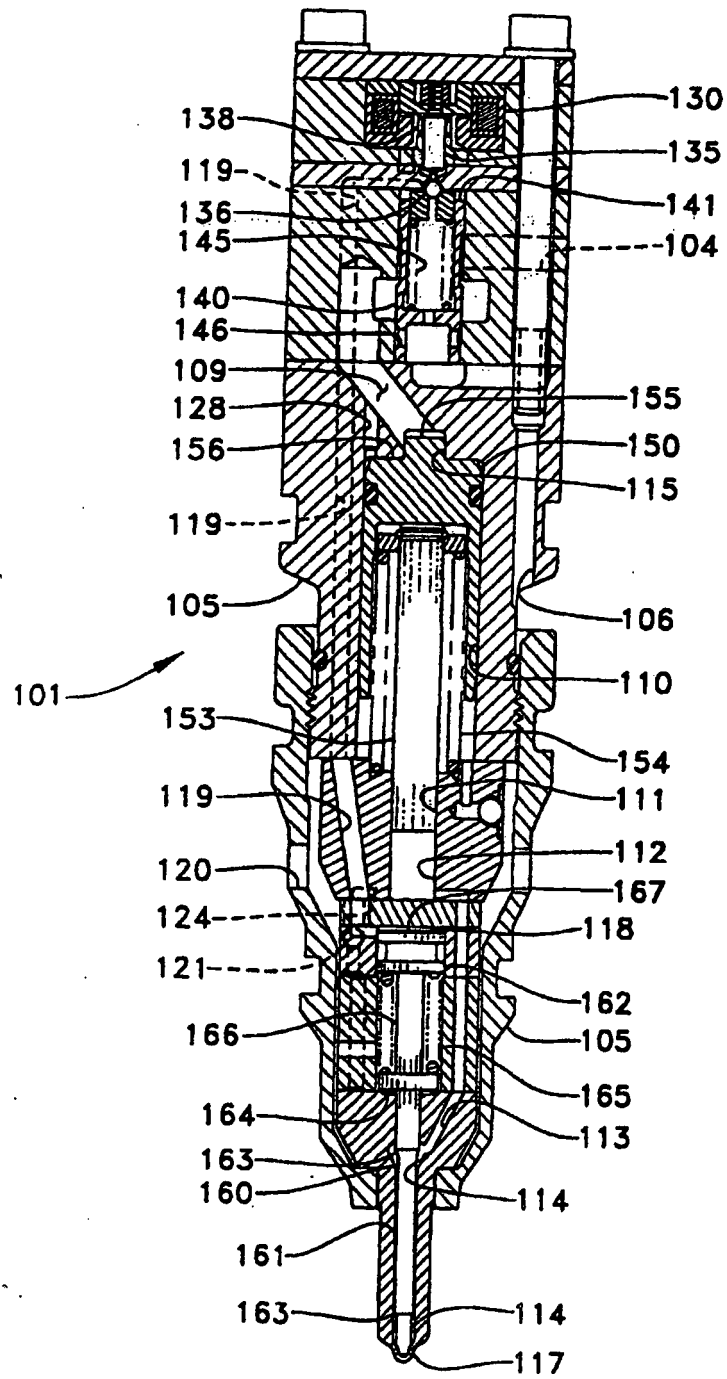


FIG. 3.

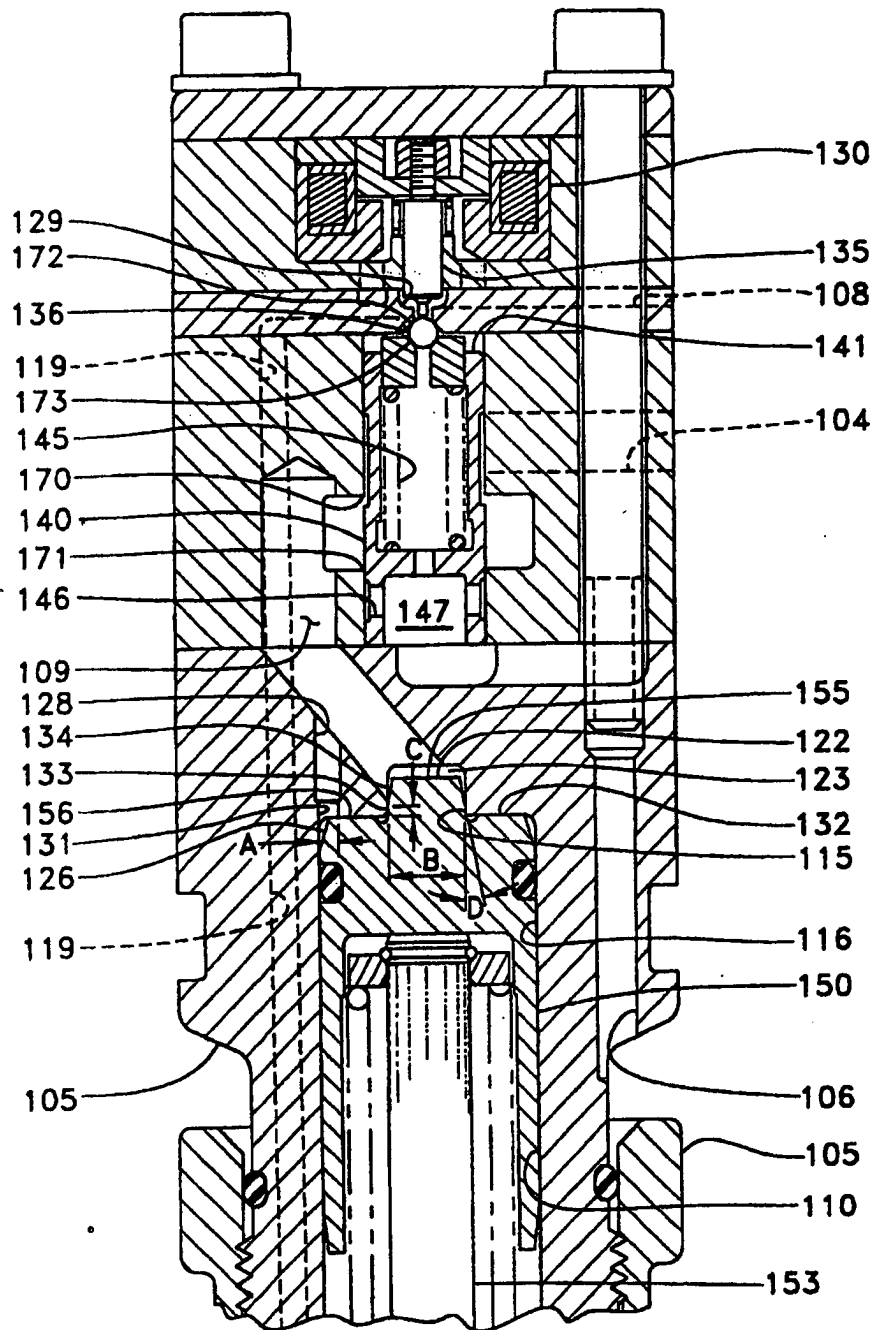


FIG. 4

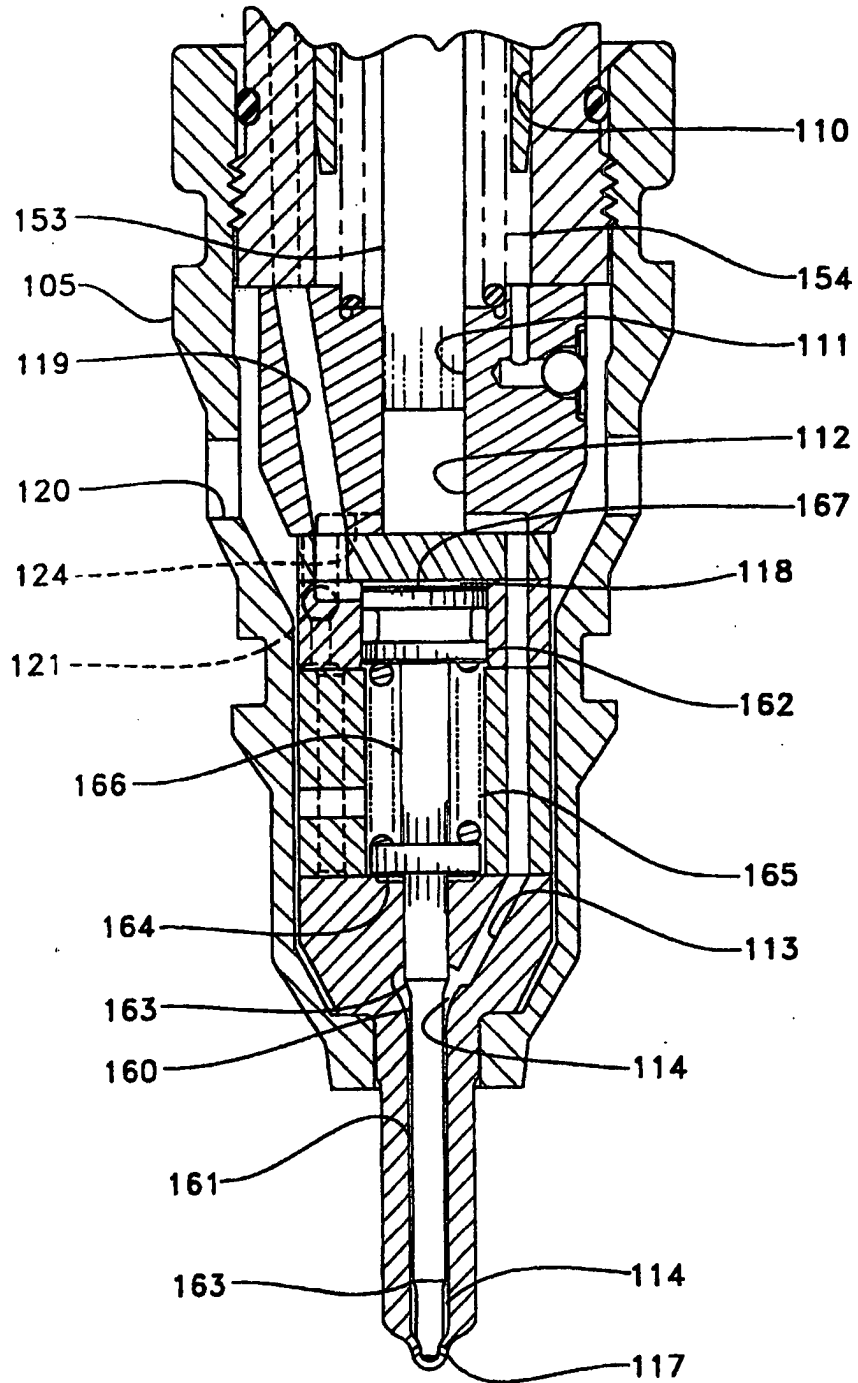


Fig. 5.

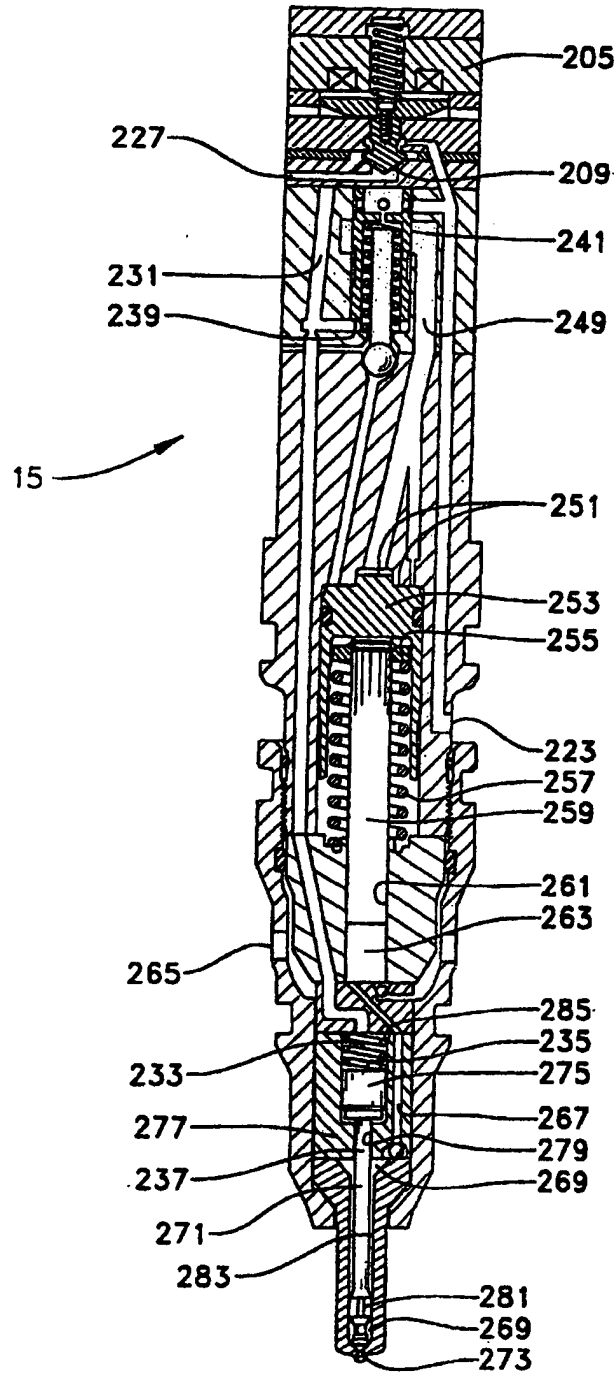


Fig. 6

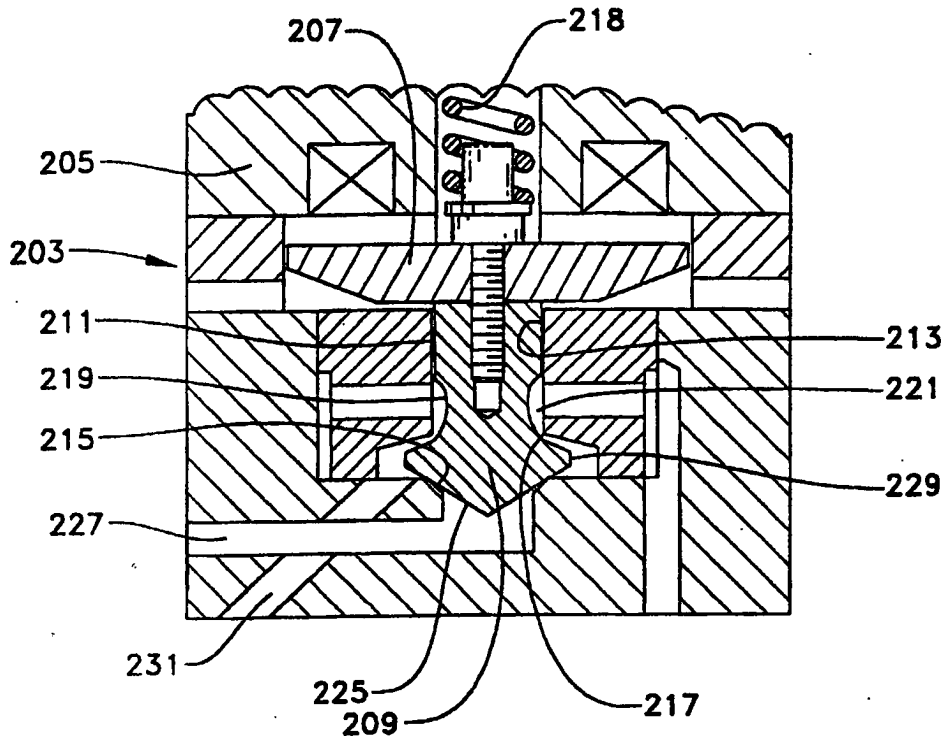


Fig. 7

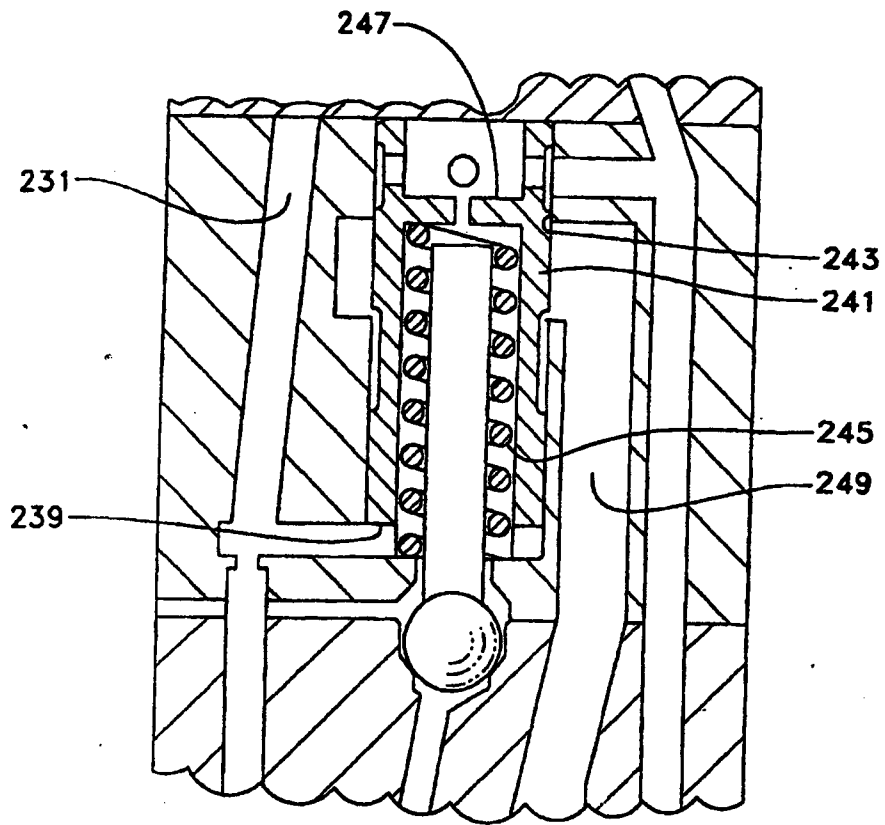


FIG-BA-

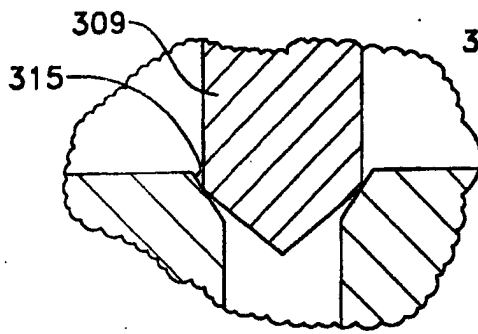


FIG-BB-

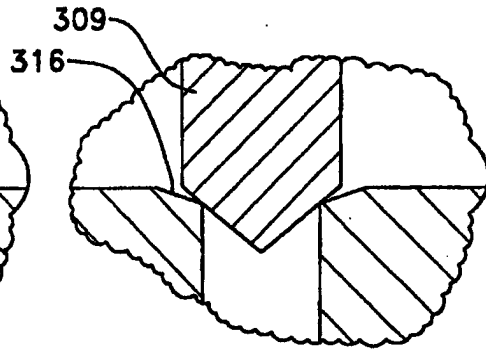


FIG-BC-

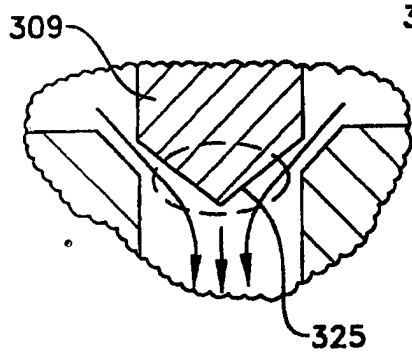


FIG-BD-

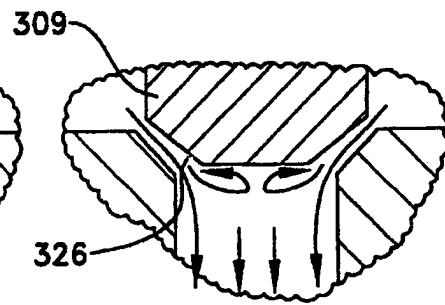


Fig. 9.

