



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.06.2011 Patentblatt 2011/25

(51) Int Cl.:
F02M 47/02 (2006.01) F02M 61/10 (2006.01)
F02M 61/12 (2006.01) F02M 61/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10189366.7**

(22) Anmeldetag: **29.10.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

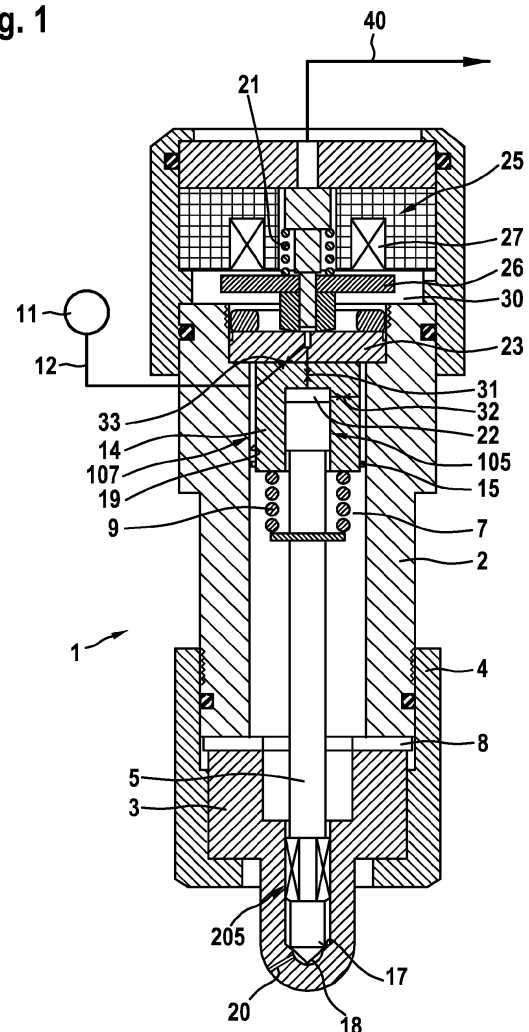
(72) Erfinder:
• **Burger, Matthias**
71711, Murr (DE)
• **Magel, Hans-Christoph**
72764, Reutlingen (DE)

(30) Priorität: **29.10.2010 DE 102010043110**
21.12.2009 DE 102009055036

(54) **Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen**

(57) Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem ein Druckraum (7) ausgebildet ist, in dem eine Ventilnadel (5) längsverschiebbar angeordnet ist, die mit einem Ventilsitz (17) zusammenwirkt. Durch das Zusammenwirken der Ventilnadel (5) mit dem Ventilsitz (17) wird ein Kraftstoffstrom zu wenigstens einer Einspritzöffnung (20) freigegeben oder unterbrochen, wobei im Druckraum (7) eine Spaltdrossel (19) der Breite (B) gebildet ist, durch die der Kraftstoffstrom zu den Einspritzöffnungen (20) fließt. Die Wand des Druckraums (7) verformt sich elastisch durch den im Druckraum (7) herrschenden Druck derart, dass die Breite (B) der Spaltdrossel (19) um 2 bis 8 μm pro 1000 bar Druck zunimmt.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen, wie es vorzugsweise für die Einspritzung von Kraftstoff direkt in einen Brennraum einer schnelllaufenden, selbstzündenden Brennkraftmaschine verwendet wird.

Stand der Technik

[0002] Kraftstoffeinspritzventile, die zur Einspritzung von Kraftstoff unter hohem Druck direkt in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine dienen, werden mit immer höherem Druck betrieben. Teilweise werden schon heute Einspritzdrücke von über 2000 bar erreicht. Der Kraftstoffdruck wird hierbei durch eine Hochdruckpumpe erzeugt, die den verdichteten Kraftstoff in einen Hochdruckspeicher fördert, das sogenannte Rail. Aus diesem Rail werden meist mehrere Injektoren gespeist, die eine bewegliche Ventalnadel aufweisen, mittels der Einspritzöffnungen gesteuert durch ein elektrisches Steuerventil geöffnet und zugesteuert werden, so dass Kraftstoff zum gewünschten Zeitpunkt und in der gewünschten Dosierung in den Brennraum ausgespritzt wird. Durch den hohen Kraftstoffdruck, der die Ventalnadel umgibt, wirken auf die Ventalnadel große hydraulische Kräfte, die zunehmend schwerer zu beherrschen sind.

[0003] Für eine exakte Einspritzung und gute Zerstäubung des Kraftstoffs ist es insbesondere wichtig, dass die Ventalnadel schnell schließt. Aus der DE 10 2007 032 741 A1 ein Kraftstoffeinspritzventil bekannt, das einen Drosselbund aufweist, der eine Spaltdrossel bildet. Bei geöffnetem Einspritzventil, also dann, wenn die Ventalnadel vom Ventilsitz abgehoben hat, ergibt sich dadurch ein Druckverlust, so dass der Druck stromabwärts der Spaltdrossel niedriger ist als stromaufwärts. Dadurch vermindert sich die hydraulische Kraft auf die Ventildichtfläche der Ventalnadel während der Einspritzung, so dass durch den Kraftstoffdruck im Steuerraum eine ausreichende schließende Kraft auf die Ventalnadel aufgebaut wird, die zu einem raschen Schließen führt.

[0004] Bei der bekannten Spaltdrossel ist die Drosselung jedoch auch abhängig von der Durchflussgeschwindigkeit des Kraftstoffs: Bei hoher Leistung der Brennkraftmaschine wird der Einspritzdruck maximal angehoben und dementsprechend sehr viel Kraftstoff pro Einspritzung in den Brennraum eingebracht. Die Drosselung bei verminderter Leistung, z.B. im Leerlauf der Brennkraftmaschine, ist hingegen vermindert aufgrund des niedrigeren Einspritzdrucks und der geringeren Kraftstoffmenge, die pro Einspritzung durch die Spaltdrossel strömt. Somit ist die Druckminderung je nach Einspritzdruck unterschiedlich, was sich auch auf die Schließdynamik der Ventalnadel auswirkt und eine genaue Steuerung der Einspritzmenge erschwert.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, ein Kraftstoffeinspritzventil zur Verfügung zu stellen, das im Druckraum eine Spaltdrossel aufweist, deren Drosselwirkung unabhängig vom Einspritzdruck eine exakte Steuerung der Einspritzmenge ermöglicht.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil löst die gestellte Aufgabe, indem die Wand des Druckraums durch den im Druckraum herrschenden Druck so elastisch verformt, dass die Breite der Spaltdrossel um 2 bis 8 μm pro 1000 bar Druck zunimmt. Durch die Vergrößerung der Spaltdrossel nimmt die Drosselwirkung mit steigendem Einspritzdruck sukzessiv ab, so dass bei hohem Einspritzdruck aufgrund des erhöhten Kraftstoffdurchflusses zumindest näherungsweise dieselbe Druckdifferenz vor und nach der Spaltdrossel erreicht wird wie bei niedrigem Einspritzdruck. Da das Schließverhalten des Einspritzventils auf diese Weise stets gleich bleibt, lässt sich die Einspritzmenge sehr exakt steuern.

[0007] In einem ersten Ausführungsbeispiel ist der Bund an der Ventalnadel 3 ausgebildet, da die Ventalnadel als eigenes Bauteil gefertigt wird, erlaubt dies eine einfache Fertigung des Drosselbundes und damit eine sehr exakte Fertigung der Spaltdrossel, insbesondere dann, wenn sich an den Bund 15 in unmittelbarer Nähe ein Führungsbereich der Ventalnadel anschließt.

[0008] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Bund 15 an einer Hülse ausgebildet, in der die Ventalnadel mit ihren den Einspritzöffnungen abgewandten Ende geführt ist. Die Hülse ist dabei von Kraftstoffen umgeben. Auch hier ergibt sich der Vorteil, dass die Hülse als separates Bauteil gefertigt werden kann, so dass der Bund an der Außenseite der Hülse gefertigt werden kann, was eine hohe Fertigungspräzision erlaubt.

[0009] Für eine optimale Funktion des Einspritzventils ist es darüber hinaus vorteilhaft, wenn die Aufweitung der Spaltdrossel zu einer Flächenvergrößerung des Durchflussquerschnittes der Spaltdrossel von höchstens 50 % führt, wenn im Druckraum der höchste im Betrieb auftretende Druck herrscht. Eine noch stärkere Aufweitung führt im Allgemeinen dazu, dass die Unabhängigkeit von der Reynoldszahl in der Spaltdrossel nicht mehr gegeben ist und sich so die Vorteile der Spaltdrossel nicht mehr zeigen.

[0010] Für eine optimale Drosselung, die unabhängig von der Reynoldszahl ist, ist ein Verhältnis der Länge der Spaltdrossel zum hydraulischen Durchmesser von > 2 und < 20 optimal, da so eine weitgehende Temperaturunabhän-

gigkeit erreicht wird und die Spaltdrossel noch in einer Größenordnung ist, die sich fertigungstechnisch mit vertretbarem Aufwand darstellen lässt.

[0011] Die Spaltdrossel kann als einfacher Ringspalt ausgeführt sein. Es ist aber auch möglich, die Spaltdrossel in Form eines Polygons oder durch Nuten in einem Bund darzustellen, was je nach Anwendungsfall einfacher zu fertigen und mit geringeren Toleranzen behaftet sein kann.

[0012] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind der Beschreibung und der Zeichnung entnehmbar.

Zeichnung

[0013] In der Zeichnung ist ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil dargestellt. Es zeigt

Figur 1 einen Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil,
 Figur 2 einen vergrößerten Ausschnitt von Figur 1 im Bereich des Ventilkörpers, wobei die Spaltdrossel hier innerhalb des Ventilkörpers ausgebildet ist und
 Figur 3a, 3b und 3c verschiedene Ausführungen der Spaltdrossel in einer Schnittansicht.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0014] **Figur 1** zeigt einen Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil. Das Kraftstoffeinspritzventil weist einen Injektorkörper 1 auf, der einen Haltekörper 2 und einen Ventilkörper 3 umfasst, die gegeneinander mittels einer Spannmutter 4 verspannt sind, wobei zwischen Haltekörper 2 und Ventilkörper 3 eine Zwischenscheibe 8 angeordnet ist. Im Inneren des Haltekörpers 2 und des Ventilkörpers 3 ist ein Druckraum 7 als Bohrung ausgebildet, der an seinem brennraumseitigen Ende von einem Ventilsitz 17 und einem Sackloch 18 begrenzt wird. Vom Sackloch 18 gehen eine oder mehrere Einspritzöffnungen 20 aus, über die beim Betrieb Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Der Druckraum 7 ist über eine Hochdruckleitung 12 mit einem Hochdruckspeicher 11 verbunden, in dem stets Kraftstoff unter dem gewünschten Einspritzdruck vorgehalten wird.

[0015] Im Druckraum 7 ist eine Ventilnadel 5 längsverschiebbar angeordnet, die mit einem Führungsbereich 205 im Ventilkörper 3 und mit einem Führungsabschnitt 105 in einer Hülse 14 geführt ist, wobei die Hülse 14 an dem dem Ventilkörper 3 abgewandten Ende des Haltekörpers 2 angeordnet ist. Zwischen der Hülse 14 und der Ventilnadel 5 ist eine Schließfeder 9 unter Druckvorspannung angeordnet, die die Ventilnadel 5 in Richtung des Ventilsitzes 17 beaufschlagt. Die Hülse 14 stützt sich an dem Ventilsitz 17 abgewandt an einer Drosselscheibe 23 ab, wobei sowohl die Drosselscheibe 23 als auch die Hülse 14 ortsfest im Injektorkörper 1 fixiert sind. An ihrem ventilsitzzugewandten Ende weist die Ventilnadel 5 eine Ventildichtfläche 6 auf, mit der sie auf dem Ventilsitz 17 aufsitzt und so die Einspritzöffnungen 20 vom Druckraum 7 trennt oder einen Kraftstofffluss aus dem Druckraum 7 zu den Einspritzöffnungen 20 ermöglicht. Die Ventilnadel 5 wird dabei im Führungsbereich 205 innerhalb des Druckraums 7 geführt.

[0016] Durch die Hülse 14 und das ventilsitzabgewandte Ende der Ventilnadel 5 wird ein Steuerraum 22 begrenzt. Der Steuerraum 22 ist über eine Zulaufdrossel 32 mit einem Druckraumabschnitt 107 verbunden, der die Hülse 14 umgibt und einen Teil des Druckraums 7 bildet. Der Steuerraum 22 ist darüber hinaus über eine Ablaufdrossel 31, die in der Hülse 14 und der Drosselscheibe 23 ausgebildet ist, mit einem Leckölraum 30 verbunden, der über einen Leckölanschluss 40 mit einem in der Zeichnung nicht dargestellten Leckölraum verbunden ist, so dass im Leckölraum 30 stets ein niedriger Kraftstoffdruck herrscht. Die Ablaufdrossel 31 wird über ein Steuerventil 25 geöffnet oder geschlossen, so dass der Steuerraum 22 mit dem Leckölraum 30 verbunden oder von diesem getrennt ist. Hierzu weist das Steuerventil 25 einen Magnetanker 26 auf, der beweglich im Leckölraum 30 angeordnet ist und mittels eines Elektromagneten 27 in Längsrichtung bewegt werden kann, so dass er bei Anlage auf der Drosselscheibe 23 die Ablaufdrossel 31 verschließt. Wenn der Magnetanker 26 vom Elektromagneten 27 angezogen wird, wird die Ablaufdrossel 31 hingegen freigegeben, so dass der Steuerraum 22 mit dem Leckölraum 30 verbunden ist. Zur schnelleren Wiederbefüllung des Steuerraums 22 ist darüber hinaus in der Hülse 14 und der Drosselscheibe 23 eine Füll-drossel 33 vorhanden, die den Druckraumabschnitt 107 mit der Ablaufdrossel 31 verbindet.

[0017] Die Funktion des Kraftstoffeinspritzventils ist wie folgt: Bei geschlossenem Einspritzventil ist der Elektromagnet 27 nicht bestromt, so dass der Magnetanker 26 auf der Drosselscheibe 23 aufliegt, wobei er durch eine Magnetfeder 21 gegen die Drosselscheibe 23 gedrückt wird. Im Druckraum 7 herrscht Kraftstoffhochdruck, der über die Hochdruckleitung 12 aus dem Hochdruckspeicher 11 eingespeist wird. Durch den Druck im Steuerraum 22, der auf dem gleichen Niveau wie der Druckraum 7 liegt, wird eine schließende Kraft auf die Ventilnadel 5 ausgeübt, die diese gegen den Ventilsitz 17 drückt und dadurch die Einspritzöffnungen 20 gegen den Druckraum 7 verschließt. Soll eine Einspritzung erfolgen, so wird der Elektromagnet 27 bestromt, so dass der Magnetanker 26 von der Drosselscheibe 23 weggezogen wird und die Ablaufdrossel 31 öffnet. Der Druck im Steuerraum 22 sinkt daraufhin ab, so dass die Schließkraft auf die ventilsitzabgewandte Stirnseite der Ventilnadel 5 abnimmt und diese durch den im Druckraum 7 herrschenden Kraft-

stoffdruck aus dem Ventilsitz 17 gedrückt wird, was die Einspritzöffnungen 20 schließlich freigibt. Zum Beenden der Einspritzung wird der Elektromagnet 27 stromlos geschaltet, wodurch der Magnetanker 26 - angetrieben durch die Magnetfeder 21 - die Ablaufdrossel 31 wieder verschließt. Der sich erneut aufbauende Druck im Steuerraum 22 drückt die Ventilnadel 5 zurück in ihre Schließstellung.

[0018] Die Ventilnadel 5 ist in Längsrichtung weitgehend druckausgeglichen, so dass auf die Ventilnadel 5 in geöffnetem Zustand in Längsrichtung nahezu keine Kräfte wirken, wenn sich der Druck im Steuerraum 22 durch das Schließen des Steuerventils 25 erneut aufbaut. Die Ventilnadel 5 wird also im Wesentlichen nur durch die Kraft der Schließfeder 9 zurück in Anlage an den Ventilsitz 17 gedrückt.

[0019] Um die Schließbewegung der Ventilnadel 5 zu beschleunigen, ist an der Hülse 14 ein Bund 15 vorgesehen, der zusammen mit der Wand des Druckraums 17 eine Spaltdrossel 19 bildet. An der Spaltdrossel 19 kommt es dadurch zu einem Druckabfall, so dass im Druckraumabschnitt 107 ein etwas höherer Druck herrscht als im restlichen Druckraum 7, wenn die Ventilnadel 5 geöffnet hat ist und es damit einen Kraftstofffluss vom Druckraumabschnitt 107 in den Druckraum 7 gibt. Die Druckdifferenz bewirkt letztendlich, dass die Schließkraft, die durch den Druck im Steuerraum 22 erzeugt wird, indem das Steuerventil 25 die Ablaufdrossel 31 wieder verschließt, höher ist, als die öffnende Kraft, die auf die Ventildichtfläche 6 der Ventilnadel 5 innerhalb des Druckraums 7 wirkt. Der Schließvorgang der Ventilnadel 5 verkürzt sich dadurch deutlich, so dass der Sitzdrosselbereich schnell durchlaufen wird.

[0020] Statt der Ausbildung des Bundes 15 an der Hülse 14 ist es prinzipiell auch möglich, einen Bund an der Wand des Druckraums 7 auszubilden, so dass zwischen diesem Bund und der Hülse 14 die entsprechende Spaltdrossel 19 gebildet wird. In der Regel ist jedoch die Ausbildung an der Hülse 14 fertigungstechnisch vorteilhaft.

[0021] Die Drosselwirkung der Spaltdrossel 19 ist jedoch nicht immer gleich und damit auch der Druckabfall: Bei nur geringem Druck im Hochdruckspeicher 11, was vor allem dann der Fall ist, wenn die Brennkraftmaschine im Leerlauf läuft, ist der Einspritzdruck niedrig und beträgt beispielsweise 300 bar. Damit ist der Volumenstrom des Kraftstoffs innerhalb des Druckraum 7 gering, wodurch auch der Druckabfall an der Spaltdrossel 19 vermindert ist und somit die oben beschriebene Wirkung durch die Druckdifferenz innerhalb des Druckraums 7. Wird hingegen mit hohem Druck eingespritzt, der bei voller Leistung 2000 bar oder mehr beträgt, so ist der Kraftstoffstrom entsprechend höher und damit auch der Druckabfall an der Spaltdrossel 19. Diese unterschiedliche Drosselung und damit unterschiedliche Druckdifferenz an der Spaltdrossel 19 führt zu einem unterschiedlichen Schließverhalten der Ventilnadel 5 bei hohem und niedrigem Einspritzdruck, was es unmöglich macht, die Drossel so auszulegen, dass bei allen Drücken genau die erforderliche Drosselwirkung eintritt.

[0022] Dieser Effekt wird nun dadurch kompensiert, dass die Spaltdrossel 19 je nach Druck eine unterschiedliche Breite B aufweist (zur Definition der Breite B siehe Beschreibung zu Figur 2 weiter unten). Durch den Innendruck im Druckraum 7 wird der Injektorkörper 1 leicht aufgeweitet, während gleichzeitig die Ventilnadel 5 etwas komprimiert wird. Dadurch vergrößert sich die Breite B der Spaltdrossel 19, wobei der Injektorkörper 1 und die Ventilnadel 5 solch elastische Eigenschaften haben, dass sich eine Vergrößerung der Breite B der Spaltdrossel 19 um 2 bis 8 μm pro 1000 bar Druck im Druckraum 7 ergibt. Durch die Erhöhung der Breite B abhängig vom Druck wird die Drosselwirkung der Spaltdrossel 19 bei hohem Druck geringer, was den erhöhten Durchfluss zumindest näherungsweise kompensiert und die Drosselwirkung der Spaltdrossel 19 stets konstant hält. Es lässt sich so über einen großen Druckbereich innerhalb des Druckraums 7 eine zumindest näherungsweise konstante Druckdifferenz zwischen dem Druckraumabschnitt 107 und dem übrigen Druckraum 7 erreichen.

[0023] In **Figur 2** ist das brennraumseitige Ende des Ventilkörpers 3 dargestellt samt zugehöriger Ventilnadel 5. Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Bund 15 nicht an der Hülse 14 ausgebildet, sondern an der Ventilnadel 5 im Bereich des Führungsbereichs 205. Die Ventilnadel 5 ist im Führungsbereich 205 im Druckraum 7 geführt, wobei der Kraftstofffluss durch den Druckraum 7 am Führungsbereich 205 vorbei durch mehrere Anschlüsse 16 sichergestellt ist. Zwischen dem Bund 15 und der Wand des Druckraums 7 ist die Spaltdrossel 19 ausgebildet, wobei die Spaltdrossel 19 einen Innendurchmesser D_i aufweist, der dem Außendurchmesser des Bundes 15 entspricht, und einen Außendurchmesser D_a , der identisch ist mit dem Innendurchmesser des Druckraums 7 in diesem Bereich. Die Breite B der Spaltdrossel 19 ergibt dann als die Differenz von Außendurchmesser D_a und Innendurchmesser D_i :

$$B = D_a - D_i$$

Figur 3a zeigt einen Querschnitt durch den Bund 15, wobei die Spaltdrossel 19 als einfacher Ringspalt ausgebildet ist. Die Spaltdrossel 19 lässt sich jedoch auch durch andere Bauformen ausbilden.

Figur 3b zeigt dazu in der gleichen Darstellung wie **Figur 3a** ein Ausführungsbeispiel, bei dem am Bund 15 drei Anschlüsse 35 ausgebildet sind, die einen Durchflussquerschnitt bilden, an dem die Drosselung des Kraftstoffstroms stattfindet. Die Anschlüsse sind übertrieben groß dargestellt. Statt drei Anschlüssen 35 kann auch eine andere Anzahl

gewählt werden, etwa nur zwei oder auch vier oder fünf.

Figur 3c zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Spaltdrossel 19 durch mehrere Nuten 36 im Bund 15 ausgebildet ist. Je nach Tiefe und Anzahl der Nuten 36 ergibt sich dann der gewünschte Durchflussquerschnitt und die benötigte Druckabfall an dieser Stelle.

[0024] Für den Fall, dass die Spaltdrossel 19 nicht als einfacher Ringspalt ausgebildet ist, bestimmt sich der Innendurchmesser D_i der Spaltdrossel 19 als das Zweifache des kleinsten Radius des Bundes 15, wie in Fig. 3b und 3c gezeigt. Der Außendurchmesser D_a entspricht dem Innendurchmesser des Druckraums 7 in diesem Bereich.

[0025] Die charakteristische Breite B der Spaltdrossel 19 ergibt sich nach wie vor nach aus der Beziehung $B = D_a - D_i$.

[0026] Die Wirkung der Spaltdrossel 19 ist identisch mit der Spaltdrossel 19, die an der Hülse 14 ausgebildet ist, nämlich die Erzeugung einer Druckdifferenz während der Einspritzung zwischen dem Druck im Druckraum 7 und dem unteren Druckraumabschnitt 207, der sich stromabwärts an den Bund 15 anschließt. Auch hier ist die Elastizität des Ventilkörpers 3 so beschaffen, dass durch den Innendruck im Druckraum 7 eine Aufweitung des Ventilkörpers 3 so geschieht, dass die Breite B der Spaltdrossel 19 um 2 bis 8 μm pro 1000 bar Druck ansteigt. Als besonders vorteilhaft hat sich hierbei eine Erhöhung von 3 bis 5 μm pro 1000 bar Druck im Druckraum 7 erwiesen.

[0027] Die Wirkung einer Spaltdrossel 19 wird durch zwei Größen bestimmt: Zum einen durch den hydraulisch wirksamen Durchmesser D_{Hyd} und zum anderen durch die Länge der Spaltdrossel L . Der hydraulisch wirksame Durchmesser D_{Hyd} berechnet sich aus dem Quotienten des durchströmten Querschnitts und der durchströmten Berandungslänge, so dass allgemein gilt:

$$D_{\text{Hyd}} = 4 \cdot \frac{\text{durchströmter Querschnitt}}{\text{durchströmte Berandungslänge}}$$

[0028] Ist die Spaltdrossel 15 durch einen Ringspalt gebildet, so wird der durchströmte Querschnitt und die Berandungslänge durch die Durchmesser D_a und D_i gegeben (siehe Fig. 2), also durch den Außendurchmesser des Bundes 15 und den Durchmesser des Druckraums 7, wie in Fig. 2 dargestellt. Setzt man die entsprechenden Formeln in die obige Gleichung ein, so ergibt sich

$$D_{\text{Hyd}} = D_a - D_i,$$

was hier der Breite B entspricht. Da der Bund 15 kreisrund ausgeführt ist und der Druckraum 7 einen kreisrunden Querschnitt aufweist, ergibt sich für die Spaltdrossel 19 hier die Form eines Kreistrings.

[0029] Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3b sei S die Bogenlänge eines Anschliffs, K die Kantenlänge des Anschliffs 35 und A die zwischen K und S gebildete, vom Kraftstoff durchströmte Fläche an einem Anschliff 35. Dann ergibt sich der hydraulische Durchmesser D_{Hyd} zu

$$D_{\text{Hyd}} = 4 \cdot A / (S + K)$$

[0030] Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3c, bei dem die Spaltdrossel durch mehrere Nuten 36 im Bund 19 gebildet ist, entspricht der Innendurchmesser D_i dem inneren Durchmesser der Nuten 36. Der Außendurchmesser D_a entspricht dem Durchmesser des Druckraums 7 in diesem Bereich. Die Breite B der Spaltdrossel 19 bleibt weiterhin die Differenz der Durchmesser D_a und D_i und entspricht dem zweifachen der Nuttiefe h . Ist b die Breite einer Nut 36, so gilt hier für den hydraulischen Durchmesser

$$D_{\text{Hyd}} = 2 \cdot (h \cdot b) / (h + b)$$

[0031] Die Länge L der Kante 18 ist definiert durch die Länge der Spaltdrossel 15, bei der der durchströmte Querschnitt

kleiner ist als das 1,2-Fache des minimal durchströmten Querschnitts. Damit die Unabhängigkeit von der Reynoldszahl in dem Maße ist, wie für die Funktion des Einspritzventils notwendig, muss das Verhältnis L zu $D_{Hyd} < 20$ sein. Die Unabhängigkeit von der Reynoldszahl und damit von der Temperatur des Kraftstoffs ist zwar dann nicht vollständig erfüllt, jedoch für die Zwecke des Einspritzventils hinreichend.

[0032] Um die Fertigungstoleranzen einhalten zu können ist es ausreichend, wenn das Verhältnis L zu $D_{Hyd} > 2$ eingehalten wird. Vom physikalischen Standpunkt her ist zwar ein Verhältnis L zu $D_{Hyd} < 2$ und damit scharfkantig vorteilhaft und führt zu einer absoluten Temperaturunabhängigkeit, jedoch ist eine solche Kante praktisch nicht zu fertigen, und bereits minimale Abweichungen von den Maßen führt zu einem stark veränderten Drosselverhalten der Spaltdrossel. Aus diesen Gründen ist es ausreichend, wenn das Verhältnis L zu $D_{Hyd} > 2$ eingehalten wird. Es gilt dann also:

$$2 < L / D_{Hyd} < 20$$

Eine solche Spaltdrossel wird auch als hydraulisch kurz bezeichnet.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem ein Druckraum (7) ausgebildet ist, in dem eine Ventilnadel (5) längsverschiebbar angeordnet ist und die mit einem Ventilsitz (17) zusammenwirkt, wobei durch das Zusammenwirken der Ventilnadel (5) mit dem Ventilsitz (17) ein Kraftstoffstrom zu wenigstens einer Einspritzöffnung (20) freigegeben oder unterbrochen wird, wobei im Druckraum (7) eine Spaltdrossel (19) der Breite (B) gebildet ist, durch die der Kraftstoffstrom zu den Einspritzöffnungen (20) fließt, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Wand des Druckraums (7) durch den im Druckraum (7) herrschenden Druck so elastisch verformt, dass die Breite (B) der Spaltdrossel (19) um 2 bis 8 μm pro 1000 bar Druck zunimmt.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spaltdrossel (19) zwischen einem Bund (15) an der Ventilnadel (5) und der Wand des Druckraums (7) ausgebildet ist.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spaltdrossel zwischen einem Bund (15) an der Wand des Druckraums (7) und der Ventilnadel (5) ausgebildet ist.
4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilnadel (5) an ihrem den Einspritzöffnungen (20) abgewandten Ende in einer ortfesten Hülse (14) geführt ist, wobei die Hülse (14) vom Kraftstoff umgeben ist und ein Bund (15) an der Hülse (14) ausgebildet ist, zwischen dem und der Wand des Druckraums (7) die Spaltdrossel (19) ausgebildet ist.
5. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Breite (B) der Spaltdrossel (19) um 3 bis 5 μm pro 1000 bar Druck im Druckraum (7) vergrößert.
6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis der Länge (L) der Spaltdrossel (19) zum hydraulischen Durchmesser (D_{Hyd}) größer als 2 und kleiner als 20 ist.
7. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufweitung der Spaltdrossel (19) zu einer Flächenvergrößerung des Durchflussquerschnitts der Spaltdrossel (19) von höchstens 50 % führt, wenn im Druckraum (7) der höchste, im Betrieb auftretende Druck herrscht.
8. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spaltdrossel (19) die Form eines Kreistrings aufweist.
9. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1, 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Bund (15) ein oder mehrere Anschlüsse (35) vorgesehen sind, die die Spaltdrossel (19) bilden.
10. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1, 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Bund (15) ein oder mehrere Nuten (36) vorgesehen sind, die die Spaltdrossel (19) bilden.

Fig. 1

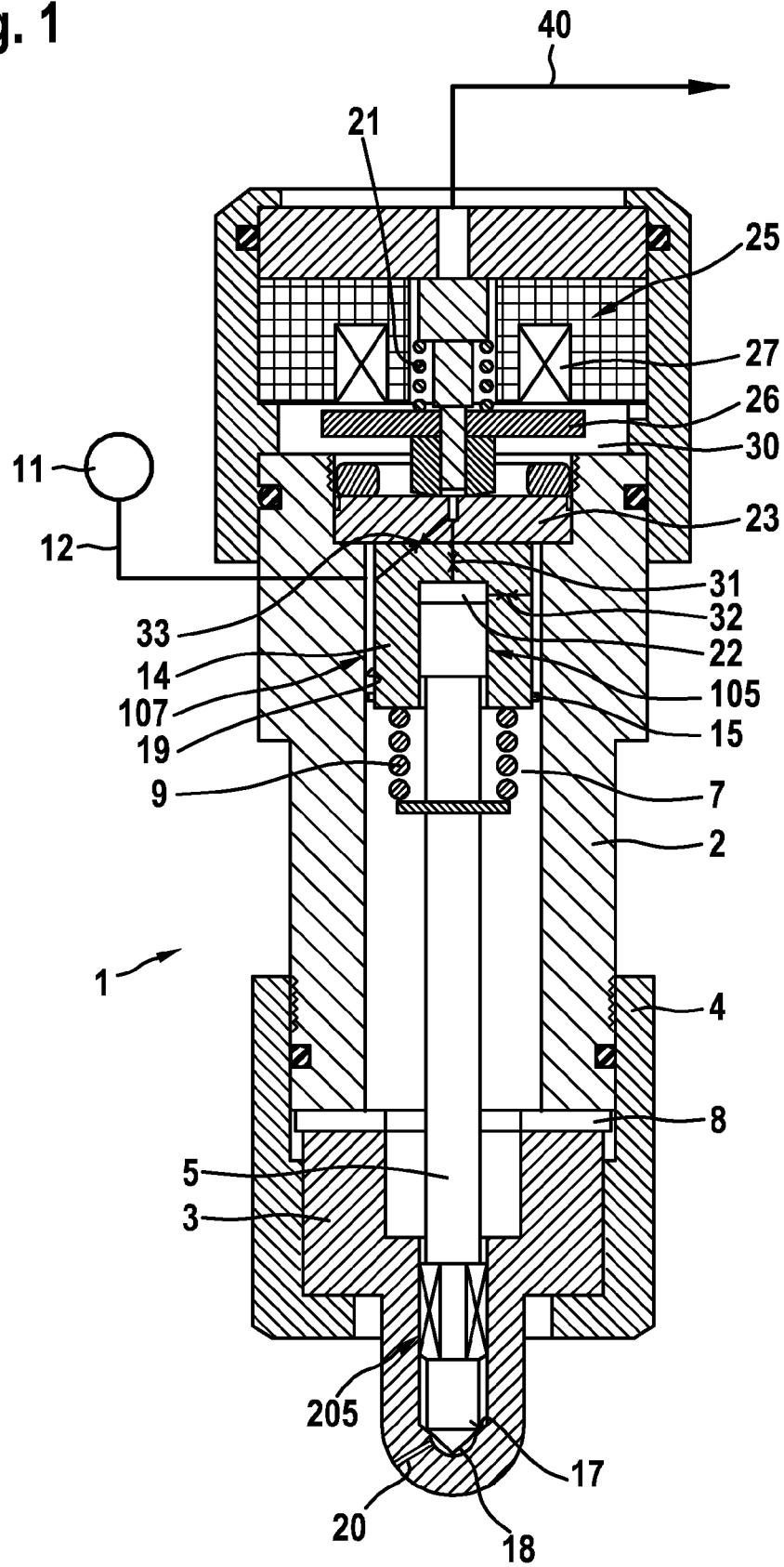


Fig. 2

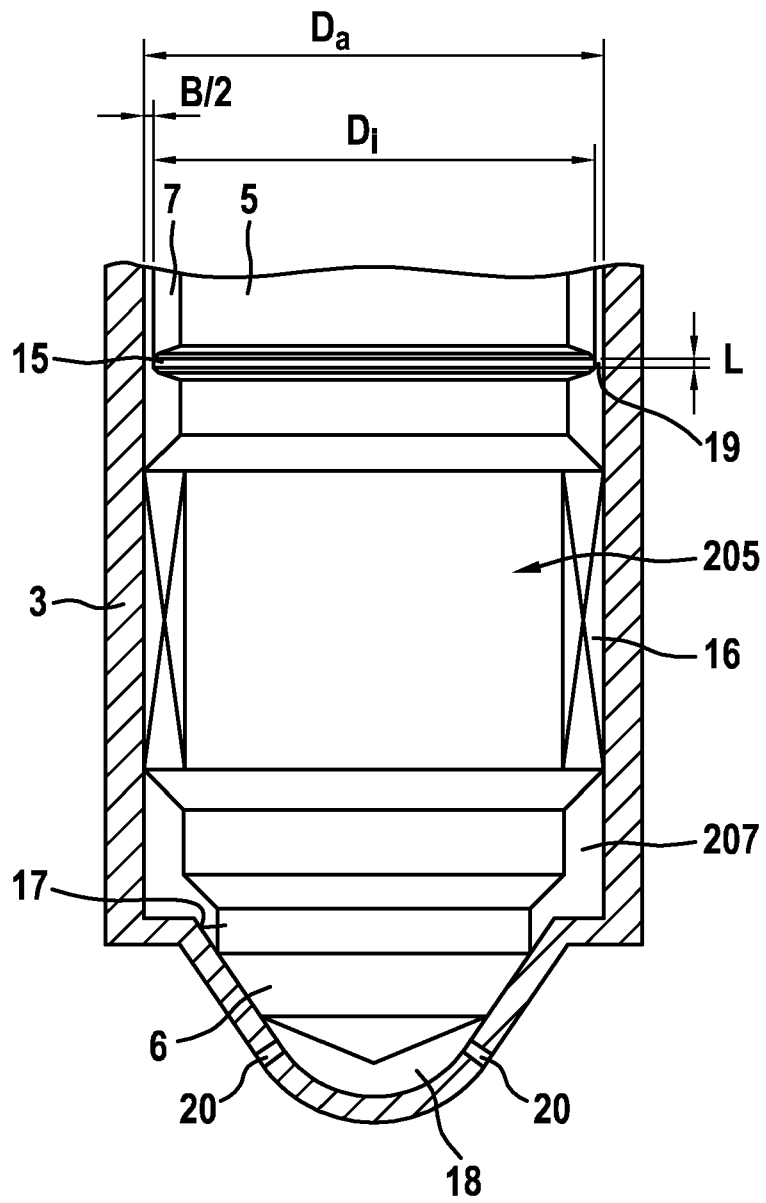


Fig. 3a

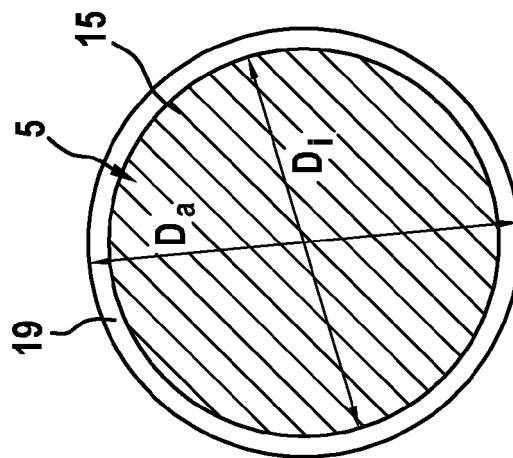


Fig. 3b

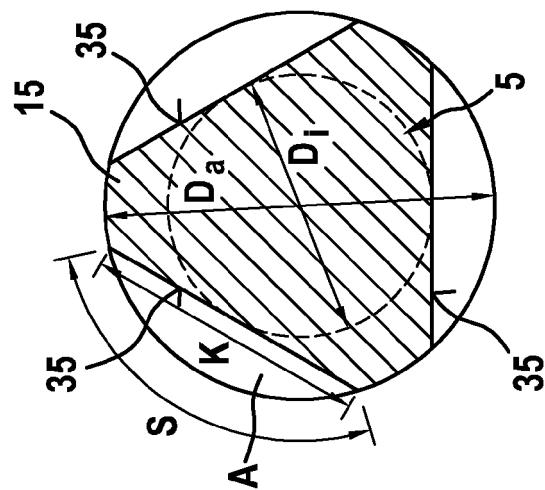
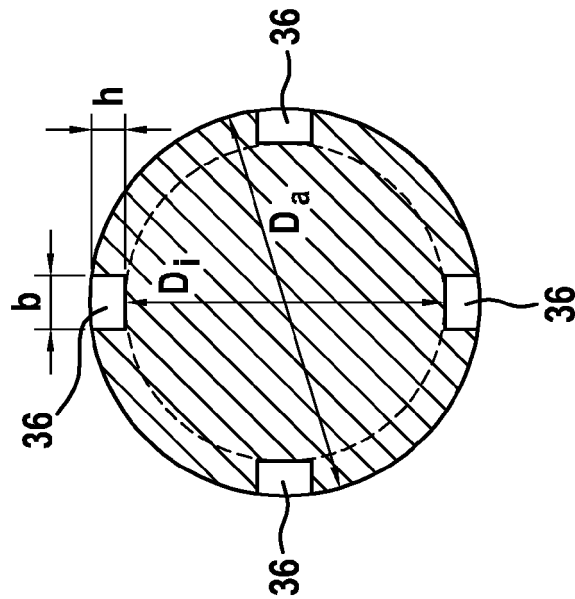


Fig. 3c



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007032741 A1 [0003]