



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.10.2000 Patentblatt 2000/43

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

(21) Anmeldenummer: **00107401.2**

(22) Anmeldetag: **05.04.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

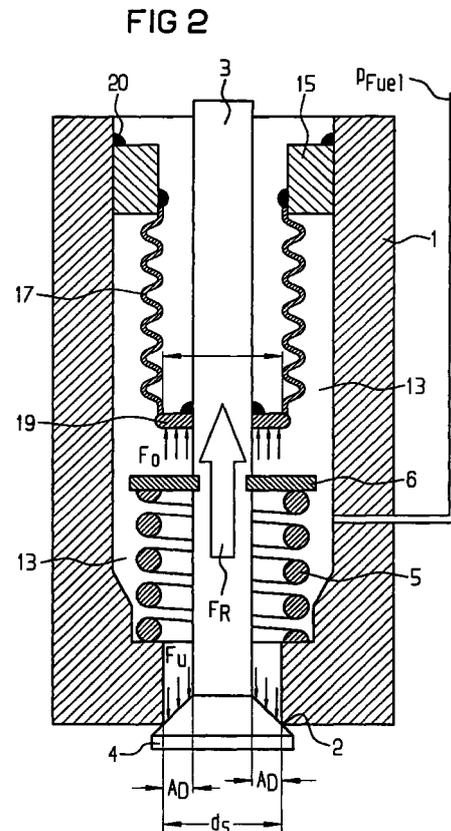
(30) Priorität: **20.04.1999 DE 19917839**

(71) Anmelder:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kappel, Andreas, Dr.**
85649 Brunnthal (DE)
• **Fischer, Bernhard**
84513 Töging am Inn (DE)
• **Gottlieb, Bernhard, Dr.**
81739 München (DE)
• **Mock, Randolph, Dr.**
81739 München (DE)
• **Chemisky, Eric**
85540 Haar (DE)
• **Meixner, Hans, Prof.**
85540 Haar (DE)

(54) **Fluiddosiervorrichtung**

(57) Die wesentlichen Elemente einer Fluiddosier-
vorrichtung bzw. eines Hochdruckinjektors sind ein
Gehäuse (1), eine darin befindliche unter Fluiddruck
stehende Kammer (13) und eine durch die Kammer (13)
hindurchgeführte Ventalnadel, deren erstes Ende (22)
außerhalb der Kammer (13) mit einem Hub beauf-
schlagbar ist und deren zweites Ende (23) mit einem
am Gehäuse (1) positionierten Ventilsitz ein mit der
Kammer (13) in Verbindung stehendes Ventil bildet. Als
Durchführungselement für die Ventalnadel (3) an deren
erstem Ende (22) wird ein Metallbalg (17) eingesetzt,
der hermetisch abdichtet und nur geringe axiale druck-
bedingte Kräfte erzeugt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Fluiddosier-
vorrichtung mit der ein in einem Gehäuse befindliches,
unter Druck stehendes Fluid, entweder eine Flüssigkeit
oder ein Gas, in vorbestimmten Mengen abgegeben
bzw. eingespritzt werden kann. Dabei ist durch das
Gehäuse eine Ventalnadel hindurchgeführt, die außer-
halb des Gehäuses einerseits mechanisch betätigt wird
und andererseits ein Element eines Ventils darstellt.

[0002] Im Stand der Technik sind verschiedenartige
Abdichtungs- oder Durchführungselemente bekannt.
Für den Anwendungsfall der Dosierung von unter Druck
stehenden Kraftstoffen mit einem Druck bis zu bei-
spielsweise 300 bar und einem Arbeitstemperaturbe-
reich von -40°C bis $+150^{\circ}\text{C}$ werden jedoch besondere
Anforderungen an ein serientaugliches Produkt gestellt.
Allgemein müssen Anforderungen hinsichtlich der Ver-
sprödung, des Verschleißes und der Zuverlässigkeit
erfüllt werden.

[0003] Die Dauerstandfestigkeit von bisher verwen-
deten O-Ring-Dichtungen entspricht den obigen Anfor-
derungen nicht. Anstelle von O-Ringen können auch
Membrandichtungen wie beispielsweise Metallsicken o.
ä. verwendet werden. Diese weisen jedoch den Nachteil
einer sehr hohen druckbelasteten Fläche auf, was eine
entsprechende Krafteinleitung in die Ventalnadel zur
Folge hat. Wird bei einem einseitigen Überdruck von
beispielsweise 300 bar eine 1 mm^2 große druckbela-
stete Fläche betrachtet, so ergibt sich bereits eine Kraft
von 30 N. Der Einsatz von Membranen als Durchfüh-
rungselement einer Ventalnadel durch eine druckbeauf-
schlagte Kammer kann somit die Anforderungen
bezüglich einer hohen axialen Nachgiebigkeit bei
gleichzeitig ausreichender Druckfestigkeit nicht erfüllen.
Eine hohe Druckfestigkeit führt zwangsläufig zu einer
entsprechend dimensionierten Membrandicke, die wie-
derum eine hohe axiale Steifigkeit bedingt. Aufgrund
der großen Membranfläche und der dadurch auch auf
die Ventalnadel wirkenden sehr hohen Druckkräfte ist
keine druckunabhängige Funktion einer Fluidosier-
vorrichtung möglich. Dies ist jedoch beispielsweise für
einen Motorstart oder für bestimmte Kennfeldbereiche
notwendig. Eine Kompensation der Druckkräfte beim
Einsatz einer Membran, beispielsweise durch eine
mechanische Feder, ist bei der ausgeprägten Druckab-
hängigkeit der auf die Ventalnadel wirkenden Kräfte
daher bestenfalls in einem einzigen Betriebspunkt mög-
lich.

[0004] Die Ventalnadeldurchführung kann ähnlich
wie bei Dieselinjektoren auch durch eine Spielpassung
der Nadel in einer zylindrischen Gehäusebohrung erfol-
gen. Nachteilig hierbei ist die unvermeidbare Leckage,
längs der Nadeldurchführung, die eine Rücklaufleitung
in den Tank oder zum Niederdruckanschluß der Kraft-
stoffförderpumpe erfordert. Durch die höheren hydraulischen
Verluste wird außerdem der
Gesamtwirkungsgrad des Motors herabgesetzt.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin,
eine Fluidosiervorrichtung derart zu gestalten, daß
eine hermetisch dichte Durchführung einer Ventalnadel
durch eine mit einem unter Druck stehenden Fluid
gefüllte Kammer gewährleistet wird, wobei ein zu ver-
wendendes Durchführungselement keine wesentlichen
druckabhängigen Kräfte auf die Ventalnadel ausübt.

[0006] Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch
die Merkmalskombination des Anspruchs 1.

[0007] Durch den Einsatz eines Metallbalges als
Durchführungselement für eine Ventalnadel durch eine
Kammer, die das zu dosierende Fluid beinhaltet, lassen
sich viele bestehende Probleme lösen. Die Erfindung
begründet sich dabei auf dem genauen Verständnis des
Verhaltens eines druckbeaufschlagten Metallbalges.
Hierbei werden insbesondere durch den Druck auf den
Metallbalg und damit verbundene Verformungen Kräfte
ausgelöst, die vom Metallbalg bei beidseitiger Befesti-
gung nach außen übertragen werden. Dabei ist von
hohen Druckunterschieden auf beiden Seiten des
Metallbalges auszugehen, wobei der höhere Druck
innerhalb oder außerhalb des Metallbalges sein kann.
Die grundlegende Erkenntnis besteht insbesondere
darin, daß die Wandung des Metallbalges auch bei
geringer axialer Federkonstante bei einer Druckbeauf-
schlagung nur zu kleinen Kraftänderungen an den
Enden eines beidseitig befestigten Balges führt. Die
axialen Deformationen der Balgwellen sind durchaus
nicht gering, heben sich aber genau wie die auf die ein-
zelnen Balgwellen wirkenden Kräfte in ihrer Summe
über die Gesamtlänge des Metallbalges nahezu auf.
Somit kann mit geringen druckbedingten Kräften, die
vom Metallbalg axial auf die Ventalnadel übertragen
werden, gerechnet werden.

[0008] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung
sieht die radiale Fixierung der Ventalnadel durch die
feste Verbindung des Metallbalges mit der Ventalnadel
einerseits und mit dem Gehäuse andererseits vor.

[0009] In einer anderen Ausgestaltung der Erfin-
dung sorgt der Einsatz einer Druckfeder zwischen
Gehäuse und Ventalnadel für eine zuverlässige Schließ-
kraft, die auf das Ventil wirkt.

[0010] Trotz der großen Stabilität des Metallbalges
kann insbesondere bei zylindrischer Ausführung die
Ventalnadel oder eine über dem Metallbalg gestülpte
Außenhülse eine Führung für diesen darstellen. Der
Metallbalg kann dabei unter Umständen bereichsweise
an seiner Führung anliegen. Ein Restrisiko eines Aus-
knickens wird damit nochmals reduziert.

[0011] Die besonderen Vorteile des Metallbalges
werden erzielt sowohl bei Innendruck- als auch bei
Außendruckbeaufschlagung. Die Dimensionierung der
Randstärke des Metallbalges im Bereich von 25 bis 500
 μm zeigt, daß kleine Wandstärken bei großen Drücken,
wie beispielsweise 300 bar, ausreichend sind.

[0012] Versuche haben ergeben, daß eine Ausbil-
dung des Metallbalges in Form von im Längsschnitt
sichtbaren aneinandergereihten Halbkreisegmenten

besondere Vorteile erbringt. Diese Halbkreissegmente können jeweils durch zwischenliegende gerade Teilstücke ergänzt werden.

[0013] Der Metallbalg ist vorteilhafterweise fest mit der Ventilmadel und dem Gehäuse verbunden. Zur Montierbarkeit der Ventilmadel und des Metallbalges im Gehäuse, beispielsweise bei einem Einspritzventil mit mehreren ineinander verschachtelten Elementen, müssen Verbindungsstellen frei zugänglich sein. Dies kann in vorteilhafterweise durch Schweißverbindungen, beispielsweise Laserschweißungen, geschehen.

[0014] Um die bei hohen anliegenden Fluidrücken auf die druckbeaufschlagten Flächen wirkenden Druckkräfte gezielt zu beeinflussen, sollte ein bestimmtes Gleichgewicht, bezogen auf die Ventilmade, der in entgegengesetzten Richtungen wirkenden fluiddruckbedingten Kräfte vorhanden sein. Es wird angestrebt, insgesamt eine Kompensierung dieser Kräfte zu erzielen, so daß die Ventilmadel bezüglich der genannten Kräfte annähernd kräftefrei ist oder am Ventil eine mit dem Druck proportional steigende Schließkraft anliegt. D.h. daß in Schließrichtung die druckwirksamen Kräfte geringfügig größer sind als die, die gegen die Schließkraft gerichtet sind. Zusätzlich kann die Kraft einer Schließfeder vorteilhaft sein.

[0015] Prinzipiell kann die Fluiddosiervorrichtung mit Ventilen ausgebildet sein, die nach innen oder nach außen öffnen. Die Konstruktion des Metallbalges im Verhältnis zu den restlichen Elementen insbesondere zum huberzeugenden Aktor ist entsprechend anzupassen. Als Aktor kommen Elektromagnete in Frage. Vorteilhaft ist es, Piezoaktoren einzusetzen, die beispielsweise in einer Rohrfeder vorgespannt sind.

[0016] Im folgenden werden anhand von schematischen den Schutzbereich nicht einschränkenden Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben.

Figur 1 zeigt einen Hochdruckinjektor mit einem Aktor, einem innendruckbeaufschlagten Metallbalg und einem nach außen öffnenden Ventil,

Figur 2 zeigt einen Hochdruckinjektor mit einem außendruckbeaufschlagten Metallbalg und einem nach außen öffnenden Ventil,

Figur 3 zeigt einen Hochdruckinjektor mit einem innendruckbeaufschlagten Metallbalg und einem nach außen öffnenden Ventil und

Figur 4 zeigt einen Hochdruckinjektor mit einem Aktor, einem innendruckbeaufschlagten Metallbalg und einem nach innen öffnenden Ventil.

[0017] Die hier betrachteten Hochdruckinjektoren werden mit Kraftstoffdrücken PFUEL bis zu beispielsweise 500 bar betrieben. Ein Hub der Ventilmadel ist extrem kurz und liegt im Bereich von 10 bis 100 µm. Bei der Betrachtung des Gehäuses 1 ist zwischen dem fluiddruckbeaufschlagtem Bereich und dem Bereich

des Aktors mit wesentlich geringerem Druck zu unterscheiden. Hierzu ist das Gehäuse unterteilt in die Kammer 13, die mittels einer Leitungsbohrung 7 verbunden ist, über die das Fluid unter Druck zugeführt wird. Eine derartige Fluiddosiervorrichtung bzw. ein Hydraulikventil zur Dosierung des Fluides trennt demnach einen Hochdruckraum von einem Raum, der beispielsweise Umgebungsdruck aufweisen kann. Die Durchführung der Ventilmadel 3 durch das Gehäuse 1, insbesondere durch die Kammer 13 und zum Aktorraum 14 stellt den Kern der Erfindung dar. Als Durchführungselement wird ein Metallbalg 17 eingesetzt.

[0018] Bei der Konstruktion eines Hochdruckeinspritzventils für direkteinspritzende Magermotoren, insbesondere wenn das Einspritzventil einen piezoelektrischen Aktor 8 als Antrieb aufweist, gilt es folgende Probleme zu lösen:

- Die Durchführung der Ventilmadel 3 aus der druckbeaufschlagten Kraftstoffkammer 13 in den Antriebsteil des Injektors ist hermetisch dicht auszuführen;
- das Durchführungselement, hier der Metallbalg 17, soll eine hohe mechanische Nachgiebigkeit (geringe Federrate) in Bewegungsrichtung der Ventilmadel 3 aufweisen, um die Auslenkung der Ventilmadel 3 nicht zu beeinträchtigen und um die durch temperaturbedingte Längenänderungen des Durchführungselementes in die Ventilmadel 3 eingeleiteten Kräfte gering zu halten;
- es soll eine hinreichende Druckfestigkeit des Durchführungselementes bei typischen Kraftstoffdrücken bis zu 500 bar gewährleistet sein;
- druckbedingte Kräfte, die direkt auf die Ventilmadel wirken oder die durch mit der Ventilmadel mechanisch verbundene Elemente, wie das Durchführungselement, in die Ventilmadel eingeleitet werden, sollen geeignet kompensiert werden;
- weiterhin muß eine sehr hohe Zuverlässigkeit des Durchführungselementes hinsichtlich einer Leckage garantiert sein, d.h. die im Durchführungselement auftretenden mechanischen Druck-/Zugspannungen müssen in einem materialverträglichen Bereich liegen, in dem das Durchführungselement lediglich elastisch reversibel verformt wird;
- die Funktion des Durchführungselementes muß typischerweise in einem Temperaturbereich von -40 bis +150°C gewährleistet sein;
- das Durchführungselement soll weiterhin die Möglichkeit bieten, die auf die Ventilmadel 3 wirkenden druckbedingten Kräfte geeignet zu kompensieren, um die Ventilmadel insgesamt druckkräftefrei zu machen. Beispielsweise wird aufgrund der druckbelasteten Fläche des Ventiltellers 4 eines nach außen öffnenden Injektors entsprechend Figur 1 bei hohem Kraftstoffdruck eine hohe in Öffnungsrichtung wirkende Druckkraft (Öffnungskraft FU), die vorteilhafterweise durch eine zweite druckbela-

stete Fläche die eine in Gegenrichtung wirkende Druckkraft FO erzeugt, kompensiert wird. Mit einer solchen Möglichkeit bestehen bezüglich des Ventilsitzdurchmessers DS und des Ventilnadeldurchmessers DN keinerlei Einschränkungen;

- das Durchführungselement muß so gestaltet sein, daß die Montierbarkeit des Injektors gewährleistet ist.

[0019] Durch Verwendung eines jeweils entsprechend konstruierten Metallbalges 17 als Durchführungselement lassen sich sämtliche oben aufgeführten Probleme lösen. Anhand der in Figur 1 dargestellten Ausführung eines nach außen öffnenden Kraftstoffhochdruckeinspritzventiles werden zunächst die Funktion des Injektors und anschließend die verschiedenen Funktionen des Metallbalges 17 erläutert.

[0020] Der in Figur 1 gezeigte Hochdruckinjektor weist im Injektorgehäuse 1 einen Ventilsitz 2 auf. Der Ventilsitz 2 wird im Grundzustand durch den mit dem zweiten Ende 23 der Ventilnadel 3 verbundenen Ventilteller 4 geschlossen gehalten. Der geschlossene Zustand der durch den Ventilsitz 2 und den Ventilteller 4 gebildeten Einspritzdüse wird durch die gespannte Druckfeder 5 gewährleistet, die mit der Ventilnadel 3 über einen Sprengling 6 verbunden ist. Die Kraftstoffzuführung erfolgt durch die im Gehäuse 1 angebrachte Leitungsbohrung 7. Im oberen Teil des Injektorgehäuses 1 befindet sich die Antriebseinheit, gebildet aus einem piezoelektrischen Multilayeraktor (PMA) 8 in Niedervolttechnik, kombiniert mit einer Rohrfeder 9, einer Kopfplatte 10 und einer Fußplatte 11. Die Rohrfeder 9 ist so mit der Kopfplatte 10 und der Fußplatte 11 verschweißt, daß der PMA 8 unter einer mechanischen Druckvorspannung steht. Das Gehäuse 1 und die Fußplatte 1 sind ebenfalls möglichst steif über eine Schweißung miteinander verbunden. Zwischen Kopfplatte 10 und erstem Ende 22 der Ventilnadel 3 befindet sich ein Spalt 12, dessen Höhe erheblich kleiner ist als der Hub des PMA 8. Der Spalt 12 dient einerseits zur Einstellung definierter Kräfteverhältnisse im Ventilsitz und andererseits zum Abfangen geringer Unterschiede in den thermischen Längenänderungen. Zur Kompensation der verschiedenen thermischen Längenänderungen, d.h. zur Sicherstellung einer weitgehenden Temperaturabhängigkeit der Höhe des Spaltes 12, bestehen die Injektorkomponenten aus Materialien mit geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bzw. aus verschiedenen Materialien, die hinsichtlich ihrer thermischen Längenausdehnungskoeffizienten so aufeinander abgestimmt sind, daß die Konstanz der Spalthöhe näherungsweise gewährleistet ist.

[0021] Zur Durchführung der Ventilnadel 3 aus der Kraftstoffkammer 13 in den drucklosen Aktorraum 14 dient die Lochplatte 15, die mit einer Innenbohrung 16 des Gehäuses 1 verschweißt ist. Ebenso kann die Lochplatte 15 auch aus dem Gehäuse 1 herausgearbeitet sein. Zwischen dem ersten Ende 22 der Ventilnadel

3 und der Lochplatte 15 ist der zylindrische Metallbalg 17 angeschweißt, der zur hermetischen Abdichtung der Kraftstoffkammer 13 gegenüber dem Aktorraum 14 bei gleichzeitig großer axialer Nachgiebigkeit dient. In der in Figur 1 gezeigten Konfiguration wird der Metallbalg 17 durch den Kraftstoffdruck innen beaufschlagt. Es ist jedoch ebenso möglich, den Metallbalg 17 nach unten gerichtet zwischen Ventilnadel 3 (jetzt nicht mehr am Nadelende) und der Lochplatte 15 anzuordnen, wobei dieser vom Kraftstoffdruck außen beaufschlagt werden würde, wie es in Figur 2 dargestellt ist.

[0022] Zur Einleitung des Einspritzvorganges wird der Aktor 8, in diesem Fall ein Piezoaktor, über die elektrischen Zuleitungen 18 aufgeladen, worauf der PMA 8 expandiert und den Ventilteller 4 der Ventilnadel 3 vom Ventildichtsitz 2 abhebt und Fluid bzw. Kraftstoff aus dem Einspritzventil austritt.

[0023] Zur Beendigung des Einspritzvorganges wird der PMA 8 elektrisch entladen. Dabei kontrahiert sich der PMA 8 wieder auf seine ursprüngliche Länge und die Ventilnadel 3 wird durch die vorgespannte starke Rückstellfeder 5 so weit zurückbewegt, daß der Ventilteller 4 im Ventilsitz 2 dichtend anliegt und die ringförmige Einspritzöffnung verschlossen ist.

[0024] Der Einsatz eines Metallbalges erfüllt bei geeignet gewählter Geometrie in vollem Umfang sämtliche an ein Durchführungselement bzw. Dichtelement gestellten Anforderungen. Dazu zählen, daß der Metallbalg eine perfekte, dauerhafte und zuverlässige Abdichtung darstellt. Der Metallbalg 17 hält, was Berechnungen und Versuche ergeben haben, trotz geringer Wandstärken von beispielsweise 50 bis 500 µm aufgrund seiner hohen radialen Steifigkeit sehr hohen Drücken stand, ohne irreversibel verformt zu werden. Die Angabe eines Wandstärkenbereiches ist so auszulegen, daß ein Metallbalg 17 keine variierende, sondern für den einzelnen Fall eine gleichbleibende Wandstärke aufweist. Der Metallbalg kann bei einer hinreichenden Anzahl von Wellen gleichzeitig die geforderte hohe axiale Nachgiebigkeit, d.h. eine eventuell geforderte niedrige axiale Federkonstante aufweisen.

[0025] Um die druckwirksamen Flächen an der Ventilnadel 3 insgesamt gezielt zu beeinflussen, so daß im Idealfall ein Zustand vollständiger Kräftekompensation bzw. ein Zustand mit geringer Fließkraft vorliegt, kann der Durchmesser des Metallbalges 17 entsprechend abgestimmt werden. Damit werden sich von dem unter Druck stehenden Fluid auf die Ventilnadel 3 mit Ventilteller 4 wirkende Druckkräfte und die von der Endfläche des Metallbalges in die Ventilnadel 3 eingeleiteten druckbedingten Kräfte so gegenseitig kompensieren, daß keine resultierende Druckkraftkomponente auf die Ventilnadel 3 wirkt. Hierdurch zeigt ein solcher Injektor ein vom Kraftstoffdruck nahezu völlig unabhängiges Schaltverhalten, da für die Öffnungs- und Schließkräfte alleinig der piezoelektrische Aktor 8 und die Kraft der vorgespannten Rückstellfeder 5 maßgebend sind. Dieses gilt zwar nicht im gleichen Umfang

für dynamische Druckkräfte (Druckwellen), die beim Öffnen und Schließen eines Hochdruckinjektors unvermeidbar sind, doch ist eine druckausgeglichene Ventildadel 3 gegenüber solchen Effekten naturgemäß wesentlich weniger empfindlich. Der Metallbalg 17 verfügt aufgrund des metallischen Werkstoffes über einen weiten Arbeitstemperaturbereich mit gleichbleibenden Funktionen. Thermische Längenänderungen des Balges selbst führen aufgrund der niedrigen axialen Federkonstante des Metallbalges nur zu vernachlässigbar geringen Kraftänderungen an der Ventildadel 3 in axialer Richtung gesehen. Der Metallbalg kann aufgrund seiner mechanischen Federwirkung in axialer Richtung die Rückstellfeder, die Druckfeder 5, teilweise oder vollständig ersetzen.

[0026] Zum Verständnis der Erfindung ist die Klarstellung des Verhaltens eines druckbeaufschlagten Metallbalges, insbesondere der durch den Druck bewirkten Verformungen und der dadurch ausgelösten Kräfte notwendig. Der Metallbalg 17 ist beidseitig mit Elementen befestigt, auf die im Metallbalg durch äußere Drucke entstehende Kräfte in axialer Richtung übertragen werden. In Verbindung mit der gezielten Einstellung dieser Kräfte durch den Durchmesser des Balges bei möglichst kleiner axialer Federkonstanten durch die Gestaltung der Metallbalgwandung kann eine Ventildadel derart ausgelegt werden, daß ein vorgebbares Kräftegleichgewicht vorliegt. Diese Erkenntnis konnte durch Simulationsrechnungen und durch Versuche bewiesen werden.

[0027] Insbesondere hat sich gezeigt, daß bei fluidischer Druckbeaufschlagung die Änderung der Gesamtlänge der Wandung eines Metallbalges mit mehreren Wellen, wobei lediglich die Wand des Metallbalges als druckbeaufschlagt betrachtet wird, äußerst gering ist. Bei Innendruckbeaufschlagung verkürzt sich die Wand des Metallbalges 17 geringfügig, bei Außendruckbeaufschlagung verlängert sie sich geringfügig. Beispielsweise wird bei einem Druck von 200 bar und einer Metallbalgeometrie mit zwölf Wellen, einem Innendurchmesser von 3,5 mm, einem Außendurchmesser von 5,3 mm, einer Wanddicke von 100 µm und einer Wandlänge von 12,1 mm eine typische Längenänderung von 10 bis 20 µm auftreten. Aufgrund der geringen axialen Federkonstante von beispielsweise 0,2 /µm der Metallbalgwandung führt dies nur zu kleinen Kraftänderungen an den Enden eines beidseitig befestigten Metallbalges 17. Die axialen Deformationen der Balgwellen sind durchaus nicht gering, heben sich aber genau wie die auf die einzelnen Balgwellen wirkenden Kräfte in ihrer Summe über die Gesamtlänge des Balges nahezu auf. Durch diese Erkenntnis über die Zusammenhänge der hervorgerufenen Kräfte an einem Metallbalg durch Druckbeaufschlagung kann ein solcher Metallbalg 17 in beiden Orientierungen eingebaut werden, d.h. Innen- oder Außendruckbeaufschlagung. Trotz der Deformationen der Balgwellen lassen sich die mechanischen Spannungen in der Wandung des

Metallbalges 17 durch Steuerung der Wanddicke, beispielsweise 25 bis 500 µm, leicht in einem materialverträglichen Bereich halten, ohne daß die axiale Nachgiebigkeit wesentlich verringert wird.

5 **[0028]** Als besonders günstige Form für die Balgwellen hat sich eine aus im Längsschnitt betrachtet aneinandergefügten Halbkreissegmenten bestehende Geometrie erwiesen. Gegenüber einem sinusförmigen Wellenverlauf weist die aus Halbkreissegmenten bestehende Wandung geringere mechanische Spannungen in axialer Richtung bei höherer axialer Nachgiebigkeit auf.

10 **[0029]** Da von der Balgwandung auch bei hohen Drücken oder Druckänderungen nahezu keine resultierenden Kräfte auf die Balgenden übertragen werden, können solche für die Druckausgeglichenheit der Ventildadel 3 erforderlichen Kompensationskräfte gezielt durch den Balgdurchmesser eingestellt werden. Dies wird im einzelnen durch die Darstellungen der Figuren 2 und 3 verdeutlicht. In den Figuren 2 und 3 wird jeweils ein nach außen öffnendes Einspritzventil dargestellt. Figur 2 zeigt einen außendruckbeaufschlagten Metallbalg innerhalb des Systems und Figur 3 einen innendruckbeaufschlagten Metallbalg 17.

15 **[0030]** Der Hochdruckinjektor entsprechend den Figuren 2 und 3 hat beispielsweise folgende Abmessungen:

20 Der Durchmesser DN der Ventildadel 3 beträgt 3 mm und der Durchmesser DS des Ventilsitzes 2 beträgt 4 mm. Auf die Ventildadel 3 wirkt damit bei einem Kraftstoffdruck von 250 bar aufgrund der resultierenden ringförmigen Differenzfläche AD von 5,5 mm² eine nach unten in Öffnungsrichtung gerichtete Öffnungskraft FU mit 137,5 N. Da die Wandung des außendruckbeaufschlagten Metallbalges 17 nahezu keine Kräfte auf die Ventildadel 3 überträgt, kann durch den Durchmesser des Metallbalges 17, d.h. durch den Durchmesser DP der Stirnplatte 19, welche die Verbindung zwischen Metallbalgwandung und Ventildadel 3 darstellt, die Größe der nach oben wirkenden Kompensationsdrückkräfte und damit die nach oben gerichtete Kompensationsdruckkraft FO gezielt eingestellt werden. Um in dem gewählten Beispiel die Bedingung FO = FU (Öffnungskraft = Kompensationskraft) zu erfüllen, ergibt sich für den Durchmesser der Stirnplatte 19 ein Wert von DP = 4 mm. Die Ventilsitzkraft ist unter diesen Voraussetzungen vollkommen druckunabhängig und wird ausschließlich durch die Höhe der eingestellten Vorspannkraft FR der Rückstellfeder bestimmt. Um eine Berührung der Balgwellen mit der Ventildadel zu vermeiden, kann ggf. der Durchmesser der Ventildadel im Bereich des Metallbalges verringert werden. Eine Anpassung der druckwirksamen Flächen ist nicht nur auf zylindrische Metallbälge beschränkt, sondern kann bei entsprechender Konstruktion auch bei nichtzylindrischen Ausbildungen geschehen.

25 **[0031]** Montagetechnisch kann der Metallbalg 17 nach Einführung der Ventildadel 3 in das Gehäuse des

Injektors nachträglich mittels Laserschweißung 20 an der Lochplatte 15 des Ventilgehäuses 1 und an der Ventalnadel 3 befestigt werden.

[0032] Figur 3 zeigt die zu Figur 2 komplementäre Anordnung mit nach oben orientiertem innendruckbeaufschlagtem Metallbalg 17. Die günstigere Ausführungsform ergibt sich aus der jeweiligen Lage der Schweißnähte, die aus Zuverlässigkeitsgründen vorzugsweise mit mechanischen Druckspannungen beaufschlagt werden sollten. Ein gewisser Vorteil ist bei der Ausführung nach Figur 2 die geringere Länge des durch die nach oben (Kompensationskraft FO) und nach unten (Öffnungskraft FU) wirkenden Druckkräfte belasteten Bereiches der Ventalnadel, die gegenüber Figur 3 dadurch etwas weniger gedehnt wird.

[0033] Durch die mechanische Federwirkung des Metallbalges 17 in axialer Richtung kann der Metallbalg 17 bei den in Figur 1, 2 und 3 gezeigten Ausführungsbeispielen die Rückstellfeder 5 teilweise oder auch vollständig ersetzen. Damit ergibt sich eine erhebliche Konstruktionsvereinfachung und Kostenersparnis. Wird auf eine zusätzliche Rückstellfeder (Druckfeder 5) nicht verzichtet, so kann diese zur Verringerung der Bauhöhe auch innerhalb oder außerhalb des Metallbalges 17 untergebracht sein.

[0034] Neben den vorgeschlagenen zylindrischen Metallbälgen 17 kommen auch andere Bauformen, z.B. konische Bälge oder Bälge mit von der Kreisform abweichender Querschnittsgeometrie in Frage.

[0035] In Figur 4 wird ein Injektor mit nach innen öffnender Einspritzdüse dargestellt. Im einzelnen ist wiederum die unter Fluiddruck stehende Kammer 13 dargestellt, die gegen den Aktorraum 14 hermetisch abgedichtet sein soll. Der Metallbalg 17 ist innendruckbeaufschlagt. Der Aktor wird in diesem Fall durch einen Elektromagneten 21 dargestellt. Die Lagerung des Elektromagneten 21 geschieht entsprechend der Figur 1 ebenfalls durch eine Fußplatte 11, wobei die elektrischen Zuleitungen 18 nach außen geführt werden. Verschweißungen 20 geschehen ebenfalls vorzugsweise durch Laserbearbeitung. Die Ventalnadel 3 ist in Figur 4 mit ihrem zweiten Ende 23 wiederum Bestandteil des in Verbindung mit dem Gehäuse dargestellten Ventiles und mit ihrem ersten Ende 22 wiederum derart ausgebildet, daß die Spule 21 eine Hubbewegung auf die Ventalnadel 3 übertragen kann. In diesem Fall wird gegen die Druckkraft der Druckfeder 5 der Elektromagnet 21 die Ventalnadel 3 zum Öffnen des Ventiles nach oben ziehen und nach der Deaktivierung des Elektromagneten 21 die Ventalnadel 3 wieder in ihre Schließposition unterstützt durch die Druckfeder 5 zurückfallen lassen. Durch einen Einspritzvorgang aus der Kammer 13 entweichendes Fluid wird über die Leitungsbohrung 7 erneut unter Druck zugeführt.

Patentansprüche

1. Fluiddosiervorrichtung für ein unter Druck stehen-

des Fluid bestehend aus:

- einer in einem Gehäuse (1) befindlichen Kammer (13), die das druckbeaufschlagte Fluid enthält,
- einer durch die Kammer (13) hindurchgeführten Ventalnadel (3), deren erstes Ende (22) außerhalb der Kammer (13) mit einem Hub beaufschlagbar ist und deren zweites Ende (23) mit einem am Gehäuse (1) positionierten Ventilsitz (2) ein mit der Kammer (13) in Verbindung stehendes Ventil bildet und
- einem Metallbalg (17) als Durchführungselement für das erste Ende (22) der Ventalnadel (3) von der Kammer (13) nach außen, wobei der Außendruck kleiner ist, als der Kammerinnendruck und die Kammer (13) hermetisch dicht abgeschlossen ist.

2. Fluiddosiervorrichtung nach Anspruch 1, wobei durch Verbindung des Metallbalges (17) mit der Ventalnadel (3) einerseits und andererseits mit dem Gehäuse (1) die Ventalnadel (3) in ihrer radialen Winkelstellung fixiert ist.

3. Fluiddosiervorrichtung nach Anspruch 1, wobei zusätzlich eine Druckfeder (5) zwischen Gehäuse (1) und Ventalnadel (3) zur Aufbringung einer vorgebbaren Schließkraft vorgesehen ist.

4. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Metallbalg (17) zylindrisch ausgebildet ist.

5. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ventalnadel (3) oder eine Außenhülse eine Führung für den Metallbalg (17) darstellen.

6. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Metallbalg (17) innen- oder außendruckbeaufschlagt ist.

7. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Metallbalg eine Wandstärke von 25 bis 500 µm aufweist.

8. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Metallbalg (17) im Längsschnitt aus aneinandergesetzten Halbkreissegmenten dargestellt ist.

9. Fluiddosiervorrichtung nach Anspruch 8, wobei zwischen den Halbkreissegmenten jeweils gerade Teilstücke vorhanden sind.

10. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Metallbalg (17)

durch Schweißnähte (20) direkt oder mittelbar mit dem Gehäuse (1) einerseits und andererseits mit dem ersten Ende (22) der Ventalnadel (3) verbunden ist.

- 5
11. Fluiddosiervorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Schweißnähte Laserschweißnähte sind.
12. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem ersten Ende (22) der Ventalnadel (3) und dem Metallbalg (17) eine Stirnplatte (19) vorgesehen ist. 10
13. Fluiddosiervorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei der Durchmesser des Metallbalges (17) in Verbindung mit dem Durchmesser der Stirnplatte (19) derart ausgelegt ist, dass druckwirksame Kräfte an der Ventalnadel (3) insgesamt kompensiert sind oder am Ventil eine mit dem Druck proportional steigende Schließkraft anliegt. 15
20
14. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kraftstoffdruck (PFUEL) 1 bis 500 bar beträgt. 25
15. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Einsatz mit nach innen oder nach außen öffnenden Injektoren.
16. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Ende (22) der Ventalnadel (3) durch einen mit dem Gehäuse (1) fest verbundenen Aktor (8) hubbeaufschlagbar ist. 30
17. Fluiddosiervorrichtung nach Anspruch 16, wobei der Aktor (8) ein Piezoaktor ist, der vorgespannt in einer Rohrfeder (9) durch einen Spalt (12) vorgegebener Breite im Ruhezustand von dem ersten Ende (22) der Ventalnadel (3) beabstandet ist. 35
40
18. Fluiddosiervorrichtung nach Anspruch 16, wobei der Aktor (8) ein Elektromagnet ist.
19. Fluiddosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Hub der Ventalnadel durch Anschläge definiert begrenzt ist. 45

50

55

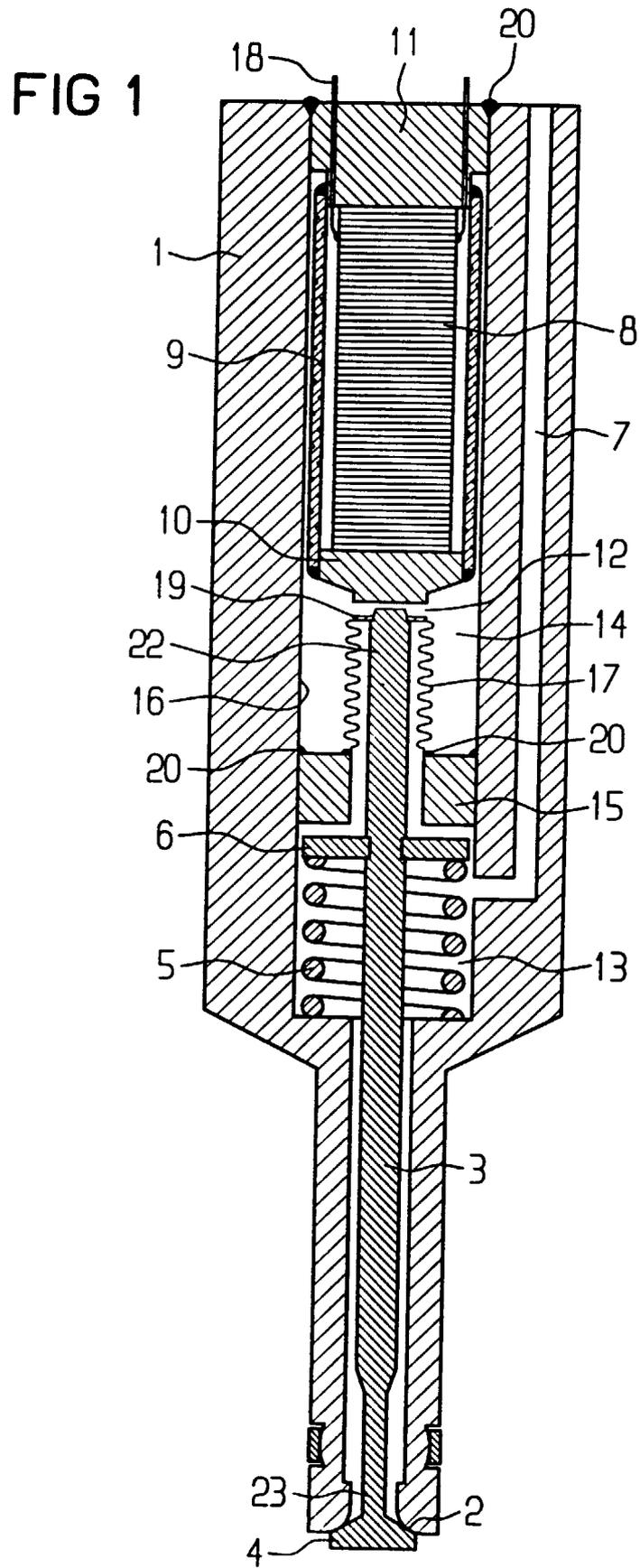


FIG 3

