(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 24 172 T2** 2004.06.03

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 790 404 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 24 172.6**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 102 258.7**
(96) Europäischer Anmeldetag: **12.02.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.08.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **20.08.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.06.2004**

(51) Int Cl.[7]: **F02M 61/16**
F02M 51/08

(30) Unionspriorität:
2645396 14.02.1996 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Car Engineering Co., Ltd., Hitachinaka, Ibaraki, JP

(74) Vertreter:
Beetz & Partner, 80538 München

(72) Erfinder:
Okamoto, Yoshio, Higashiibaraki-gun, Ibaraki 319-01, JP; Ohsuga, Minoru, Hitachinaka-shi, Ibaraki 312, JP; Ishikawa, Tohru, Kitaibaraki-shi, Ibaraki 319-17, JP; Souma, Masahiro, Hitachi-shi, Ibaraki 316, JP

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur direkten Kraftstoffeinspritzung und mit dieser Vorrichtung ausgestatteter Verbrennungsmotor**

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

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung des elektromagnetischen Typs zum Direkteinspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine derartige Kraftstoffeinspritzvorrichtung ist in der JP-A-58072671 offenbart.

[0002] Bei einem Benzinmotor des Direkteinspritztyps sind die Anordnungsmöglichkeiten des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils begrenzt, da eine Zündkerze als Einspritzmittel im oberen Teil der Brennkammer angeordnet ist. Das heißt, da die Temperatur einer Position nahe eines Auslassventils hoch ist, kann das Kraftstoffeinspritzventil nicht dort angeordnet werden. Andererseits wird vorgeschlagen, das elektromagnetische Kraftstoffeinspritzventil nahe dem Lufteinlassventil anzuordnen, da die Seite des Lufteinlassventils weniger durch Abgas beeinflusst wird, obgleich dort ein Einlasskanal vorhanden ist.

[0003] Selbst wenn das elektromagnetische Kraftstoffeinspritzventil nahe des Lufteinlassventils in dem Zylinderkopf installiert ist, beträgt die Temperatur des Zylinderkopfs des Benzinmotors während des Betriebs zwischen 250 und 300°C. Aus diesem Grund wird auch der vordere Endabschnitt des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils auf nahezu die gleiche Temperatur erhitzt. Bei derartigen Temperaturbedingungen wird die Erzeugung von Ablagerungen von durch Karbonisierung aufwachsendem Material aus dem eingespritzten Kraftstoff und einer Mischung aus Motorschmiermittel und Kraftstoff beschleunigt. Der überwiegende Teil dieser Ablagerungen sind amorphe Flocken. Wenn jedoch die Temperatur erhöht wird, schreitet die Karbonisierung weiter fort, so dass Ruß mit einer Kornstruktur gebildet wird, deren Größe mehrere zehn Nanometer beträgt. Die Ablagerungen und der Ruß haften an der Wandoberfläche und sammeln sich an der Wandoberfläche der Brennkammer und dem vorderen Ventilabschnitt des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils an.

[0004] Zur Lösung des Problems der Ansammlung von Ablagerungen und Ruß schlägt die JP-A-3-225068 vor, ein externes Öffnungsventil zu verwenden, und ringförmige, nach außen vorstehende Vorsprünge sind im Umfangsbereich des vorderen Endes des Ventilkopfs und im Umfangsbereich einer Öffnung der Kraftstoffeinspritzdüse des Ventilkörpers vorgesehen. Auf diese Weise wird eine geeignete Kraftstoffeinspritzung erzeugt, dadurch, dass die Vorsprünge im Vergleich zu anderen Teilen in konzentrierter Weise Hitze von dem Motor empfangen. Die Temperatur der Vorsprünge wird lokal erhöht, um eine Bildung von Ablagerungen aufgrund anhaftender Brennstofftropfen zu vermeiden.

[0005] Die JP-A-6-147022 offenbart eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung zum direkten Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer, in die Abgas zurückgeführt wird, um den Anteil an NO_x Abgas zu verringern.

[0006] Grundsätzlich werden auf der Wandoberfläche der Brennkammer angesammelte Ablagerungen und Ruß nicht als Problem angesehen, da sie die Effizienz der thermischen Isolierung erhöhen und damit die Verbrennungseffizienz verbessern. Wenn jedoch die Ablagerungen an dem vorderen Ventilabschnitt des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils anhaften und sich ansammeln, insbesondere nahe der Kraftstoffeinspritzdüse und an einem innerseitigen Abschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse, die an einem vorderen Endabschnitt des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils vorgesehen ist, werden die Einspritzrichtung und die Form des eingespritzten Kraftstoffs verändert und die Partikelgröße des Kraftstoffnebels steigt an. Aus diesem Grund wird nicht nur ein negativer Einfluss auf die Verbrennung ausgeübt, sondern die Kraftstoffeinspritzdüse wird verstopft und der Einspritzwiderstand erhöht. Aufgrund dessen kann die gewünschte Menge an Kraftstoff nicht eingespritzt werden. Im schlimmsten Fall ist zu befürchten, dass Kraftstoff nicht eingespritzt werden kann und dementsprechend der Motor nicht betrieben werden kann.

[0007] Im Falle der JP-A-3-225068, die oben beschrieben wurde, ist es beabsichtigt, dass ein Hitzefleck, der lokal auf eine hohe Temperatur erhöht wird, zur Verringerung der Erzeugung von Ablagerungen und Ruß gebildet wird. Da jedoch die Wärmekapazität des Hitzeflecks gering ist, steigt die Temperatur während des Einlasshubs rasch an und Ablagerungen werden zu diesem Zeitpunkt erzeugt, und die Ablagerungen werden bei dem nächsten Verbrennungshub karbonisiert. Aus diesem Grund kann der gewünschte Effekt nicht durchgängig erzielt werden.

[0008] Im Falle der oben beschriebenen JP-A-6-147022 wird, obgleich die Menge an NOx Abgas verringert wird, die Erzeugung von Ablagerungen und Ruß, die nahe der Einspritzdüse des Kraftstoffeinspritzventils anhaften, nicht ausreichend beachtet, und es besteht die Möglichkeit einer Leistungsabnahme des Kraftstoffeinspritzventils.

[0009] Die JP-A-5-8072671 offenbart ein Kraftstoffeinspritzventil mit einer internen Heizeinrichtung, die in einem Kanal innerhalb des Hauptkörpers des Einspritzventils angeordnet ist. Die Heizeinrichtung wird dazu verwendet, die Oberfläche der Düsenspitze auf Temperaturen oberhalb 300°C zu erhitzen, um den Anteil an anhaftenden Kraftstoffpartikeln an der Oberfläche der Düsenspitze durch Erhöhung der Verdampfung zu reduzieren.

(1) Wenn ein Ausbreitungswinkel der Kraftstoff-Spraypartikel, die von einem Kraftstoffeinspritzventil eingespritzt werden, begrenzt ist, ist die Penetrationskraft des Kraftstoffsprays, d. h. die kinetische Energie in Einspritzrichtung, hoch. Wenn jedoch die Spraypartikel eine innere Wandoberfläche des Zylinders erreichen, ändern sich die Kraftstoff-Spraypartikel zu einer Schichtform. Die Kraftstoffschicht benötigt eine lange

Zeit, um verdampft zu werden, und ein Teil des Kraftstoffs wird nicht vollständig verdampft, verbleibt durch Ausbildung einer Mischung mit einer dichten Kraftstoffkonzentration, und erzeugt eine Verbrennung mit roter Flamme, die eine hohe Menge an Ruß verursacht.

(2) Wenn andererseits der Ausbreitungswinkel der Kraftstoffpartikel hinreichend groß ist, wird die Penetrationskraft des Kraftstoffsprays gering. Wenn jedoch die Partikel des Kraftstoffsprays auf einen tellerförmigen Abschnitt des Lufteinlassventils, das sich in den Zylinder hinein erstreckt, auftreffen, und ein Teil der Kraftstoff-Spraypartikel trifft auf die innere Wandfläche des Zylinderkopfs auf durch den tellerförmigen Abschnitt verlaufend, und dabei wird eine Schichtform gebildet, in gleicher Weise wie oben unter Punkt (**1**) beschrieben. Die Kraftstoff-Spraypartikel, die auf dem tellerförmigen Abschnitt des Lufteinlassventils anhaften, werden durch die Einlassluftströmung, die in den Zylinder einströmt, zerstäubt, sodass der negative Effekt auf die Verbrennung abgeschwächt wird. Der an dem Zylinderkopf anhaftende Kraftstoff verbrennt in Form einer roten Flamme, da es eine lange Zeit bedarf, bis er verdampft ist, in gleicher Weise wie oben unter Punkt (**1**) beschrieben.

(3) Eine Zündkerze ist nahe dem mittleren Abschnitt des Zylinderkopfes angeordnet, und wenn Kraftstoff an der Zündkerze anhaftet, kann der Normalbetrieb der Zündkerze nicht gewährleistet werden und dementsprechend kann die Verbrennung nicht begonnen werden.

[0010] Ausgehend von den oben beschriebenen Ergebnissen wird der Ausbreitungswinkel der Kraftstoff-Spraypartikel auf 60° bis 90 ° festgelegt, um den Motor in einem breiten Drehzahlbereich vom Start bis hin zu einer Nominaldrehzahl nach dem Start in ordnungsgemäßer Weise zu betreiben. Außerdem wurde herausgefunden, dass ein geeigneter Winkelbereich des Ausbreitungswinkels der Kraftstoff-Spraypartikel von dem Betriebszustand des Motors abhängt. Beispielsweise wird vorzugsweise ein optimaler Kraftstoffeinspritzzustand erzeugt, bei dem der Ausbreitungswinkel der Kraftstoff-Spraypartikel gering gehalten wird, nämlich nahe 60°, zur Bildung eines gut entflammbaren Zustandes, wenn die Temperatur der Wandoberfläche gering ist, wie z.B. zum Zeitpunkt des Startens, und der Ausbreitungswinkel der Kraftstoff-Spraypartikel wird erhöht, nämlich auf ungefähr 90° zur Verteilung der Mischung aus Kraftstoff und Luft und zur Verringerung der Erzeugung von Ruß durch Unterdrückung einer lokal auftretenden Rotflammenverbrennung bei fortschreitender Verbrennung und Temperaturanstieg der Wandfläche.

[0011] Es wurden verschiedene Formen als Düsenformen eines elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils zur Erzeugung von Kraftstoff-Spraypartikeln vorgeschlagen. Die Autoren der vorliegenden Erfindung haben erkannt, dass der Freiheitsgrad zur Erzeugung von Kraftstoffspray erhöht wird, indem eine Verwirbelung des Kraftstoffs auf der stromaufwärtigen Seite einer Düsenöffnung erzeugt wird. Die oben beschriebenen Verbrennungsergebnisse wurden durch Einstellung des Ausbreitungswinkels der Kraftstoff-Spraypartikel infolge einer Erzeugung einer Verwirbelung des Kraftstoffs auf der stromaufwärtigen Seite einer einzelnen Düsenöffnung erzielt. Andererseits bleiben bei einem elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventil dieses Typs Ablagerungen und Ruß auf dem Einspritzventil selbst haften. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Temperatur der Oberfläche des Kraftstoffeinspritzventils durch direkte Hitzeeinwirkung infolge der Verbrennung und durch Hitzeleitung von dem Zylinderkopf auf 170°C bis 200°C aufgeheizt wird, und es wird abgeschätzt, dass der obere Endabschnitt des Kraftstoffeinspritzventils eine noch höhere Temperatur annimmt, da er dem Verbrennungsgas ausgesetzt ist.

[0012] Die EP 0 151 793 A1 beschreibt ein Kraftstoffeinspritzventil für einen Verbrennungsmotor, das für eine Interval-Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in die Brennkammer des jeweiligen Zylinders ausgelegt ist. Zur Vermeidung extremer thermischer Spannungen am unteren Teil des Düsenkörpers und zur Verringerung der hieraus resultierenden Einflüsse einer Glutanhaftung (bei Dieselmotoren) weist diese bekannte Kraftstoff-Einspritzdüse eine Hitzeschutzeinrichtung für das Düsenunterteil in Form einer Schutzkappe auf, die keinen Einfluss auf die Strömung der Luft und des Kraftstoffs ausübt. Diese Hitzeschutzkappe erstreckt sich nicht über den ganzen unteren Abschnitt des Düsenkörpers, sondern ist an einem Nippel am unteren Ende des Düsenkörpers befestigt. Zwischen dem unteren Abschnitt des Düsenkörpers und der Kappe ist ein Luftspalt vorgesehen, der nur im Bereich der Einspritzöffnung unterbrochen ist. Außerdem ist die Fläche der Kappe, die auf die Brennkammer gerichtet ist, mit einer Wärmeisolationsschicht **15** aus ZrO_2, das mit Y_2O_3 stabilisiert ist, versehen. Die Funktion dieser Hitzeschutzkappe besteht in der Verhinderung thermischer Spannungen im unteren Teil des Düsenkörpers. Sie dient zudem der Intensivierung des Kühleffektes des eingespritzten Kraftstoffs.

[0013] Die DE OS 2 833 090 offenbart ein Kraftstoffeinspritzventil zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Verbrennungsmotor, das einen Düsenkörper aufweist, an dessen oberem Ende ein ringförmiges Oberteil befestigt ist, das aus einem Material mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit besteht. Die Funktion dieses oberen Teils besteht darin, das Kaltstartverhalten des Motors zu verbessern. Aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit kondensiert und gefriert in dem kalten Motor vorhandene Feuchtigkeit vorzugsweise an dem oberen Teil, so dass eine Kondensation nahe der Einspritzöffnung vermieden wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Bei einem elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventil, das für die direkte Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer ausgelegt ist, besteht eine Aufgabe der Erfindung darin, die oben beschriebenen Probleme des Standes der Technik zu lösen und die Ansammlung und Anhaftung von Ruß und Ablagerungen in der Nähe der Einspritzdüse zu verhindern und die zeitabhängige Verschlechterung der Leistung des Einspritzventils zu reduzieren, um einen normalen Betriebszustand des Verbrennungsmotors aufrechtzuerhalten.

[0015] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein elektromagnetisches Kraftstoffeinspritzventil zu schaffen, das in der Lage ist, Kraftstoff direkt in eine Brennkammer einzuspritzen, und das geringe Herstellungskosten sowie eine hohe Lebensdauer hat.

[0016] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein elektromagnetisches Kraftstoffeinspritzventil zu schaffen, das dazu geeignet ist, Kraftstoff direkt in eine Brennkammer einzuspritzen, und das die Zerstäubung von Kraftstoff fortwährend für einen langen Zeitraum gewährleistet.

[0017] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung zu schaffen, die dazu geeignet ist, eine Kraftstoffströmungsrate genau zu messen, die für einen Verbrennungsmotor erforderlich ist, selbst wenn Ablagerungen und Ruß auf der Kraftstoffeinspritzeinrichtung anhaften.

[0018] Ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Lösung der oben genannten Aufgabe besteht aus einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung zum direkten Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer eines Verbrennungsmotors, in dem eine Kraftstoffleitung zum Einbringen des Kraftstoffs ausgebildet ist, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung außerdem ein Ventilteil zum Öffnen und Schließen der Kraftstoffleitung, ein Kraftstoffdrallteil zum Erzeugen einer Verwirbelung des Kraftstoffs, das stromaufwärts des Öffnungs- und Schließabschnitts des Ventilteils angeordnet ist, ein Kraftstoffeinspritzöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zur Durchleitung von Kraftstoff, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnitts angeordnet ist, und ein Abdeckteil zum Abdecken des Kraftstoffeinspritzöffnungsteils mit einer Einspritzöffnung aufweist, das aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit hergestellt ist.

[0019] Vorzugsweise besteht das Abdeckteil aus Messing oder einer Aluminiumlegierung. Vorzugsweise weist das Abdeckteil wenigstens einen konkaven Abschnitt an einer Kontaktfläche mit dem Kraftstoffeinspritzteil auf. Außerdem wird die Oberflächentemperatur nahe der Einspritzöffnung des Abdeckteils während des Betriebs des Verbrennungsmotors vorzugsweise auf eine Temperatur von 550°C bis 1050°C erhöht.

[0020] Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung löst die oben genannten Aufgaben durch eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer eines Verbrennungsmotors, in der eine Kraftstoffleitung zur Einleitung von Kraftstoff ausgebildet ist, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrtchtung außerdem ein Ventilteil zum Öffnen und Schließen der Kraftstoffleitung, ein Kraftstoffverwirbelungsteil zur Erzeugung einer Verwirbelung des Kraftstoffes, das auf einer stromabwärtigen Seite eines Öffnungs- und Schließabschnittes des Ventilteils vorgesehen ist, und ein Kraftstoffeinspritzöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zum Einleiten von Kraftstoff aufweist, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnitts vorgesehen ist, und das Kraftstoffeinspritzteil weist ein Teil auf zur Verbesserung der thermischen Leitfähigkeit hin zu der Seite, die der Brennkammer des Verbrennungsmotors zugewandt ist.

[0021] Vorzugsweise handelt es sich bei dem Teil zur Verbesserung der thermischen Leitfähigkeit um ein Teil zur Vergrößerung der Oberfläche durch Vorsprünge oder Einbuchtungen. Vorzugsweise weist das Teil zur Verbesserung der thermischen Leitfähigkeit eine Oberflächenbeschichtung zur Erhöhung der thermischen Leitfähigkeit auf, die aus der Dampfphase abgeschieden ist.

[0022] Ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Lösung der oben genannten Aufgaben ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer eines Verbrennungsmotors, in der eine Kraftstoffleitung zum Einleiten von Kraftstoff ausgebildet ist, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung zur Direkt-Einspritzung außerdem ein Ventilteil zum Öffnen und Schließen der Kraftstoffleitung, ein Kraftstoffverwirbelungsteil zur Erzeugung einer Verwirbelung des Kraftstoffes, das auf einer stromaufwärtigen Seite eines Öffnungs- und Schließabschnittes des Ventilteils vorgesehen ist, ein Kraftstoffeinspritzöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zum Einleiten von Kraftstoff, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnittes vorgesehen ist, ein Abdeckteil zum Abdecken des Kraftstoffeinspritzöffnungsteils mit Einspritzöffnung, die aus einem Material mit höher thermischer Leitfähigkeit hergestellt ist, und ein Teil zur Verhinderung der Konvektion von Wärme von dem Abdeckteil hin zu dem Kraftstoffeinspritzöffnungsteil aufweist, das zwischen dem Abdeckteil und dem Kraftstoffeinspritzöffnungsteil angeordnet ist.

[0023] Bei einem beliebigen der oben genannten Ausführungsbeispiele liegt der Abstand in axialer Richtung des engsten Abschnitts der Durchgangsöffnung, die in dem Kraftstoffeinspritzöffnungsteil vorgesehen ist, im Bereich von 0,1 bis 0,4 mm.

[0024] Ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Lösung der oben genannten Aufgabe ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer eines Verbrennungsmotors, in dem eine Kraftstoffleitung zur Zufuhr von Kraftstoff ausgebildet ist, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung außerdem ein Ventilteil zum

Öffnen und Schließen der Kraftstoffleitung, ein Kraftstoffverwirbelungsteil zum Verwirbeln des Kraftstoffes, das auf der stromaufwärtigen Seite eines Öffnungs- und Schließabschnitts des Ventilteils vorgesehen ist, und ein Kraftstoffeinspritzöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zur Durchleitung von Kraftstoff aufweist, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnitts vorgesehen ist, wobei eine in den Verbrennungsmotor einzuspritzende Kraftstoffmenge in dem Öffnungs- und Schließabschnitt des Ventilteils gemessen wird.

[0025] Ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer eines Verbrennungsmotors, in dem eine Kraftstoffleitung zur Einleitung von Kraftstoff ausgebildet ist, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ein Kugelventilteil zum Öffnen und Schließen der Kraftstoffleitung, ein Kraftstoffverwirbelungsteil zum Erzeugen einer Kraftstoffverwirbelung, das auf einer stromabwärtigen Seite eines Öffnungs- und Schließabschnitts des Kugelventilteils vorgesehen ist, ein Durchgangsöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zur Durchleitung von Kraftstoff, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnitts vorgesehen ist, und ein Abdeckteil zum Abdecken des Durchgangsöffnungsteils mit einer Kraftstoffdurchflussöffnung in dessen Mitte aufweist, und eine Durchflussöffnungsfläche (SV) des Öffnungs- und Schließabschnitts des Kugelventilteils und eine Durchflussfläche (SO) der Kraftstoffeinspritzöffnung, die in dem Abdeckteil ausgebildet ist, erfüllen die Beziehung SV < SO.

[0026] Bei einem beliebigen der oben genannten Ausführungsbeispiele weist die Kraftstoffeinspritzvorrichtung vorzugsweise eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung des elektromagnetischen Typs auf.

[0027] Ein sechstes Ausführungsbeispiel zur Lösung der oben beschriebenen Aufgaben ist ein Verbrennungsmotor mit einem Zylinder, einem Zylinderkopf zum Abdecken eines oberen Abschnittes des Zylinders, einem Einlasskrümmer, der einen Lufteinlasskanal zur Leitung der Einlassluft bildet, der in dem Zylinderkopf vorgesehen ist, einem Abgaskrümmer, der einen Abgaskanal zur Leitung des Abgases bildet, der in dem Zylinderkopf vorgesehen ist, einem Einlassventil zum Drosseln des Abgaskanals und einer Zündkerze, wobei eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer, die durch einen Zylinder und einen Zylinderkopf gebildet wird, bereit gestellt wird, und die Kraftstoffeinspritzvorrichtung weist einen Kraftstoff-Durchflusskanal zum Einleiten des Kraftstoffs nach innen, ein Ventilteil zum Öffnen und Schließen des Kraftstoffkanals, ein Kraftstoffverwirbelungsteil zum Erzeugen einer Kraftstoffverwirbelung, das auf einer stromaufwärtigen Seite eines Öffnung- und Schließabschnitts des Ventilteils vorgesehen ist, ein Kraftstoffeinspritzöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zum Durchleiten des Kraftstoffs, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnitts vorgesehen ist, und ein Abdeckteil zum Abdecken des Kraftstoffeinspritzöffnungsteils auf, das entweder aus Messing oder einer Aluminiumlegierung hergestellt ist.

[0028] Ein siebtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Verbrennungsmotor mit einem Zylinder, einem Zylinderkopf zum Abdecken eines oberen Abschnittes des Zylinders, einem Einlasskrümmer, der einen Lufteinlasskanal zur Leitung der Einlassluft bildet, der in dem Zylinderkopf vorgesehen ist, einem Abgaskrümmer, der einen Abgaskanal zur Führung des Abgases bildet, der in dem Zylinderkopf vorgesehen ist, einem Einlassventil zum Drosseln des Abgaskanals und einer Zündkerne, wobei eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer, die durch einen Zylinder und einen Zylinderkopf gebildet wird, vorgesehen ist, und die Kraftstoffeinspritzvorrichtung weist einen Kraftstoff-Durchflusskanal zum Einleiten des Kraftstoffs nach innen, ein Ventilteil zum Öffnen und Schließen des Kraftstoffkanals, ein Kraftstoffverwirbelungsteil zum Erzeugen einer Kraftstoffverwirbelung, das auf einer stromaufwärtigen Seite eines Öffnung- und Schließabschnitts des Ventilteils vorgesehen ist, ein Kraftstoffeinspritzöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zum Durchleiten des Kraftstoffs, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnitts vorgesehen ist, und ein Abdeckteil zum Abdecken des Kraftstoffeinspritzöffnungsteils, das entweder aus Messing oder einer Aluminiumlegierung hergestellt ist, und eine Wärmekonvektionsverhinderungseinrichtung zur Verhinderung von Wärmekonvektionen von dem Abdeckteil zu dem Krafteinspritzöffnungsteil auf, die zwischen dem Abdeckteil und dem Kraftstoffeinspritzöffnungsteil angeordnet ist.

[0029] Ein achtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Verbrennungsmotor mit einem Zylinder, einem Zylinderkopf zum Abdecken eines oberen Abschnittes des Zylinders, einem Einlasskrümmer, der einen Lufteinlasskanal zur Leitung der Einlassluft bildet, der in dem Zylinderkopf vorgesehen ist, einem Abgaskrümmer, der einen Abgaskanal zur Führung des Abgases bildet, der in dem Zylinderkopf vorgesehen ist, einem Einlassventil zum Drosseln des Abgaskanals und einer Zündkerze, wobei eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer, die durch einen Zylinder und einen Zylinderkopf gebildet wird, vorgesehen ist, und die Kraftstoffeinspritzvorrichtung weist einen Kraftstoff-Durchflusskanal zum Einleiten des Kraftstoffs nach innen, ein Ventilteil zum Öffnen und Schließen des Kraftstoffkanals, ein Kraftstoffverwirbelungsteil zum Erzeugen einer Kraftstoffverwirbelung, das auf einer stromaufwärtigen Seite eines Öffnung- und Schließabschnitts des Ventilteils vorgesehen ist, ein Kraftstoffeinspritzöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zum Durchleiten des Kraftstoffs, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öff-

nungs- und Schließabschnitts vorgesehen ist, ein Durchgangsöffnungsteil mit einer Durchgangsöffnung zur Durchleitung von Kraftstoff, das auf einer stromabwärtigen Seite des Öffnungs- und Schließabschnitts vorgesehen ist, und ein Abdeckteil zum Abdecken des Durchgangsöffnungsteils in dessen Mitte auf, wobei eine Durchflussöffnungsfläche (SV) des Öffnungs- und Schließabschnitts des Kugelventilteils und eine Durchflussfläche (SO) der Kraftstoffeinspritzöffnung, die in dem Abdeckteil ausgebildet ist, die Beziehung SV < SO erfüllen.

[0030] Erfindungsgemäß ist es möglich, die Anhaftung und Ansammlung von Ablagerungen und Ruß auf einem oberen Endabschnitt des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils zu verhindern, da das Abdeckteil mit der Kraftstoffeinspritzöffnung mittels Abgaswärme bis hin zu einer Reinigungstemperatur der Ablagerungen erhitzt wird.

[0031] Da außerdem eine Kraftstoffmenge durch den Sitzabschnitt des Kugelventils gemessen wird, kann eine erforderliche Menge an Kraftstoff dem Verbrennungsmotor zugeführt werden, selbst wenn Ablagerungen und Ruß an dem äußeren Abschnitt des elektromagnetischen Einspritzventil: anhaften.

[0032] Daher ist es bei einem elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventil, das zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer geeignet ist; möglich, die Anhaftung und Ansammlung von Ruß und Ablagerungen in der Umgebung der Einspritzöffnung zu verhindern und die zeitabhängige Verschlechterung der Leistung zu verringern.

[0033] Außerdem ist es bei einem Verbrennungsmotor, in dem ein elektromagnetisches Kraftstoffeinspritzventil montiert ist, das zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in die Brennkammer geeignet ist, möglich, einen normalen Betriebszustand des Verbrennungsmotors aufrechtzuerhalten.

[0034] Außerdem ist es möglich, eine elektromagnetische Kraftstoffeinspritzeinrichtung zu schaffen, die geeignet ist, Kraftstoff direkt in eine Brennkammer einzuspritzen, die kostengünstig ist und eine hohe Lebensdauer aufweist.

[0035] Außerdem ist es möglich, ein elektromagnetisches Kraftstoffeinspritzventil zu schaffen, das zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer geeignet ist, das die Zerstäubung von Kraftstoff für eine lange Zeitdauer fortsetzen kann.

[0036] Außerdem ist es möglich, einen Verbrennungsmotor zu schaffen, in dem ein elektromagnetisches Kraftstoffeinspritzventil montiert ist, das geeignet ist, Kraftstoff direkt in eine Brennkammer einzuspritzen, bei dem der normale Betrieb aufrechterhalten werden kann.

[0037] Obgleich es im Hinblick auf die Lebensdauer und die Zuverlässigkeit schwierig ist, eine Direkt-Kraftstoffeinspritzung zu verwirklichen, ist es aufgrund der oben geschilderten Zusammenhänge möglich, die Kraftstoffsprayform zu optimieren und dementsprechend einen normalen Betrieb des Motors für eine lange Zeit aufrechtzuerhalten.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0038] **Fig.** 1 ist eine schematische Darstellung, die einen Systemaufbau eines Verbrennungsmotors des Direkt-Einspritzungstyps zeigt, bei dem gemäß der vorliegenden Erfindung Kraftstoff direkt in die Brennkammer eingespritzt wird.

[0039] **Fig.** 2 ist eine vergrößerte Darstellung des Motors in dem System der **Fig.** 1.

[0040] **Fig.** 3 ist eine Darstellung im senkrechten Querschnitt, die eine erfindungsgemäße Direkt-Einspritzungseinrichtung für Kraftstoff in den Zylinder zeigt.

[0041] **Fig.** 4 ist eine detaillierte Darstellung, die ein Kraftstoffverwirbelungsteil entlang der Querschnittsebene der Linie A-A der **Fig.** 3 zeigt.

[0042] **Fig.** 5 ist eine detaillierte Querschnittsdarstellung, die eine Verwirbelungsrille eines Kraftstoffverwirbelungsteils zeigt.

[0043] **Fig.** 6 ist eine vergrößerte Darstellung im senkrechten Querschnitt, die ein Ausführungsbeispiel eines Ventils einer Einspritzvorrichtung zur Direkt-Einspritzung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0044] **Fig.** 7 ist eine vergrößerte Vertikalansicht, die ein Ausführungsbeispiel eines oberen Endabschnitts einer Kraftstoffdirekteinspritzungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0045] **Fig.** 8 ist eine vergrößerte Vertikalansicht, die ein anderes Ausführungsbeispiel eines oberen Endabschnitts einer Kraftstoffdirekteinspritzungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0046] **Fig.** 9 ist eine vergrößerte Vertikalansicht, die ein modifiziertes Ausführungsbeispiel eines oberen Endabschnitts einer Kraftstoffdirekteinspritzungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0047] **Fig.** 10 ist eine vergrößerte Vertikalansicht, die ein weiteres Ausführungsbeispiel eines oberen Endabschnitts einer Kraftstoffdirekteinspritzungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0048] **Fig.** 11 ist eine Darstellung, die einen Montagezustand der Kraftstoffdirekteinspritzungsvorrichtung in dem System der **Fig.** 1 zeigt.

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0049] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend im Detail unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben.

[0050] Die **Fig.** 1 und die **Fig.** 2 zeigen den Systemaufbau eines Verbrennungsmotors, der ein Ausführungsbeispiel eines elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt, die dazu geeignet ist, Kraftstoff direkt in die Brennkammer einzuspritzen. Unter Bezugnahme auf die **Fig.** 1 ist ein Vierzylinderviertakt-Benzinmotor **70** durch einen Riemen **72** mit einer Hochdruckkraftstoffpumpe **71** verbunden. Die Hochdruckkraftstoffpumpe **71** ist ein Mechanismus, der es ermöglicht, durch

Aufbringen von Druck beispielsweise durch Antreiben eines Kolbens zum Unterdrucksetzen des Kraftstoffs unter hohen Druck gesetzten Kraftstoff zu erzeugen, und hat eine Förderöffnung **71a** und eine Saugöffnung **71b**. Die Förderöffnung **71a** und die Kraftstoffleitung **75** sind mit einer Hochdruckleitung **73** verbunden und ein Akkumulator **74** ist in der Mitte der Hochdruckleitung **73** angeordnet. Kraftstoffeinspritzeinrichtungen **76**, deren Aufbau später im Detail beschrieben werden, sind auf dem Kraftstoffkanal **75** angeordnet und befestigt.

[0051] Ein Hochdruckregler 77 zum Aufrechterhalten des Drucks, der der Kraftstoffeinspritzvorrichtung **76** zugeführt wird, ist auf der stromabwärtigen Seite der Kraftstoffleitung **75** angebracht und der überschüssige Kraftstoff wird von der Kraftstoffleitung **77** durch eine Kraftstoffleitung mit geringem Druck hin zu dem Niederdruckregler **79** geleitet und durch eine Rückführleitung **84**, die mit dem Niederdruckregler **79** verbunden ist, zu dem Kraftstofftank **81** zurückgeleitet. Eine Niederdruckkraftstoffpumpe ist innerhalb des Kraftstofftanks **81** installiert und mit der Saugseite der Hochdruckkraftstoffpumpe **17** durch ein Filter **82** und eine Niederdruckleitung **83** verbunden. Ein überschüssiger Teil des von der Niederdruckkraftstoffpumpe **80** hin zu der Hochdruckkraftstoffpumpe **71** geleiteten Kraftstoffs wird dem Niederdruckregler **79** durch eine in der Mitte der Niederdruckleitung **83** vorgesehene Verzweigungsleitung zugeführt und durch die Rückführleitung **84** zurück in den Kraftstofftank **81** geleitet.

[0052] Die Anzahl der Kraftstoffeinspritzvorrichtung **76** entspricht der Anzahl an Zylindern. Ein Treiberschaltkreis **85** zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzvorrichtung ist mit einer Motorsteuereinheit **86** verbunden und steuert eine Kraftstoffströmungsrate, die jeder der Kraftstoffeinspritzvorrichtungen **76** zugeführt wird, entsprechend den verschiedenen Befehlen der Motorsteuereinheit **86**. Die Steuereinheit steuert den Motor gemäß der Betriebsinformation, wie z. B. Luftströmungsrate am Einlass, Lufttemperatur, Motorwassertemperatur, Drehzahl usw.

[0053] Der Verbrennungsmotor **70**, der wie oben beschrieben aufgebaut ist, wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die **Fig.** 2 im Detail beschrieben.

[0054] Ein wechselseitig innerhalb des Zylinders **94** bewegbarer Kolben bewegt sich aufwärts und abwärts in dem Zylinder **94** gemäß einer Drehung der Motorwelle, die nicht gezeigt ist. Ein Zylinderkopf ist an dem oberen Abschnitt des Zylinders **94** vorgesehen, um gemeinsam mit dem Zylinder **94** einen geschlossenen Raum zu bilden. In dem Zylinderkopf **89** sind ein Ansaugrohr **88** zur Zufuhr von Außenluft in den Zylinder durch die Einlassluftströmungsraten-Steuerungseinheit, die ein Drosselventil aufweist, und ein Abgaskrümmer zur Leitung von in dem Zylinder 94 verbranntem Verbrennungsgas ausgebildet.

[0055] In dem Zylinderkopf ist ein Einlassventil **90** auf der Seite des Ansaugrohrs **87**, eine Zündkerze in der Mitte, und ein Abgasventil **92** auf der entgegengesetzten Seite des Einlassventils **90** vorgesehen. An dem Einlassventil **90** und dem Auslassventil **92** vorgesehene Tellerabschnitte erstrecken sich in die Brennkammer **96**. Eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist an dem Zylinderkopf nahe dem Verzweigungsabschnitt des Ansaugrohrs **87** vorgesehen und so eingestellt, dass die Richtung des eingespritzten Kraftstoffs leicht abwärts in die Brennkammer **96** erfolgt. In dem seitlichen Abschnitt der Kraftstoffeinspritzvorrichtung **76** ist ein Einlassluft-Zufuhrkanal **93** zur Zufuhr eines Teils der Einlassluft zu der Kraftstoffdirekteinspritzvorrichtung **76** vorgesehen.

[0056] Synchron mit dem Einlassluft-Timing wird der Kraftstoff für den Verbrennungsmotor **70** durch die Kraftstoffdirekteinspritzvorrichtung **76** direkt in die Brennkammer **96** eingespritzt. In der Brennkammer **96** wird die durch Mischung des durch Einspritzung zerstäubten Kraftstoffs mit der durch das Ansaugrohr **88** zugeführten Luft begünstigt, die resultierende Mischung wird in dem Verdichtungshub verdichtet und dann durch die Zündkerze **91** gezündet, um zu verbrennen.

[0057] Wie oben beschrieben wurde, ist aufgrund der Montage der Kraftstoffeinspritzvorrichtung **76** auf dem Zylinderkopf **89** zur Direkt-Einspritzung in die Brennkammer **96** ein Effekt der Verringerung der Erzeugung von NOx, CO und HC usw. im Vergleich zu herkömmlichen elektromagnetischen Brennstoffeinspritzvorrichtung durch Abmagern des Kraftstoffs gegeben, jedoch tritt dabei der Nachteil auf, dass sich Ablagerungen und Ruß an dem oberen Endabschnitt der Kraftstoffeinspritzvorrichtung ablagern, da dieser dem Verbrennungsgas ausgesetzt ist. Eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung **76**, bei der die Anhaftung von Ablagerungen und Ruß reduziert werden kann, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die **Fig.** 3 und 7 beschrieben.

[0058] Die **Fig.** 3 und 7 zeigen ein Ausführungsbeispiel eines elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils, das die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **76** darstellt.

[0059] Das elektromagnetische Kraftstoffeinspritzventil **1** steuert die Kraftstoffeinspritzung durch Öffnen und Schließen eines Sitzabschnitts der zwischen einer Ventilkugel **6** und einem Düsenteil **7** entsprechend einem EIN- bzw. AUS-Signal gemäß einer in der Steuereinheit ermittelten Einschaltdauer. Eine magnetische Schaltung besteht aus einem zylindrischen Joch **3** mit Unterteil, einem Kern und einer Tauchspule **4**, die dem Kern **2** mit Abstand zugewandet ist, und der Kern **2** besteht aus einem Stopfenkörperabschnitt **2a** zum Schließen eines Öffnungsendes des Jochs **3** und einem Säulenabschnitt **2b**, der sich in der Mitte des Jochs **3** erstreckt. Eine Ausnehmung ist in der Mitte des Säulenabschnitts **2b** ausgebildet. Innerhalb der Ausnehmung ist eine Feder **10** eines elastischen Teils eingesetzt, die einen beweglichen Abschnitt **4a**, der aus der Tauchspule **4** und der Ventilkugel **6** besteht, gegen die in der oberen Fläche des

Düsenteils ausgebildete Sitzfläche **9** drückt. Das Düsenteil **7** hat eine Durchgangsöffnung zum Durchleiten von Kraftstoff zu einer innenseitigen Position des Kontaktabschnitts der Ventilkugel **6**.

[0060] Der obere Endabschnitt der Feder **10** befindet sich in Kontakt mit dem unteren Endabschnitt des Federeinstellers **11** zur Einstellung der Öffnungs- und Schließkraft der Ventilkugel **6** und der Federeinsteller **11** ist in der Mitte des Jochs **2** eingefügt. Um zu verhindern, dass Kraftstoff aus dem Spalt zwischen dem Kern und dem Joch **3** strömt, ist ein O-Ring **12** zwischen diesen beiden Komponenten vorgesehen. Eine Spule **14** zum Erregen des Magnetschaltkreises ist um einen Spulenkörper **13** gewickelt und der Umfang ist in ein Plastikmaterial eingegossen. Ein Anschluss **18** eines Spulenaufbaus **16** mit dem Kern **2**, der Spule **3** und dem Spulenkörper **13** ist in eine Öffnung **17** eingefügt, die in einem Randabschnitt des Kerns **2** vorgesehen ist und ein O-Ring 19 ist zwischen den Anschluss **18** und den Kern **2** eingefügt.

[0061] Ein Abschnitt zur Aufnahme der Tauchspule befindet sich in Eingriff mit der Tauchspule **4** und ist am unteren Endabschnitt des Jochs **3** ausgebohrt, und unterhalb des Abschnitts zur Aufnahme der Tauchspule **20** ist ein Aufnahmeabschnitt **22** für eine Düse ausgebildet, der einen größeren Durchmesser als der Abschnitt **20** zur Aufnahme der Tauchspule aufweist und mit einem Stoppelement **21** und einem Düsenteil **7** in Eingriff steht nach oben eindringend hin zu dem oberen Ende des Jochs.

[0062] Der bewegbare Abschnitt **4a** umfasst die Tauchspule **4**, die aus einem magnetischen Material hergestellt ist, eine Stange **5**, die mit der Tauchspule **4** an einem Ende verbunden ist und mit der Ventilkugel **6** an dem anderen Ende und einem Führungsring **23**, der an einem oberen Öffnungsabschnitt der Tauchspule befestigt ist und aus einem nichtmagnetischen Material hergestellt ist. Außerdem ist ein zylindrisches Drallelement **26** in eine innere Wandung eines Hohlabschnitts des Düsenteils **7** eingesetzt. Der Führungsring **23** wird mit einer inneren Wandung eines in dem oberen Ende des Jochs **2** eingebohrten Hohlabschnitts geführt, und die Kugel **6** wird mit der innenseitigen Umfangsfläche des Kraftstoffverwirbelungselements **26** geführt. In dem Düsenteil **7** ist eine Sitzfläche **9** ausgebildet, dem zylindrischen Kraftstoffverwirbelungselement **26** folgend, und die Durchgangsöffnung **8** ist in der Mitte der Sitzfläche **9** vorgesehen, sodass der Kraftstoff hindurchströmen kann. Ein Hub (Aufwärtsbewegung in axialer Richtung) des bewegbaren Abschnitts **4a** wird durch die Größe des Spaltes zwischen einer Aufnahmefläche **5a** eines Halsabschnitts der Stange **5** und dem Stoppelement **21** bestimmt. Um zu verhindern, dass Feuchtigkeit oder ein Fremdmaterial, das sich in dem Kraftstoff oder der Leitung befindet, auf die Seite des Ventilsitzes gelangt, ist ein Filter 28 im Einlassabschnitt des elektromagnetischen Kraftstoffventils vorgesehen.

[0063] Eine zylindrische Düsenabdeckung **30** mit Boden ist über einen Isolator **29** an dem oberen Endabschnitt des Düsenteils **7** befestigt, wie im Detail in **Fig.** 7 gezeigt wird. Der Isolator **29** ist aus einem Material mit vergleichsweise geringer Dicke hergestellt und weist eine geringe thermische Leitfähigkeit auf, wie z. B. rostfreier Stahl oder eine Nickellegierung. Andererseits ist die Düsenabdeckung **30** aus einem Material gebildet, die eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweist, wie z. B. Messing oder eine Aluminiumlegierung, sodass sie in einfacher Weise durch Verbrennungswärme des Motors erhitzt werden kann. Eine kommunizierende Öffnung **31** und eine Kraftstoffeinspritzöffnung **32** zum Einspritzen von Kraftstoff sind in einem mittleren Abschnitt des Isolators **29** und einem mittleren Abschnitt der Düsenabdeckung **30** vorgesehen, und diese Öffnungen kommunizieren mit dem Öffnungsabschnitt **8** auf der stromaufwärtigen Seite. Außerdem ist in der Düsenabdeckung **30** eine kegelförmige Öffnung **33** vorgesehen, die sich von der Kraftstoffeinspritzöffnung **32** erstreckt und in Form einer konischen Oberfläche ausgebildet ist, deren Durchmesser sich hin zu der Auslassseite vergrößert, und die obere Endfläche **33a** steht geringfügig von der äußeren Endfläche **30a** ab.

[0064] Der obere Endabschnitt des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils **1** ist derart ausgebildet, dass er in einfacher Weise auf höher als 550°C erhitzt werden kann. Andererseits ist der Temperaturabfall, obgleich das elektromagnetische Kraftstoffeinspritzventil **1** während des Einlasshubs durch innen befindlichen Kraftstoff gekühlt wird, in dem oberen Frontabschnitt kleiner als beim Stand der Technik, da der Kraftstoff im Sitzabschnitt eingeschlossen ist. Das heißt, dass beim Stand der Technik die Oberflächentemperatur des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils auf 130 bis 200°C verringert ist. Jedoch kann bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel das elektromagnetische Kraftstoffeinspritzventil für eine längere Zeit bei einer höheren Temperatur im Bereich der Verdampfungstemperatur der Ablagerung von 550°C bis hin zur Verbrennungstemperatur von 1050°C gehalten werden. Außerdem können sich die Ablagerungen nur schwerlich im Bereich des Sitzabschnitts bilden, unabhängig von dem Verbrennungshub, dem Einlasshub usw., da der Sitz durch Kraftstoff gekühlt wird.

[0065] Das Kraftstoffverwirbelungselement **26** und der Ventilabschnitt werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die **Fig.** 4 und 6 im Detail beschrieben. Das Kraftstoffverwirbelungselement **26** hat vier Rillen **34** in axialer Richtung und vier Rillen **35** in radialer Richtung, die in Bezug auf die Achse symmetrisch angeordnet sind. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel können auch andere Formen, wie z. B. ein kreisförmiger Abschnitt usw. verwendet werden, obgleich die Rille **34** in axialer Richtung in Form einer D-Schnittfläche ausgebildet ist. Zudem ist die Anzahl der Kanäle nicht auf vier begrenzt. Die Rille **34** in axialer Richtung und die Rille **35** in radialer Richtung sind Kraftstoffkanäle zur Zuleitung von Kraftstoff von

der stromaufwärtigen Seite der Ventilkugel **6**, und der durch die Rillen **34** in axialer Richtung strömende Kraftstoff wird durch die Rillen **35** in radialer Richtung in Bezug auf die Achse außermittig eingeleitet. Daher wird der Kraftstoff verwirbelt und die Versprühung begünstigt, wenn der Kraftstoff durch die in der Düsenabdeckung **30** vorgesehene Kraftstoffeinspritzöffnung **32** eingespritzt wird.

[0066] Die Verwirbelungsintensität (Verwirbelungsanzahl S), die durch das Kraftstoffverwirbelungselement **26** aufgebracht wird, wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$S = (\text{Winkelmoment})/(\text{Moment in axialer Einspritzrichtung} \times \text{Radius der Kraftstoffeinspritzöffnung}) = 2 \cdot d_0 \cdot L_s / n \cdot d_s^2 \cdot \cos(\theta/2) \quad ...(1),$$

wobei
d_0 den Durchmesser der Kraftstoffeinspritzöffnung,
L_s die Exzentrizität der Rille,
n die Anzahl der Rillen,
θ den Winkel des Ventilsitzes und
ds den fluid-dynamischen Äquivalenzdurchmesser bezeichnen, der durch die folgende Gleichung unter Verwendung der Rillenbreite W und der Rillenhöhe H beschrieben wird:

$$d_s = s \cdot W \cdot H/(W + H) \quad ...(2).$$

[0067] Wenn die Anzahl der Verwirbelungen groß ist, wird die Versprühung begünstigt und der Kraftstoffspray wird dispergiert. Im praktischen Betrieb liegt die Anzahl der Verwirbelungen vorzugsweise bei 1,2 bis 7,0 und stärker bevorzugt bei 1,2 bis 3,2.

[0068] Da das elektromagnetische Kraftstoffeinspritzventil bei der vorliegenden Erfindung in die Brennkammer hineinragt, kann es nicht vermieden werden, dass Ablagerungen und Ruß sich an dem Auslassabschnitt der Kraftstoffeinspritzöffnung **8** ablagern. Daher wird die Messung der Strömungsrate des eingespritzten Kraftstoffs bei der vorliegenden Erfindung unter Verwendung des Ventilabschnitts anstelle der Kraftstoffeinspritzöffnung wie beim Stand der Technik vorgenommen. Das heißt, wenn der Kugeldurchmesser auf der Ebene der Tangentenlinie der Ventilkugel **6** und der Sitzfläche **9**, die den Kraftstoffkanal schließt, mit D, der Sinus des Abstands zwischen der Hohlkugel **6** und der Sitzfläche **9** wenn der bewegbare Abschnitt **4a** aus dem geschlossenen Zustand um 1 (eins) angehoben wird mit h, und der Durchmesser an einem Punkt, der die senkrechte Linie mit der Sitzfläche **9** zu diesem Zeitpunkt schneidet, mit D_1 bezeichnet werden, kann die Durchflussöffnungsfläche SV für den in dem Abschnitt des Kugelventils **6** gebildeten Kraftstoff wie folgt berechnet werden:

$$SV = (\pi/2)(D_1 + D)\{(D_1 - D)^2/4 + h2\}^{1/2} \quad ...(3),$$

[0069] Die Durchflussfläche SO der Kraftstoffeinspritzöffnung **8** kann wie folgt beschrieben werden:

$$SO = \pi \cdot d_0^2/4 \quad ... 4).$$

[0070] Daher kann die Strömungsrate an dem Kugelabschnitt gemessen werden, wenn SO > SV ist. Auf diese Weise kann selbst dann, wenn sich Ablagerungen und Ruß auf einem Auslassabschnitt der Kraftstoffeinspritzöffnung anhaften und auf diese Weise den Strömungswiderstand in der Kraftstoffeinspritzöffnung **8** vergrößern, eine Menge der für den Motor erforderlichen Kraftstoffs eingespritzt werden, da der Kraftstoff an einem Kugelventilabschnitt gemessen wird, wo kein Einfluss von Ablagerungen und Ruß auftritt. Vorzugsweise beträgt die axiale Länge des engsten Abschnitts der Kraftstoffeinspritzöffnung **8** zwischen 0,1 und 0,4 mm. Auf diese Weise ist es möglich, in effektiver Weise die dem Kraftstoff zugefügten Verwirbelungen auszunutzen.

[0071] Der Betrieb eines wie oben beschrieben aufgebauten elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils wird im Folgenden beschrieben. Der Ventilsitz **9** des elektromagnetischen Kraftstoffeinspritzventils **1** wird durch Betrieb des beweglichen Abschnitts **4a** entsprechend einem elektrischen AN-/AUS-Signal an die elektromagnetische Spule **14** geöffnet und geschlossen. Auf diese Weise wird die Kraftstoffeinspritzung gesteuert. Wenn ein elektrisches Signal in die Spule **14** geleitet wird, wird durch den Kern **2** ein magnetischer Schaltkreis durch den Kern **2**, das Joch **3** und die Tauchspule **4** gebildet, und die Tauchspule **4** wird hin zu der Seite des Kerns **2** angezogen. Indem die Tauchspule **4** bewegt wird, wird das mit der Tauchspule **4** integral ausgebildete Kugelventil an der Sitzfläche **9** des Ventilsitzes des Düsenteils **7** abgehoben, sodass sich die Kraftstoffeinspritzöffnung **8** öffnet. Kraftstoff wird unter Druck gesetzt und durch die Kraftstoffpumpe (nicht gezeigt) und den Regler zur Einstellung des Kraftstoffdrucks unter Druck gesetzt und eingestellt und strömt durch das Filter **28** nach innen in das elektromagnetische Kraftstoffeinspritzventil **1** und nacheinander durch den unteren Kanal des Spulenaufbaus **16**, den äußeren Umfangsabschnitt der Tauchspule **4**, den Spalt zwischen dem Stoppelement **21** und der Stange **5**, und durch die Rillen **34** in axialer Richtung und die Rillen **35** in radialer Richtung des Kraftstoffverwirbelungselements **26** und wird dem Sitzabschnitt in Form einer Verwirbelungsströmung zugeführt. Nachfolgend wird der Kraftstoff durch die Kraftstoffeinspritzöffnung **32** der Brennkammer des Motors zugeführt, wenn das Ventil geöffnet ist.

[0072] Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel übersteigt die Temperatur der Ablagerungen die Verdampfungstemperatur der Selbstreinigungstemperatur, da die Verbrennungswärme des Motors die Düsenabdeckung **30**, die aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit hergestellt ist, und die Temperatur der gesamten Düsenabdeckung **30** auf nahezu 550 °C erhitzt. Aus diesem Grund kann die Anhaftung und

Ansammlung von Ablagerungen und Ruß unterdrückt werden. Auf diese Weise werden zeitabhängige Änderungen der Kraftstoffeinspritzung mittels der in dem mittleren Abschnitt der Düsenabdeckung **30** vorgesehenen Kraftstoffeinspritzöffnung **32** weitgehend vermieden und es kann eine stabile Kraftstoffeinspritzung erzielt werden. Außerdem kann durch Verwendung der kegelförmigen Öffnung **33**, deren Durchmesser sich von der Kraftstoffeinspritzöffnung **32** hin zur Auslassseite kontinuierlich vergrößert, sowie durch die Form der oberen Endfläche **33a**, die geringfügig von der Endfläche **30a** der Düsenabdeckung **30** absteht, die Wärmeaufnahmefläche vergrößert werden.

[0073] **Fig.** 8 ist eine Darstellung eines vertikalen Querschnitts, die ein weiteres Ausführungsbeispiel eines oberen Endabschnitts einer erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Direkt-Einspritzung in den Zylinder zeigt. Ein Unterschied des Ausführungsbeispiels von dem ersten Ausführungsbeispiel, das oben beschrieben wurde, besteht in den Lücken **41**, **42**, die zwischen dem Düsenteil **7** und der Düsenabdeckung **40** vorgesehen sind. Die von der Düsenabdeckung **40** zu dem Düsenteil hin übertragene Wärme wird durch die Lücken **41**, **42** verringert. Aufgrund dessen kann die Temperatur der Düsenabdeckung **40** in einfacher Weise erhöht werden, bis hin zu einer Selbstreinigungstemperatur der Ablagerungen, und dementsprechend ist es möglich, zu verhindern, dass sich Ablagerungen an der Kraftstoffeinspritzöffnung, die im mittleren Abschnitt der Düsenabdeckung **40** vorgesehen ist, ansammeln und anhaften. Außerdem kann wie bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel die Wärmeaufnahmefläche vergrößert werden, indem der Durchmesser der kegelförmigen Öffnung **44** sich ausgehend von der Kraftstoffeinspritzöffnung **43** hin zur Auslassseite kontinuierlich vergrößert und indem die Form der oberen Endfläche **44a** leicht von der Endfläche **40a** der Düsenabdeckung **40** absteht. Außerdem kann bei diesem Ausführungsbeispiel die thermische Deformation der Teile durch die Lücken absorbiert werden, und daher ist es möglich, ein hochzuverlässiges elektromagnetisches Kraftstoffeinspritzventil zu schaffen, das in der Lage ist, die Anhaftung von Ablagerungen und Ruß mittels eines einfachen Aufbaus zu verhindern.

[0074] **Fig.** 9 ist eine Darstellung in vertikalem Querschnitt, die ein modifiziertes Ausführungsbeispiel des oberen Endabschnitts einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung der **Fig.** 8 zeigt. Bei diesem modifizierten Ausführungsbeispiel ist dem Ausführungsbeispiel, das in **Fig.** 8 gezeigt ist, ein Mittel zur Vergrößerung der Wärmeaufnahmefläche hinzugefügt. Das heißt, die Endfläche der Düsenabdeckung **50** auf der Seite der Brennkammer ist in Form einer gezahnten unebenen Fläche **53** ausgebildet. Da bei diesem Ausführungsbeispiel ebenfalls Lücken **51**, **52** zwischen dem Düsenteil **7** und der Düsenabdeckung **50** vorgesehen sind, wie bei dem in **Fig.** 8 gezeigten Ausführungsbeispiel, kann der gleiche Effekt wie bei dem in **Fig.** 8 gezeigten Ausführungsbeispiel erzielt werden.

[0075] Bezüglich möglicher Verfahren und Mittel zur Aufnahme von Hitze, die von dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel und dem davon abweichenden Ausführungsbeispiel, das oben beschrieben wurde, abweichen, sind beispielsweise ein Verfahren zur Abscheidung metallischer Partikel mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit auf der Oberfläche der Düsenabdeckung aus der Dampfphase und ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung zur Aufrauung der Oberfläche der Düsenabdeckung und ein Verfahren zur Beschichtung der Oberfläche der Düsenabdeckung mit einem katalytischen Material, das eine oxidierende Wirkung zeigt, möglich.

[0076] **Fig.** 10 ist eine Darstellung eines vertikalen Querschnitts, die ein weiteres Ausführungsbeispiel des oberen Endabschnitts einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, die dazu geeignet ist, Kraftstoff direkt in den Zylinder einzuspritzen. Ein Unterschied dieses Ausführungsbeispiels zu den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen besteht darin, dass eine Lufteinlassleitung **61** zwischen der Düseneinspritzöffnung und der Düsenabdeckung **60** vorgesehen ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Kraftstoffeinspritzöffnung **62** kontinuierlich auf der stromabwärtigen Seite des Ventilsitzes des Düsenteils **7** gebildet, und eine kegelförmige Öffnung **63**, deren innerer Durchmesser sich hin zur Auslassseite vergrößert, schließt sich kontinuierlich an die Kraftstoffeinspritzöffnung **62** an. Die Düsenabdeckung **60** hat einen Lufteinlasskanal **61** zur Leitung von Luft von der äußeren Umgebung hin zur Innenseite, um zu ermöglichen, dass die durch den Lufteinlasskanal **61** strömende Luft von der Einspritzöffnung **64** in die Brennkammer strömt. Wenn die Einlassluft in die Brennkammer strömt, bläst die Einlassluft über die in der Umgebung der stromabwärts der kegelförmigen Öffnung **63** vorgesehenen Endfläche hinweg. Auf diese Weise ist es möglich zu verhindern, dass sich Ablagerungen in der Umgebung der Kraftstoffeinspritzöffnung ansammeln und ablagern. Diese Wirkung wird zusätzlich durch die Verwendung einer Düsenabdeckung **60** erhöht, die aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit hergestellt ist oder die eine optimierten Wärmeaufnahmewirkung aufweist, wie bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Direkt-Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer (**96**) einer Brennkraftmaschine (**70**) mit

– einem Ventilteil (**5**, **6**) zum Öffnen und Schließen der Kraftstoffleitung,

– einem Düsenteil (**7**) mit einem Ventilsitzabschnitt (**9**) und einer stromabwärts angeordneten Kraftstoffdurchflussöffnung (**8**) in seinem oberen Abschnitt,

– einem Drallteil (**26**), das in dem Düsenteil (**7**) stromaufwärts des Öffnungs- und Schließabschnitts (**6**) des Ventilteils (**5**, **6**) angeordnet ist, und
– einer Düsenabdeckung (**30**; **40**; **50**; **60**), die an dem oberen Ende des Düsenteils (**7**) befestigt ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
– ein Mittel zur Verhinderung von Wärmekonvektionen (**29**; **41**, **42**; **51**, **52**; **61**) zwischen der Düsenabdeckung (**30**; **40**; **50**; **60**) und dem oberen Abschnitt des Düsenteils (**7**) vorgesehen ist, und
– die Düsenabdeckung (**30**; **40**; **50**; **60**) die Fläche um die Kraftstoffdurchflussöffnung (**8**) des Düsenteils (**7**) abdeckt, und eine Einspritzöffnung (**32**; **43**; **62**) aufweist, die mit der Kraftstoffdurchflussöffnung (**8**) des Düsenteils (**7**) kommuniziert, und hergestellt ist oder eine äußere Schicht aufweist aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, sodass während des Betriebs der Brennkraftmaschine (**70**) die Düsenabdeckung (**30**; **40**; **50**; **60**) durch Aufnahme von Verbrennungswärme bis auf durch Aufnahme von Verbrennungswärme bis auf eine Selbstreinigungstemperatur aufgeheizt wird.

2. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckung (**30**; **40**; **50**; **60**) aus Messing oder einer Aluminiumlegierung hergestellt ist.

3. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Endfläche (**53**) der Düsenabdeckung (**50**) als gezahnte unebene Fläche ausgebildet ist.

4. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenabdeckung (**30**; **40**; **50**; **60**) eine Beschichtung eines katalytischen Materials aufweist, das oxydierende Wirkung aufweist.

5. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine konisch zulaufende Öffnung (**33**; **44**; **63**), die sich aus der Kraftstoffeinspritzöffnung (**32**; **43**; **62**) fortsetzt, in der Düsenabdeckung (**30**; **40**) vorgesehen ist, deren Durchmesser sich zur der Ausgangsseite hin vergrößert.

6. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Form der oberen Endfläche (**33a**, **44a**) leicht absteht von der Endfläche (**30a**; **40a**) der Düsenabdeckung (**30**; **40**).

7. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrische Düsenabdeckung (**30**) durch einen Isolator (**29**) aus einem vergleichsweise dünnen Material mit einer geringen thermischen Leitfähigkeit an dem Düsenteil (**7**) befestigt ist, wobei der Isolator (**29**) aus rostfreiem Stahl oder einer Nickellegierung bestehen kann und mit einer kommunizierenden Öffnung (**31**) in seinem mittleren Abschnitt versehen ist.

8. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Lücken (**41**, **42**; **1**) zwischen dem Düsenteil (**7**) und der Düsenabdeckung (**40**; **60**) vorgesehen sind.

9. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lufteinlassleitung (**61**) in der Düsenabdeckung (**60**) vorgesehen ist, um die Luft von der äußeren Umgebung durch die Einspritzöffnung (**64**) in die Brennkammer zu leiten zum Sauberblasen der konisch zulaufenden Öffnung (**63**), die den Endabschnitt der Einspritzöffnung (**62**) bildet.

10. Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf (**89**) zum Abdecken der Zylinder (**94**) der ein Ansaugrohr (**88**), ein Abgasrohr, Einlassventile (**90**), Auslassventile (**92**) und eine Zündkerze (**91**) für jeden Zylinder aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (**76**) gemäß einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 9 in dem Zylinderkopf neben dem Ansaugrohr (**88**) vorgesehen ist, sodass die Richtung des eingespritzten Kraftstoffs leicht nach unten in die Brennkammer (**96**) gerichtet ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

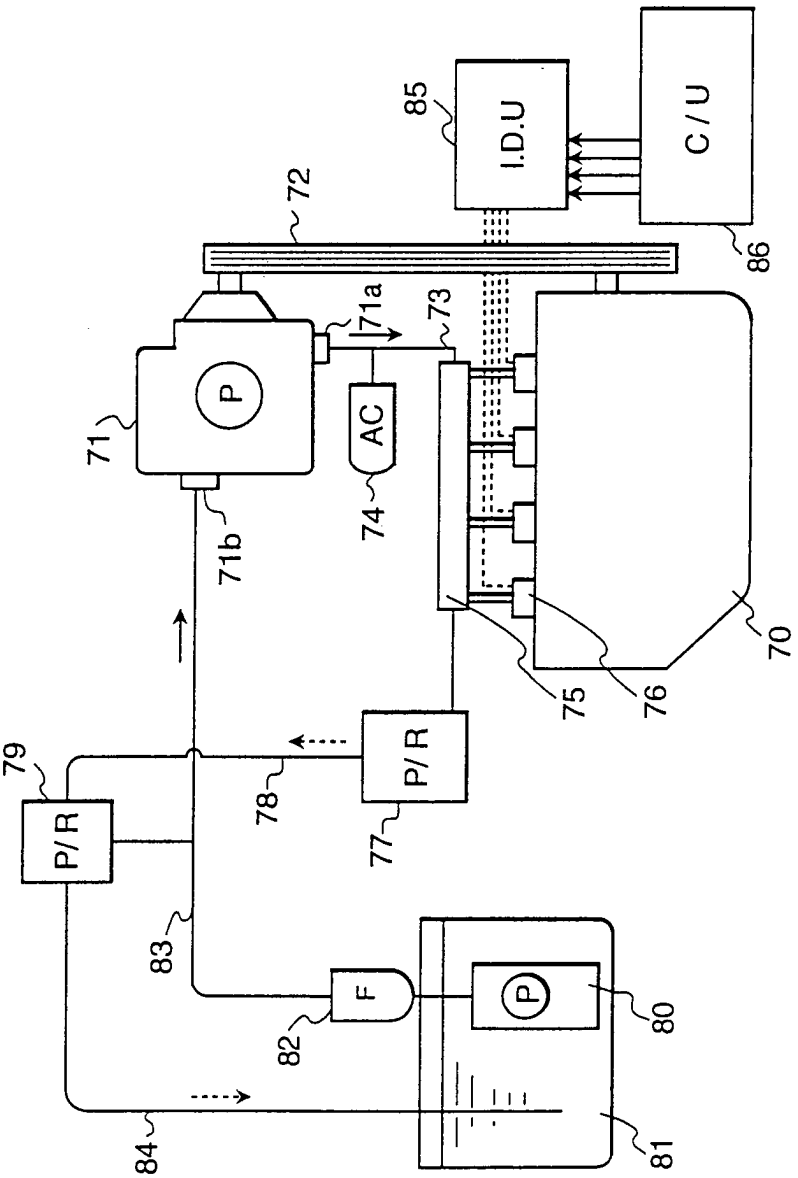

FIG.2

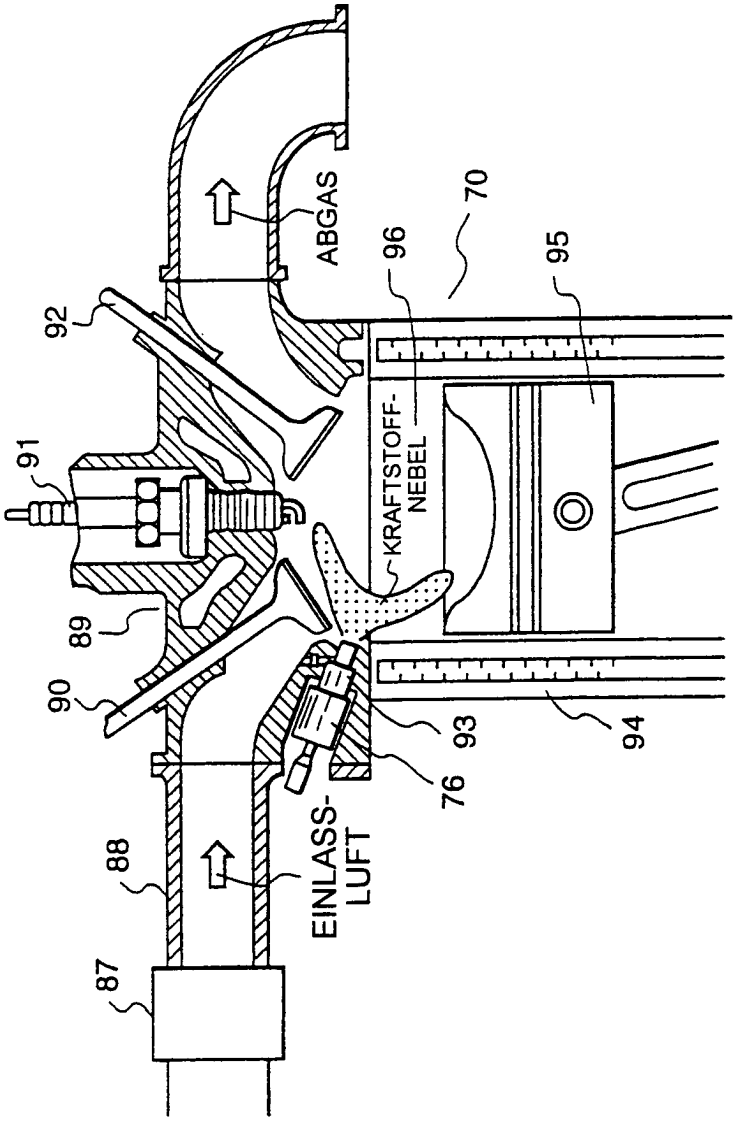
ABGAS
70
96
95
92
91
KRAFTSTOFF-
NEBEL
89
90
93
94
76
88
EINLASS-
LUFT
87

FIG.3

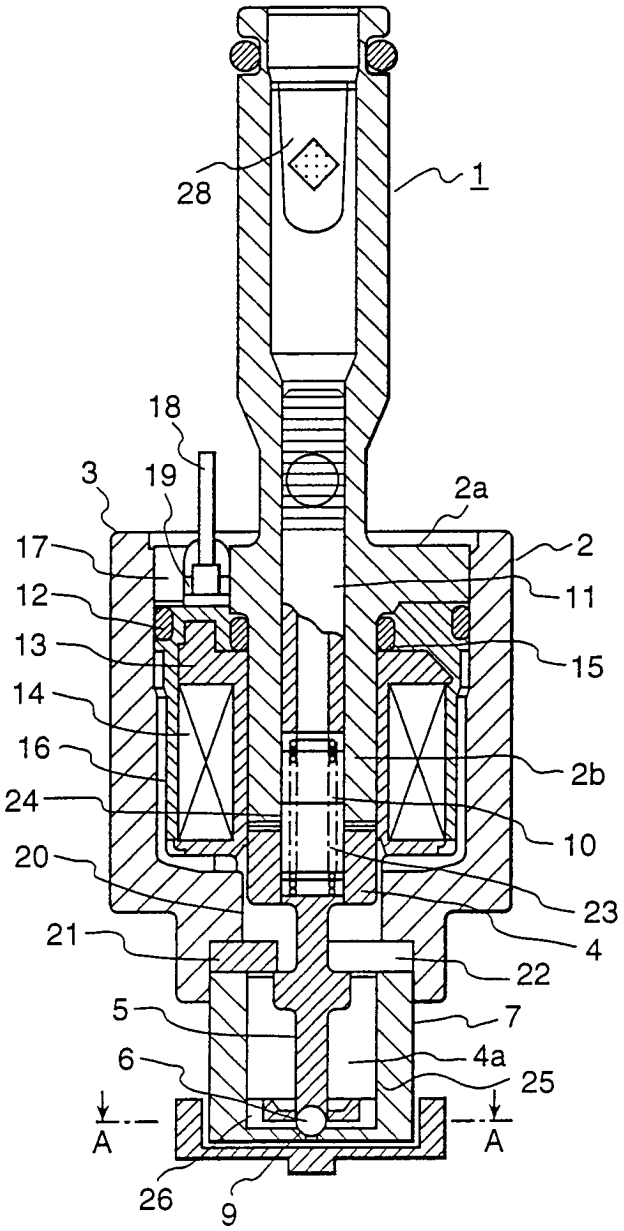
28
1
18
3
19
2a
17
2
12
11
13
15
14
16
2b
24
10
20
23
21
4
22
5
7
6
4a
25
A
A
26
9

FIG.4

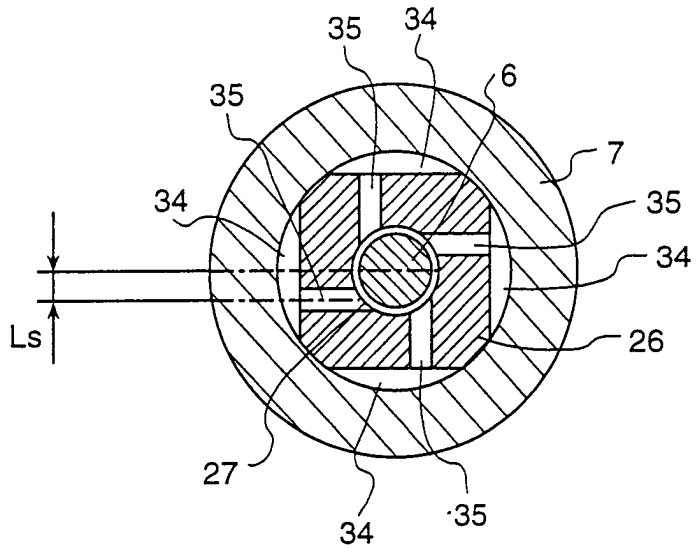

FIG.5

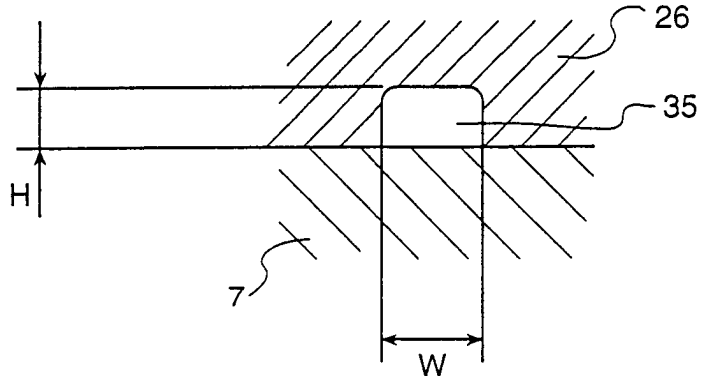

FIG.6

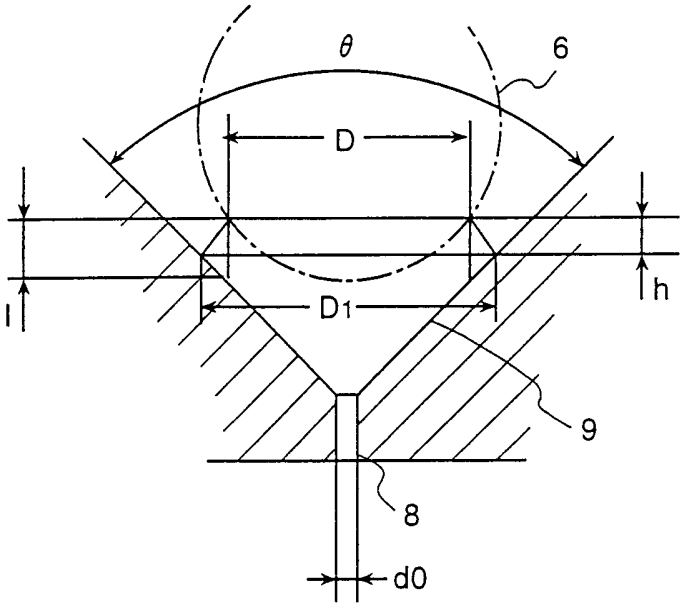

FIG.7

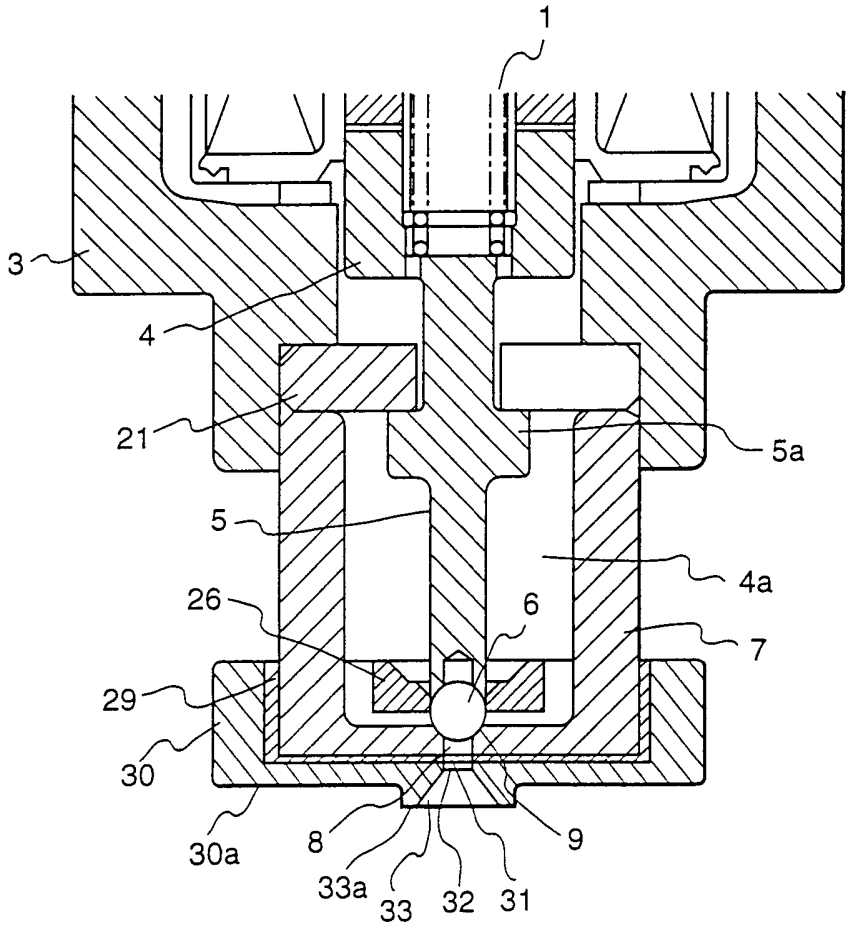

FIG.8

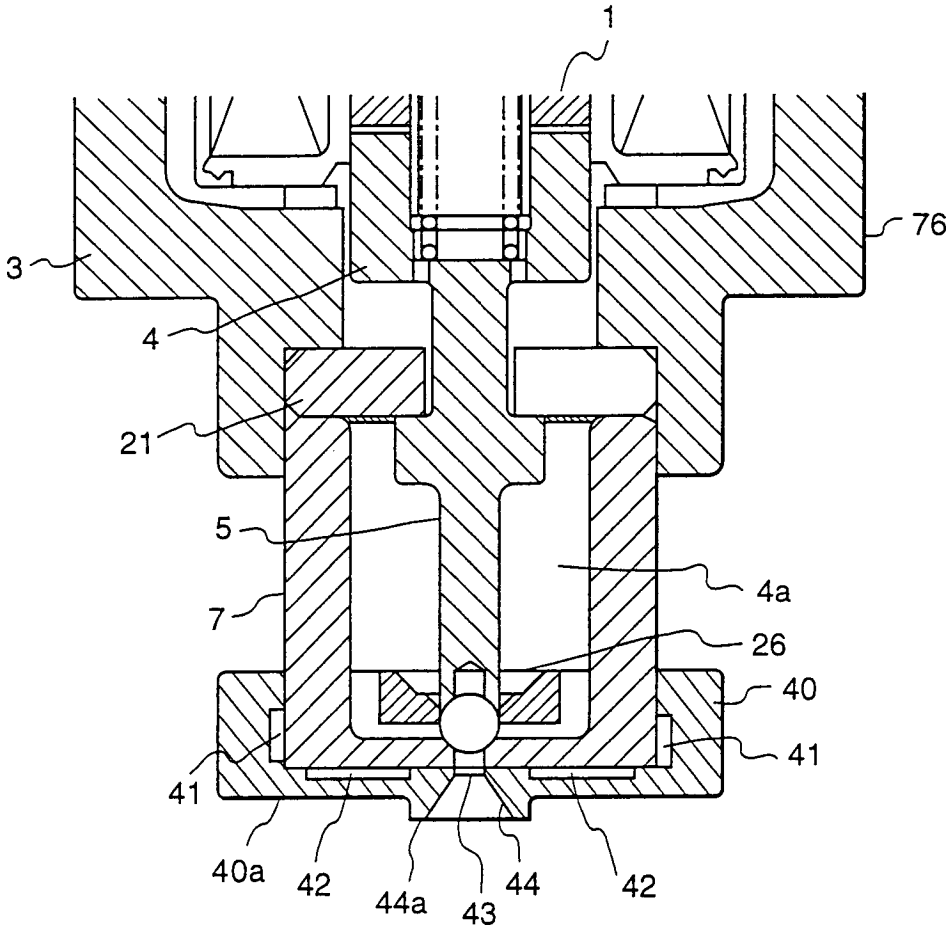

FIG.9

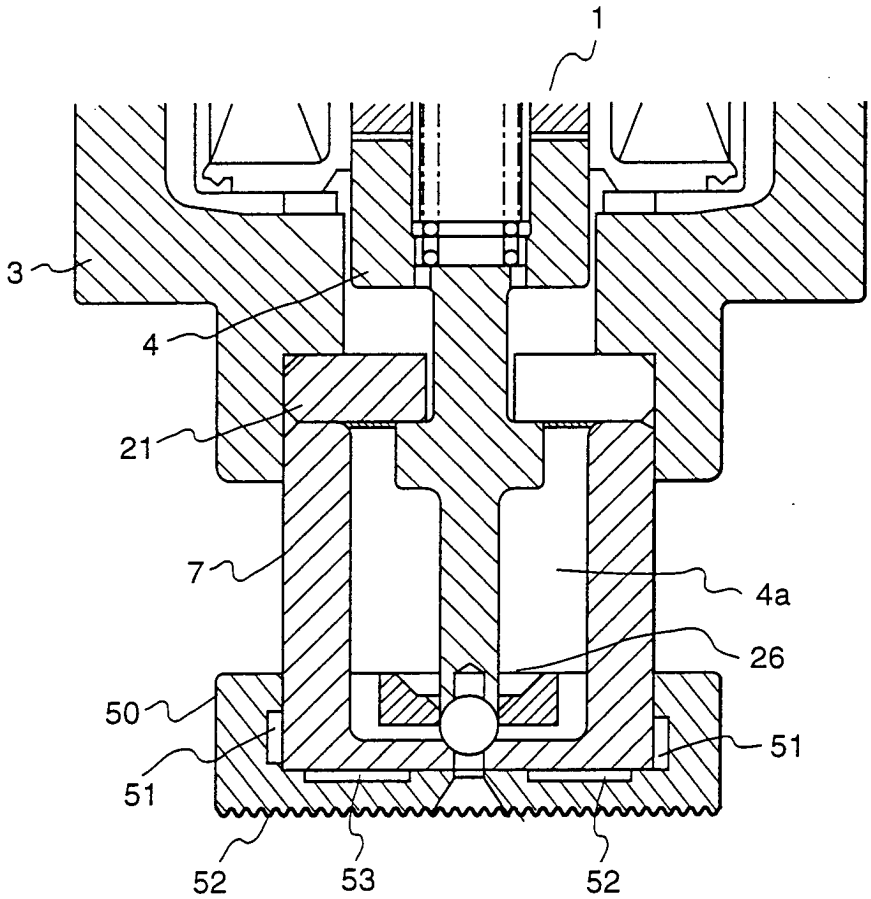

FIG.10

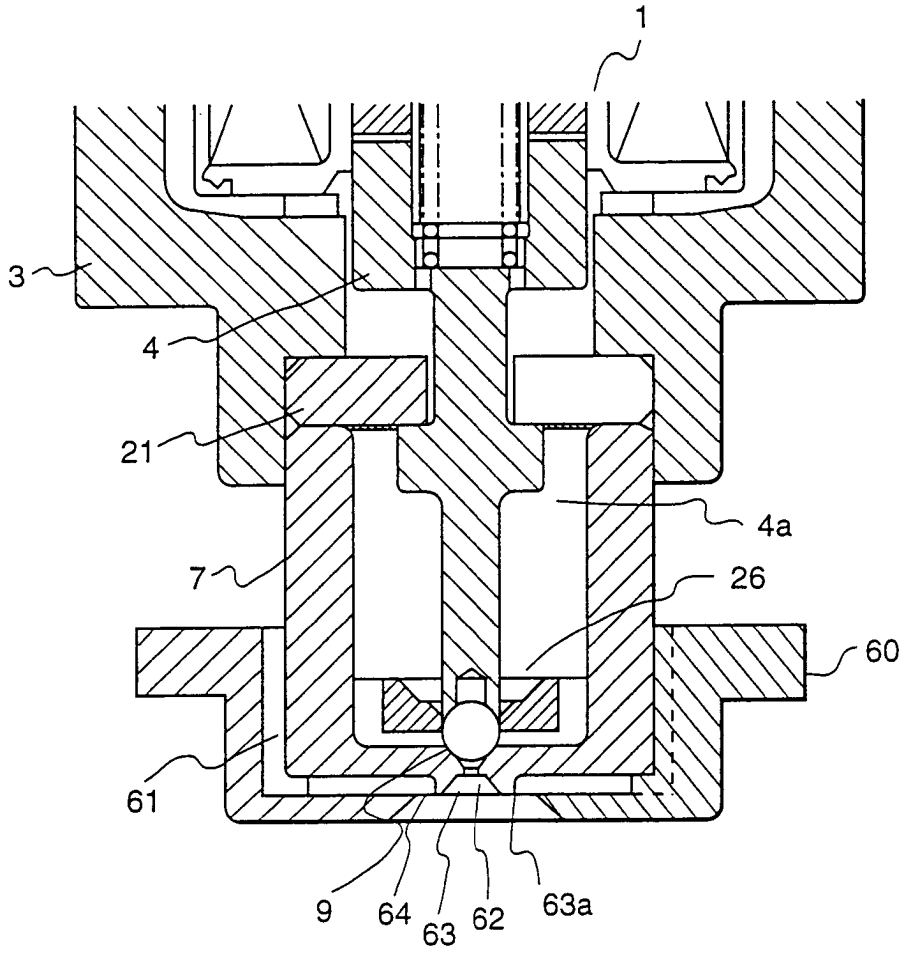

FIG.11

