



(10) **DE 11 2014 003 551 T5** 2016.05.12

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/015797**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 003 551.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2014/003967**
(86) PCT-Anmeldetag: **29.07.2014**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.02.2015**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **12.05.2016**

(51) Int Cl.: **F02M 61/18** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2013-161594 **02.08.2013** **JP**

(71) Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

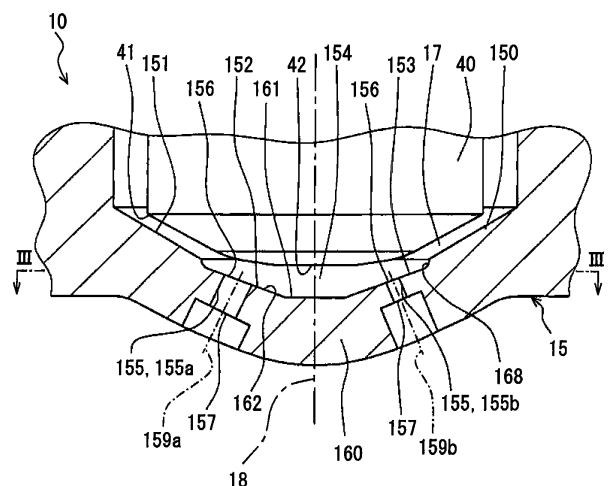
(74) Vertreter:
**KUHNEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising, DE**

(72) Erfinder:
Kaneta, Hiroki, Kariya-city, Aichi-pref., JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffinjektor**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Kraftstoffinjektor (10) sind ein erstes Injektionsloch (155a) und ein zweites Injektionsloch (155b), die zueinander unterschiedliche Referenzinnendurchmesser (Dn1, Dn2) aufweisen, als eine Mehrzahl von Injektionslöchern (155) ausgebildet. Bei einer derartigen Konfiguration stimmt ein L/D-Wert, der durch Teilen der Strömungskanallänge (Ln1) des ersten Injektionslochs (155a) durch den Referenzinnendurchmesser (Dn1) des ersten Injektionslochs (155a) erzielt bzw. gebildet wird, mit einem L/D-Wert überein, der durch ein Teilen der Strömungskanallänge (Ln2) des zweiten Injektionslochs (155b) durch den Referenzinnendurchmesser (Dn2) des zweiten Injektionslochs (155b) erzielt bzw. gebildet wird.



Beschreibung

Dokumente des Standes der Technik

Querverweis auf verwandte Anmeldung

Patentschriften

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung 2016-161594, eingereicht am 2. August 2013, deren Offenbarung durch Bezugnahme hier mit aufgenommen ist.

[0006]

Patentschrift 1: JP 5,033,735

Patentschrift 2: JP-2008-202483 A

Technisches Gebiet

Kurzfassung der Erfindung

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft einen Kraftstoffinjektor (Kraftstoffeinspritzvorrichtung), die Kraftstoff in Richtung des Inneren einer Brennkammer einer internen Verbrennungsmaschine einspritzt bzw. injiziert.

[0007] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Offenbarung enthält eine Mehrzahl an Injektionslöchern, die in einem Kraftstoffinjektor ausgebildet sind, ein erstes Injektionsloch und ein zweites Injektionsloch, deren Referenzinnendurchmesser zueinander unterschiedlich ist. Ein Wert, der Aufteilen der Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des ersten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird, wird einem Wert angeglichen, der durch das Aufteilen der Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des zweiten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird.

Technischer Hintergrund

[0003] Bei dem Kraftstoffinjektor, der in den Patentschriften 1 und 2 (JP 5,033,735 und JP-2008-202483 A) offenbart ist, sind eine Mehrzahl an Einspritzöffnungen ausgebildet, welche Kraftstoff in Richtung des Inneren der Verbrennungskammer einspritzen. Bei dem Kraftstoffinjektor in der Patentschrift 2 ist insbesondere der Innendurchmesser einer der Einspritzöffnungen unterschiedlich zu dem Innendurchmesser einer der anderen Einspritzöffnungen. Gemäß dieser Konfiguration, bei welcher die Innendurchmesser der Einspritzöffnungen voneinander abweichen, lässt sich die Sprühform bzw. die Form des Einspritzstrahls, der von dem Kraftstoffinjektor eingespritzt bzw. injiziert wird, leicht passend zu der Form der Verbrennungskammer der internen Verbrennungsmaschine gestalten.

[0008] Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben herausgefunden, dass die Sprüheigenschaft des Sprühstrahls bei dem Kraftstoffinjektor von dem Verhältnis der Strömungskanallänge und des Referenzinnendurchmessers des Injektionslochs abhängt. Gemäß dem ersten Aspekt wird daher der Wert, der durch das Aufteilen der Strömungskanallänge durch den Referenzinnendurchmesser erzielt wird, für das erste Injektionsloch und das zweite Injektionsloch der gleiche sein. Daher können auch die Sprüheigenschaften des ersten Injektionslochs und des zweiten Injektionslochs möglicherweise sehr ähnlich zueinander sein, auch wenn die Referenzdurchmesser bei diesen Injektionslöchern voneinander abweichen. Der Kraftstoffinjektor kann daher die Partikeldurchmesserdispersion bezüglich des Sprühstrahls, der von jedem Injektionsloch eingespritzt wird, verringern, auch wenn die Sprühstrahlform ausgebildet wird, die für die Verbrennungskammer der Verbrennungsmaschine geeignet bzw. passend ist.

[0004] Wenn jedoch der Innendurchmesser einer Einspritzöffnung sich von dem Innendurchmesser der anderen Einspritzöffnung unterscheidet, wie dies bei dem Kraftstoffinjektor, der in der Patentschrift 2 offenbart ist, der Fall ist, kann die Sprüheigenschaft, die von jedem Injektionsloch eingespritzt wird, möglicherweise ebenso voneinander abweichen. Daher kann sich der Partikeldurchmesser des von jedem Injektionsloch eingespritzten Kraftstoffs von einem anderen Injektionsloch unterscheiden, oder der Verteilungsstil der Sprühung bzw. des Sprühstrahls, die bzw. der von jedem Einspritz- bzw. Injektionsloch eingespritzt wird, kann von Loch zu Loch unterschiedlich sein.

[0009] Ebenso haben die Erfinder der vorliegenden Anmeldung herausgefunden, dass es eine Beziehung zwischen der Änderungsrate des Sprühstrahls, der von dem Injektionsloch eingespritzt wird, und dem Wert, der durch das Aufteilen der Strömungskanallänge durch den Referenzinnendurchmesser erzielt wird, gibt. Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Offenbarung weisen das erste Injektionsloch und das zweite Injektionsloch eine röhrenförmige Lochform auf, die sich unter Beibehaltung des jeweiligen Referenzinnendurchmessers erstreckt, und sowohl der Wert, der durch das Aufteilen der Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des ersten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird, als auch der Wert,

[0005] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, einen Kraftstoffinjektor bereitzustellen, der die Sprüheigenschaften der einspritzenden Einspritz- bzw. Injektionslöcher möglichst einander annähert, auch für den Fall, dass der Innendurchmesser der Einspritz- bzw. Injektionslöcher, die in dem Kraftstoffinjektor ausgebildet sind, zueinander unterschiedlich sind.

der durch das Aufteilen der Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des zweiten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird, betragen 1,45 oder mehr.

[0010] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Offenbarung weist das erste Injektionsloch und das zweite Injektionsloch eine konische Lochform auf, deren Durchmesser sich ausgehend von der kraftstoffaufwärtsströmenden Seite in Richtung der kraftstoffabwärtsströmenden Seite von jedem Referenzinnendurchmesser erweitert, und sowohl der Wert, der durch das aufteilen der Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des ersten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird, und der Wert, der durch das Aufteilen der Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des zweiten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird, beträgt 2,0 oder mehr.

[0011] Wenn die Strömungskanallänge bezüglich des Referenzinnendurchmessers sichergestellt worden ist, tritt ein Vergleichmäßigungsvorgang in dem Kraftstoff, der innerhalb des Injektionslochs strömt, auf. Daher ist die Sprühung bzw. der Sprühstrahl, der von dem Injektionsloch injiziert wird, stabil in der Mittellinienrichtung des Injektionslochs ausgebildet. Durch Sicherstellen, dass der zuvor beschriebene vorbestimmte Wert von dem Wert, der durch das Teilen der Strömungskanallänge durch den Referenzinnendurchmesser erzielt bzw. gebildet wird, eingehalten oder überschritten wird, kann die Veränderungsrate der Sprühung, die von diesen Injektionslöchern injiziert wird, einen Wert annehmen, die aneinander angenähert und stabil sind, auch wenn die Referenzinnendurchmesser des ersten Injektionslochs und des zweiten Injektionslochs voneinander abweichen. Daher kann der Kraftstoffinjektor die Sprühform, die für die Verbrennungskammer der Verbrennungsmaschine geeignet bzw. passend ist, stabil ausbilden.

[0012] Die vorliegenden Erfinder haben ebenso herausgefunden, dass es eine Korrelation zwischen der Länge der Sprühung (im Folgenden als „Sprühlänge“ bezeichnet), die von dem Injektionsloch injiziert wird, dessen Innendurchmesser beibehalten wurde, und dem Wert gibt, der durch das Teilen der Strömungskanallänge durch den Referenzinnendurchmesser erzielt bzw. gebildet wird. Daher werden gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Offenbarung sowohl der Wert, der durch das Teilen der Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des ersten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird, als auch des Werts, der durch das Teilen der Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des zweiten Injektionslochs erzielt bzw. gebildet wird, auf 1,85 oder weniger eingestellt.

[0013] Durch Festlegen der oberen Grenze der Strömungskanallänge bezüglich des Referenzinnendurchmessers, kann der Fall, bei dem der innerhalb des Injektionslochs strömende Kraftstoff übertrieben vergleichmäßigt ist, vermieden werden. Durch Einstellen der oberen Grenze des Werts, der durch das Teilen der Strömungskanallänge durch den Referenzinnendurchmesser erzielt wird, kann, auch wenn die Referenzinnendurchmesser des ersten Injektionslochs und des zweiten Injektionslochs voneinander abweichen, die Sprühlänge des Kraftstoffs, der von diesen Injektionslöchern injiziert wird, sowohl für das erste Injektionsloch als auch für das zweite Injektionsloch unterdrückt werden. Daher kann der Kraftstoffinjektor die Sprühform besser abgestimmt auf die Verbrennungskammer der internen Verbrennungsmaschine ausbilden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0014] Die voranstehende Aufgabe, sowie andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung besser ersichtlich. Es zeigt:

[0015] Fig. 1 eine Querschnittsansicht, die einen Kraftstoffinjektor gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt,

[0016] Fig. 2 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung eines Sackabschnitts vergrößert ist.

[0017] Fig. 3 eine Querschnittsansicht, die entlang der Linie III-III der Fig. 2 verläuft.

[0018] Fig. 4 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung des ersten Injektionslochs weiter vergrößert ist.

[0019] Fig. 5 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung des zweiten Injektionslochs weiter vergrößert ist.

[0020] Fig. 6 eine Zeichnung, die die Veränderung der Sprüheigenschaft bzw. Sprühstrahleigenschaft darstellt, die mit der Vergrößerung/Verringerung des L/D-Werts in dem Injektionsloch, das eine zylindrische Lochform aufweist, einhergeht.

[0021] Fig. 7 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung eines Sackabschnitts der zweiten Ausführungsform vergrößert ist.

[0022] Fig. 8 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung des ersten Injektionslochs weiter vergrößert ist.

[0023] Fig. 9 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung des zweiten Injektionslochs weiter vergrößert ist.

[0024] Fig. 10 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung des ersten Injektionslochs einer dritten Ausführungsform vergrößert ist.

[0025] Fig. 11 eine Querschnittsansicht, bei welcher die Umgebung des zweiten Injektionslochs vergrößert ist.

[0026] Fig. 12 eine Zeichnung, die die Veränderung der Sprüheigenschaft bzw. Sprühstrahleigenschaft, die mit einem Erhöhen/Verringern des L/D-Werts einhergeht, bei dem Injektionsloch zeigt, das eine konische Lochform aufweist.

Ausführungsformen, die die Erfindung verwirklichen

[0027] Im Folgenden werden Ausführungsformen mit Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Durch Vergeben von gleichen Bezugszeichen zu entsprechenden Konfigurationselementen in jeder Ausführungsform, können wiederholte Erläuterungen vermieden werden.

[0028] Wenn des Weiteren lediglich ein Abschnitt der Konfiguration in jeder Ausführungsform erläutert wird, kann die zuvor erläuterte Konfiguration von anderen Ausführungsformen bezüglich eines anderen Abschnitts der fraglichen Konfiguration angewendet werden. Ebenso sind Konfigurationen von Ausführungsformen miteinander teilweise kombinierbar, auch wenn dies nicht explizit gezeigt ist, solange dies technisch möglich ist, und auch wenn nur manche Kombinationen von Konfigurationen explizit bei der Erläuterung einer Ausführungsform gezeigt ist. Des Weiteren ist auch eine Kombination von Konfigurationen durch die folgende Erläuterung offenbart, die nicht explizit in den Ausführungsformen und Modifikationen beschrieben sind.

(Erste Ausführungsform)

[0029] Ein Kraftstoffinjektor **10** gemäß einer ersten Ausführungsform, die in Fig. 1 gezeigt ist, ist beispielsweise in einer Benzinmaschine installiert und injiziert Kraftstoff in Richtung des Inneren einer Verbrennungskammer (nicht gezeigt), die in der Benzinmaschine angeordnet ist. Der Kraftstoffinjektor **10** kann von der Art sein, dass er Kraftstoff zu einer Einlasspassage bzw. einem Einlasskanal injiziert, der mit der Verbrennungskammer der Benzinmaschine in Verbindung steht, oder kann von der Art sein, dass Kraftstoff in die Verbrennungskammer einer Dieselmachine injiziert wird.

[0030] Der Kraftstoffinjektor **10** enthält einen Ventilkörper **11**, einen festen Kern **20**, einen beweglichen

Kern **30**, ein Ventiltail **40**, ein elastisches Teil **50** und eine Ansteuer- bzw. Antriebseinheit **60**.

[0031] Der Ventilkörper **11** ist unter anderem aus einem Kerngehäuse **12**, einem Einlassteil **13**, einem Düsenhalter **14**, einem Düsenkörper **15** ausgebildet. Das Kerngehäuse **12** ist in einer zylindrischen Form ausgebildet und enthält einen ersten magnetischen Abschnitt **12a**, einen nicht-magnetischen Abschnitt **12b** und einen zweiten magnetischen Abschnitt **12c**, die in dieser Reihenfolge von einer Endseite zu der anderen Endseite in axialer Richtung angeordnet sind. Die jeweiligen magnetische Abschnitte **12a**, **12c**, die aus einem magnetischen Material ausgebildet sind, und der nicht-magnetische Abschnitt **12b**, der aus einem nicht-magnetischen Material ausgebildet ist, werden miteinander durch Laserschweißen oder dergleichen verbunden. Der nicht-magnetische Abschnitt **12b** verhindert einen magnetischen Kurzschluss zwischen dem ersten magnetischen Abschnitt **12a** und dem zweiten magnetischen Abschnitt **12c**.

[0032] An dem einen Ende des ersten magnetischen Abschnitts **12a** ist das Einlassteil **13a**, das eine Zylinderform aufweist, fixiert. Das Einlassteil **13** bildet den Kraftstoffeinlass **13a**, durch welchen Kraftstoff von der Kraftstoffpumpe (nicht gezeigt) zugeführt wird. Ein Kraftstofffilter **16** ist an der inneren peripheren Seite des Einlassteils **13** fixiert, um die Zufuhr von Kraftstoff zu dem Kraftstoffeinlass **13a** zu filtern und um den zugeführten Kraftstoff in das Kerngehäuse **12a** der kraftstoffstromabwärtigen Seite einzulassen.

[0033] Der Düsenkörper **15** ist über den Düsenhalter **14**, der aus einem magnetischen Material mit zylindrischer Form ausgebildet ist, an einem Ende des ersten magnetischen Abschnitts **12a** fixiert. Der Düsenkörper **15** ist in einer Bodenzylinderform ausgebildet und bildet einen Kraftstoffkanal **17** auf der inneren peripheren Seite, zusammen mit dem Kerngehäuse **12** und dem Düsenhalter **14**. Wie in Fig. 2 gezeigt, enthält der Düsenkörper **15** eine Ventilsitzsektion bzw. einen Ventilsitzabschnitt **150** und eine Sacksektion bzw. einen Sackabschnitt **152**.

[0034] Der Ventilsitzabschnitt **150** bildet eine Ventilsitzoberfläche **151** durch die innere periphere Oberfläche einer konischen Oberflächenform, deren Durchmesser sich in Richtung der kraftstoffstromabwärtigen Seite sich mit einer konstanten Rate verringert. Der Sackabschnitt **152** ist auf der kraftstoffstromabwärtigen Seite des Ventilsitzabschnitts **150** ausgebildet. Der Sackabschnitt **152** bildet eine Vertiefung **153** aus, die sich in Richtung des Kraftstoffkanals **17** öffnet. Injektionslöcher **155**, die mit einer Sackkammer **154** verbunden sind, öffnen sich in Richtung der Innenoberfläche der Sackkammer **154**. Wie in den Fig. 2 und Fig. 3 gezeigt ist, sind die Mehrzahl an Injektionslöchern **155** derart angeord-

net, dass sie voneinander entlang einer Achse **18** des Düsenkörpers **15** beabstandet sind. Jeweilige Einlassseitenöffnungen **156** der jeweiligen Injektionslöcher **155** sind auf einem gleichen imaginären Kreis **19** um die Achse **18** herum angeordnet. Ebenso neigen sich die jeweiligen Injektionslöcher **155** in Richtung der äußeren peripheren Seite der Vertiefung **153** in Richtung der jeweiligen Auslassseitenöffnungen **157**.

[0035] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist der fixierte Kern **20** aus magnetischen Material in einer Zylinderform ausgebildet und an der inneren peripheren Oberfläche des nicht-magnetischen Abschnitts **12b** und des zweiten magnetischen Abschnitts **12c** außerhalb des Kerngehäuses koaxial fixiert. In dem fixierten Kern **20** ist ein Durchgangsloch **20a** angeordnet, welches den radial ausgerichteten Mittelteil davon in axialer Richtung durchdringt. Der Kraftstoff, der von dem Kraftstoffeinzug **13a** über den Kraftstofffilter **16** zu dem Durchgangsloch **20a** strömt, strömt innerhalb des Durchgangslochs **20a** in Richtung des beweglichen Kerns **30**.

[0036] Der bewegliche Kern **30** ist aus einem magnetischen Material in einer gestuften Zylinderform ausgebildet, koaxial an der inneren peripheren Seite des Kerngehäuses **12** angeordnet und liegt dem fixierten Kern **20** auf dessen kraftstoffstromaufwärtigen Seite in der axialen Richtung gegenüber. Der bewegliche Kern **30** ist zum Ausführen von präzisen Hin- und Herbewegungen zu beiden Seiten in der axialen Richtung durch die Führung der inneren peripheren Wand des nicht-magnetischen Abschnitts **12b** des Kerngehäuses **12** in der Lage. Bei dem beweglichen Kern **30** sind ein erstes Durchgangsloch **30a**, das seinen in Radialrichtung verlaufenden Mittelteil in der axialen Richtung durchdringt, und ein zweites Durchgangsloch **30b**, das den Mittelteil in der axialen Richtung in der radialen Richtung durchdringt und mit dem ersten Durchgangsloch **30a** verbunden ist, angeordnet. Der Kraftstoff, der aus dem Durchgangsloch **20a** des fixierten Kerns **20** herausströmt, strömt in das erste Durchgangsloch **30a** des beweglichen Kerns **30** und strömt von dem zweiten Durchgangsloch **30b** zu dem Kraftstoffkanal **17** des Inneren des Kerngehäuses **12**.

[0037] Das Ventilteil **40** ist aus nicht-magnetischem Material in einer Nadelform mit einem kreisförmigen Querschnitt ausgebildet. Die Elemente **12**, **14**, **15** des Körperteils **11** sind koaxial innerhalb des Kraftstoffkanals **17** angeordnet. Ein Ende des Ventilteils **40** ist koaxial mit der inneren peripheren Oberfläche des ersten Durchgangslochs **30a** des beweglichen Kerns **30** fixiert. Wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigt, bildet das andere Ende des Ventilkörpers **40** einen Stoß- bzw. Stirnabschnitt **41**, der den Innendurchmesser in Richtung der kraftstoffstromabwärtigen Seite verringert und der Stirnabschnitt **41** liegt der Ventilsitzoberfläche **151** angrenzend gegenüber. Das Ventilteil

40 ermöglicht es dem Stirnabschnitt **41** sich von der Ventilsitzoberfläche **151** mittels Verschiebung entlang der Achse **18** abzuheben bzw. aufzusitzen. Somit wird die Kraftstoffinjektion von den Injektionslöchern **155** fortgesetzt/unterbrochen. Genauer gesagt strömt der Kraftstoff zu dem Zeitpunkt eines Ventilöffnungsbetriebs, wenn der Ventilkörper **40** den Stirnabschnitt **41** von der Ventilsitzoberfläche **151** abheben lässt, von dem Kraftstoffkanal **17** zu der Sackkammer **154** und wird von den jeweiligen Injektionslöchern **155** in die Brennkammer injiziert. Andererseits wird die Kraftstoffinjektion von den jeweiligen Injektionslöchern **155** in die Verbrennungskammer zum Zeitpunkt des Ventilschließbetriebs, wenn das Ventilteil **40** den Stirnabschnitt **41** auf der Ventilsitzoberfläche **151** aufsitzen lässt, blockiert.

[0038] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist das elastische Teil **50** aus einer Kompressionsschraubenfeder aus Metall ausgebildet und koaxial auf der inneren peripheren Seite des Durchgangslochs **20a**, das in dem fixierten Kern **20** angeordnet ist, aufgenommen. Ein Ende des elastischen Teils **50** ist an einem axialen Ende eines Einstellrohrs **22** befestigt, das an der inneren peripheren Oberfläche des Durchgangslochs **20a** fixiert ist. Das andere Ende des elastischen Teils **50** ist an der Innenoberfläche des ersten Durchgangslochs **30a** des beweglichen Kerns **30** befestigt. Das elastische Teil **50** wird durch Komprimieren zwischen den Elementen **22**, **30**, die dieses sandwichartig umgeben, elastisch deformiert. Daher wird die Rückstellkraft, die durch die elastische Deformation des elastischen Teils **50** erzeugt wird, eine Erregungskraft, die dem beweglichen Kern **30** zusammen mit dem Ventilteil **40** in der kraftstoffstromabwärtigen Seite erregt bzw. vorspannt.

[0039] Die Ansteuereinheit **60** ist unter anderem aus einer Spule, einem Harz- bzw. Kunststoffwicklungskörper **62**, einem magnetischen Joch **63** und einem Verbinder **64** ausgebildet. Die Spule **61** wird durch Wickeln eines Metalldrahts um den Kunststoffwicklungskörper **62** ausgebildet und das magnetische Joch ist an dessen äußerer peripheren Seite angeordnet. Die Spule **61** ist durch den Kunststoffwicklungskörper **62** koaxial an der äußeren peripheren Oberfläche des nicht-magnetischen Abschnitts **12b** und des zweiten magnetischen Abschnitts **12c** fixiert, welche die äußere periphere Seite des fixierten Kerns **20** ist. Die Spule **61** ist mit der externen Steuerschaltung (nicht gezeigt) über einen Anschluss **64a**, der in dem Verbinder **64** angeordnet ist, elektrisch verbunden, und ist zur Steuerung der Erregung durch die Steuerschaltung konfiguriert.

[0040] Wenn die Spule **61** durch Erregung magnetisiert wird, strömen magnetische Flösse in einem magnetischen Kreis, der aus dem magnetischen Joch **63**, dem Düsenhalter **14**, dem ersten magnetischen Abschnitt **12a**, dem beweglichen Kern **30**, dem fi-

xierten Kern **20**, und dem zweiten magnetischen Abschnitt **12c** gemeinsam ausgebildet wird. Im Ergebnis wird eine magnetische Anziehungskraft zwischen dem beweglichen Kern **30** und dem fixierten Kern **20** erzeugt, die den beweglichen Kern **30** in Richtung des fixierten Kerns der kraftstoffstromaufwärtigen Seite zieht. Wenn andererseits die Spule durch Beenden der Erregung entmagnetisiert wird, fließt kein magnetischer Fluss in dem zuvor beschriebenen magnetischen Kreis, und es bildet sich keine magnetische Anziehungskraft zwischen dem beweglichen Kern **30** und dem fixierten Kern **20**.

[0041] Bei dem Ventilöffnungsbetrieb des Kraftstoffinjektors **10** wird die magnetische Anziehungskraft durch den Beginn der Erregung bzw. durch Zuführen des Erregerstroms zu der Spule **61** auf den beweglichen Kern **30** ausgeübt. Somit bewegt sich der bewegliche Kern **30** zu der Seite des fixierten Kerns **20** zusammen mit dem Ventiltteil **40** gegen die Rückstellkraft des elastischen Teils **50**, und stößt schließlich an den fixierten Kern **20**, wodurch die Bewegung endet. Im Ergebnis wird Kraftstoff von den jeweiligen Injektionslöchern **155** injiziert, da der Stirnabschnitt **41** sich im abgehobenen Zustand von der Ventilsitzoberfläche **151** befindet.

[0042] Bei dem Ventilschließbetrieb des Kraftstoffinjektors **10**, nach dem Ventilöffnungsbetrieb, wird die magnetische Anziehungskraft, die auf den beweglichen Kern **30** ausgeübt wird, durch das Beenden der Erregung der Spule **61** aufgehoben. Der bewegliche Kern **30** bewegt sich zusammen mit dem Ventiltteil **40** durch die Rückstellkraft des elastischen Teils **50** zu der Erregungsseite, und lässt das Ventiltteil **40** auf die Ventilsitzoberfläche **151** aufsitzen und stoppen. Im Ergebnis befindet sich der Stirnabschnitt **41** im Zustand des Aufsitzens auf der Ventilsitzoberfläche **151**, und die Kraftstoffeinspritzung von den jeweiligen Injektionslöchern **155** endet.

[0043] Als nächstes wird die Konfiguration in der Umgebung der Vertiefung **153**, die in den **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt ist, detaillierter erläutert. Dabei ist eine Bodenwand **160** der Vertiefung **153** derart ausgebildet, dass es dem Ventiltteil **40** mit einem Abstand gegenüberliegt, wobei das Ventiltteil **40** den Stirnabschnitt **41** auf der Ventilsitzoberfläche **151** aufsitzen lässt. Die Sackkammer **154**, die mit den jeweiligen Injektionslöchern **155** verbunden ist, wird zwischen einer distalen Endoberfläche **42** des Ventiltteils **40** und der Bodenwand **160** zu einem Zeitpunkt ausgebildet, bei dem der Stirnabschnitt **41** auf der Ventilsitzoberfläche **151** aufsitzt. Das Volumen der Sackkammer **154** wird derart festgelegt, dass sich in Kraftstoff befindliche Fremtteile nicht zwischen dem Ventiltteil **40** und der Ventilsitzoberfläche **151** festsetzen können.

[0044] An der Bodenoberfläche der Bodenwand **160** sind ein mittlerer Oberflächenabschnitt **161** und

ein konischer Oberflächenabschnitt **162** ausgebildet. Ebenso ist auf der äußeren peripheren Seite der Bodenoberfläche eine Verbindungsoberfläche **168** ausgebildet. Der mittlere Oberflächenabschnitt **161** ist ein ebener Abschnitt, der in einer vollständig runden Form ausgebildet ist, und coaxial zu der Achse **18** positioniert ist. Der konische Oberflächenabschnitt **162** ist in einer konischen Oberflächenform ausgebildet, deren Durchmesser sich mit einer konstanten Rate in Richtung des mittleren Oberflächenabschnitts **161** verringert, die die kraftstoffstromabwärtige Seite der Axialrichtung ist. Die Verbindungsoberfläche **168** ist in einer vertieften, gekrümmten Oberflächenform ausgebildet, die die Durchmesserverringerrate in Richtung der kraftstoffstromabwärtigen Seite erhöht, und verbindet die äußere periphere Seite des konischen Oberflächenabschnitts **162** und die innere periphere Seite der Ventilsitzoberfläche **151** miteinander.

[0045] In der Bodenwand **160** sind Injektionslöcher **155**, die ein erstes Injektionsloch **155a** und ein zweites Injektionsloch **155b** enthalten, ausgebildet. Sowohl das erste Injektionsloch **155a** als auch das zweite Injektionsloch **155b** sind in einer zylindrischen Lochform ausgebildet. Das erste Injektionsloch **155a** und das zweite Injektionsloch **155b** erstrecken sich innerhalb der Bodenwand **160** mit einer Ausrichtung, die jeweilige Achsen (im Folgenden als "Injektionslochachsen") quer zu dem konischen Oberflächenabschnitt **162** verlaufen lässt. Jeweilige Injektionslochachsen **159a** und **159b**, kreuzen sich mit dem diagonal verlaufenden konischen Endabschnitt **162** und sind in Richtung der äußeren Peripherie des Düsenkörpers **15** geneigt, wenn sie von der Einlassseitenöffnung **156** in Richtung der Auslassseitenöffnung **157** verlaufen. Der Innendurchmesser, der, wie in **Fig. 4** gezeigt, im Wesentlichen konstant in dem ersten Injektionsloch **155a** gehalten wird, wird als Referenzinnendurchmesser $Dn1$ bezeichnet. Der Innendurchmesser, der im Wesentlichen, wie in **Fig. 5** gezeigt, konstant in dem zweiten Injektionsloch **155b** gehalten wird, wird als Referenzinnendurchmesser $Dn2$ bezeichnet. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt, ist der Referenzinnendurchmesser $Dn1$ des ersten Injektionslochs **155a** größer als der Referenzinnendurchmesser $Dn2$ des zweiten Injektionslochs **155b**.

[0046] Die Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs **155a** wird als $Ln1$ bezeichnet, und die Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs **155b** als $Ln2$. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Strömungskanallänge $Ln1$ des ersten Injektionslochs **155a** größer als die Strömungskanallänge $Ln2$ des zweiten Injektionslochs **155b**. Der Wert, der durch das Teilen der Strömungskanallänge $Ln1$ in dem ersten Injektionsloch **155a** durch seinen Referenzinnendurchmesser $Dn1$ erzielt bzw. gebildet wird (im Folgenden als der "L/D-Wert" bezeichnet), ist gleich dem L/D-Wert, der durch Teilen der Strömungskanallänge

Ln2 in dem zweiten Injektionsloch **155b** durch dessen Referenzinnendurchmesser Dn2 erzielt bzw. gebildet wird.

[0047] Um die jeweilige Form des ersten Injektionslochs **155a** und des zweiten Injektionslochs **155b**, wie zuvor beschrieben, zu erhalten, werden in der Bodenwand **160** ein erstes Loch **164** und ein zweites Loch **165** mit erweitertem Durchmesser ausgebildet, um so sich zu den jeweiligen Injektionslöchern **155a**, **155b** sich fortzusetzen. Die ersten und zweiten Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165**, die in **Fig. 2**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt sind, sind Senklöcher, die in der äußeren Oberflächenseite der Bodenwand **160** in Richtung der Sackkammer **154** ausgebildet sind.

[0048] Das erste Loch mit erweitertem Durchmesser **164** der **Fig. 4** ist in einer zylindrischen Lochform ausgebildet, die sich entlang der Injektionslochachse **159a** erstreckt, und ist coaxial zu dem ersten Injektionsloch **155a** positioniert. Das erste Loch mit erweitertem Durchmesser **164**, das auf der kraftstoffstromabwärtigen Seite des ersten Injektionslochs **155a** angeordnet ist, lässt das erste Injektionsloch **155a** mit der Außenseite des Düsenkörpers **15** kommunizieren. Damit der Strömungskanalbereich des Lochs mit erweitertem Durchmesser **164** größer wird, als der Strömungskanalbereich des ersten Injektionslochs **155a** wird der Innendurchmesser De1 des ersten Lochs mit erweitertem Durchmesser **164** so festgelegt, dass es im Durchmesser größer ist als der Referenzinnendurchmesser Dn1 des ersten Injektionslochs **155a**. Ebenso wird die Strömungskanallänge Le1 des ersten Lochs mit erweitertem Durchmesser **164** so festgelegt, dass sie gleich dem Unterschied der Wandstärke der Bodenwand **160** entlang der Injektionslochachse **159a** des ersten Injektionslochs **155a** und der Strömungskanallänge Ln1 des ersten Injektionslochs **155a** ist, und diesen Unterschied der Strömungskanallänge Ln1 und der Wanddicke ergänzt bzw. ausgleicht.

[0049] Das zweite Loch mit erweitertem Durchmesser **165** der **Fig. 5** wird in einer zylindrischen Lochform ausgebildet, die sich entlang der Injektionslochachse **159b** erstreckt, und coaxial zu dem zweiten Injektionsloch **155b** positioniert. Das zweite Loch mit erweitertem Durchmesser **165**, das auch der kraftstoffstromabwärtigen Seite des zweiten Injektionslochs **155b** angeordnet ist, lässt das zweite Injektionsloch **155b** mit der Außenseite des Düsenkörpers **15** kommunizieren. Damit der Strömungskanalbereich des Lochs mit erweitertem Durchmesser **165** größer wird als der Strömungskanalbereich des zweiten Injektionslochs **155b**, wird der Innendurchmesser De2 des zweiten Lochs mit erweitertem Durchmesser **165** so festgelegt, dass er ein größerer Durchmesser als der Referenzinnendurchmesser Dn2 des zweiten Injektionslochs **155b** ist. Ebenso wird die Strömungs-

kanallänge Le2 des zweiten Lochs mit erweitertem Durchmesser **165** derart festgelegt, dass sie gleich dem Unterschied der Wanddicke der Bodenwand **160** entlang der Injektionslochachse **159b** des zweiten Injektionslochs **155b** und der Strömungskanallänge Ln2 des zweiten Injektionslochs **155b** ist, und diesen Unterschied der Strömungskanallänge Ln2 und der Wanddicke der Bodenwand **160** ergänzt bzw. ausgleicht.

[0050] Als nächstes wird unter Bezugnahme auf **Fig. 6** die jeweiligen L/D-Werte des ersten Injektionslochs **155a** und des zweiten Injektionslochs **155b** eingehender erläutert. Dabei geben in **Fig. 6** ein Paar von unterbrochenen Linien, die eine durchgezogene Linie sandwichartig einschließen, den Bereich der oberen bzw. der unteren Grenze der Dispersion an.

[0051] Wie in dem Teil (A) der **Fig. 6** gezeigt, ist die Zerstäubungseigenschaft der Sprühung in dem Kraftstoffinjektor **10** abhängig vom Verhältnis der Strömungskanallänge und dem Referenzinnendurchmesser des Injektionslochs. Genauer gesagt wird die Partikelgröße der Sprühung kleiner, wenn der L/D-Wert des Injektionslochs kleiner wird. Daher werden die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** bei der ersten Ausführungsform so festgelegt, dass die untere Grenze des Partikeldurchmessers, der eine Dispersion verursacht, einen vorbestimmten Wert nicht überschreitet.

[0052] Wie außerdem in dem Teil (B) der **Fig. 6** gezeigt, ist der L/D-Wert von der Schrumpfrate der Sprühung, die in das Injektionsloch injiziert wird, abhängig. Hinsichtlich dieser Schrumpfrate der Sprühung, drückt diese Abhängigkeit aus, dass die Sprühung schrumpft und kaum diffundiert, je kleiner der Wert wird. Wenn der L/D-Wert größer wird, wird auch die Strömungskanallänge des Injektionslochs größer, und dadurch wird der Kraftstoff bzw. die Sprühung gleichmäßiger. Demgemäß bildet sich die injizierte Sprühung entlang der Injektionslochachse leichter aus. Aus diesem Grund erhöht sich die Schrumpfrate der Sprühung mit größer werdendem L/D-Wert. Jedoch bleibt die Schrumpfrate der Sprühung im Allgemeinen konstant, wenn der L/D-Wert einen spezifischen Wert überschreitet. Jeweilige L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** bei der ersten Ausführungsform werden auf 1, 45 oder mehr festgelegt, bei welchem Wert sich die Erhöhung der Sprühschrumpfrate in Sättigung befindet bzw. sich die Sprühschrumpfrate nicht mehr signifikant ändert.

[0053] Ferner, wie in dem Teil (C) der **Fig. 6** gezeigt, ist der L/D-Wert abhängig von der Länge der in das Injektionsloch injizierten Sprühung. Wie voranstehend beschrieben, wird der Kraftstoff, der in das Innere des Injektionslochs strömt, vergleichmä-

ßigt, wenn der L/D-Wert größer wird. Daher wird die Länge der injizierten Sprühung länger, mit der Erhöhung des L/D-Werts. Demgemäß werden die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** bei der ersten Ausführungsform auf 1,85 oder weniger festgelegt, so dass die Sprühlänge einen vorbestimmten Wert nicht überschreitet. Hierbei wird der vorbestimmte Wert, der die obere Grenze der Sprühlänge bestimmt, auf einen Wert eingestellt, so dass das distale Ende der Sprühung nicht die Zylinderwandoberfläche und die Kolbenoberfläche, welche die Verbrennungskammer definieren, erreicht.

[0054] Bei der ersten Ausführungsform sind die jeweiligen L/D-Werte des ersten Injektionslochs **155a** und des zweiten Injektionslochs **155b** auf ungefähr 1,85 angeglichen, was dem Mittelwert der beiden zuvor beschriebenen Grenzwerte (1,45 und 185) entspricht. Daher können auch wenn die Referenzinnendurchmesser D_{n1} , D_{n2} unterschiedlich zueinander sind, die Zerstäubungseigenschaft des ersten Injektionslochs **155a** und des zweiten Injektionslochs **155b** aneinander angenähert werden. Demgemäß kann der Kraftstoffinjektor **10** die Dispersion der Partikeldurchmesser bezüglich der Sprühung, die von dem jeweiligen Injektionsloch **155a**, **155b** injiziert wird, verringern, wobei die Sprühform für die Verbrennungskammer der Verbrennungsmaschine geeignet bzw. passend ausgebildet wird.

[0055] Da außerdem bei der ersten Ausführungsform sowohl die jeweiligen L/D-Werte des ersten Injektionslochs **155a** und des zweiten Injektionslochs **155b** 1,45 überschreiten, kann eine ausreichende Vergleichmäßigung in dem Kraftstoff, der in das Innere der jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** strömt, erreicht werden. Daher kann die Sprühung bzw. der Sprühstrahl, der von den jeweiligen Injektionslöchern **155a**, **155b** injiziert wird, stabil in der Richtung der jeweiligen Injektionslochachsen **159a**, **159b**, in der sich gerichtet sind, ausgebildet werden. Demgemäß kann die Veränderungsrate der Sprühung, die von den jeweiligen Injektionslöchern **155a**, **155b** injiziert wird, einen Wert annehmen, der aneinander angenähert ist und stabil ist. Daher kann der Kraftstoffinjektor **10** die Form der Sprühung bzw. des Sprühstrahls, die geeignet bzw. passend für die Verbrennungskammer der Verbrennungsmaschine ist, stabil ausbilden.

[0056] Da gemäß der ersten Ausführungsform sowohl die jeweiligen L/D-Werte des ersten Injektionslochs **155a** und des zweiten Injektionslochs **155b** 1,85 oder weniger beträgt, kann der Fall vermieden werden, bei dem der in das Innere der jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** strömende Kraftstoff übermäßig vergleichmäßig wird. Daher kann die Länge der Sprühung, die sowohl in das Injektionsloch **155a** als auch **155b** injiziert wird, unterdrückt werden, so dass die Sprühung bzw. der Sprühstrahl nicht an der Zylinderwandoberfläche und der Kolbenober-

fläche haften bleibt. Demgemäß kann der Kraftstoffinjektor **10** eine Sprühung bzw. einen Sprühstrahl ausbilden, der für die Verbrennungskammer der Verbrennungsmaschine besser geeignet bzw. passender ist.

[0057] Gemäß der ersten Ausführungsform wird ebenso der Unterschied der jeweiligen Kanallängen L_{n1} , L_{n2} und der Wanddicke der Bodenwand **160** durch die jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** ergänzt bzw. ausgeglichen. Daher können die jeweiligen Strömungskanallängen L_{n1} und L_{n2} so festgelegt werden, dass die jeweiligen L/D-Werte in den jeweiligen Injektionslöchern **155a**, **155b** auch dann optimiert sind, wenn die Wanddicke der Bodenwand **160** konstant ist. Wie zuvor beschrieben ist die Konfiguration der Anordnungs der jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** und des Einstellens der jeweiligen Strömungskanallängen L_{n1} , L_{n2} besonders vorteilhaft für den Kraftstoffinjektor **10**, der die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** optimiert.

[0058] Da außerdem gemäß der ersten Ausführungsform die jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** auf der kraftstoffstromabwärtigen Seite der jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** ausgebildet sind, kann der Fall, bei dem der Kraftstofffluss, der in die jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** strömt, innerhalb der jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** unterbrochen wird, vermieden werden. Da man den Kraftstoff in der Sackkammer **154** reibungslos bzw. gleichmäßig in die jeweiligen Injektionslöcher **155a**, **155b** strömen lassen kann, wird die Form der Sprühung, die von diesen Injektionslöchern **155a**, **155b** injiziert wird, stabiler.

[0059] Da ferner gemäß der ersten Ausführungsform die jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** koaxial zu den jeweiligen Injektionslöchern **155a**, **155b** angeordnet sind, kann die von den jeweiligen Injektionslöchern **155a**, **155b** ausgebildete Sprühung bzw. ausgebildeter Sprühstrahl ohne ein Berühren der inneren Wandoberfläche der jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** ausgebildet werden. Daher kann der Fall, bei dem die Form der Sprühung bzw. des Sprühstrahls unterbrochen ist, da die jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** ausgebildet worden sind, vermieden werden.

[0060] Bei der ersten Ausführungsform korrespondiert die Bodenwand **160** zu der "Injektionslochwand".

(Zweite Ausführungsform)

[0061] Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in den **Fig. 7** bis **Fig. 9** gezeigt ist, ist eine Modifikation der ersten Ausführungsform. Bei einer Bodenwand **260** eines Düsenkörpers **215** gemäß der zweiten Ausführungsform, sind ein erstes Injektionsloch **255a** und ein zweites Injektionsloch **255b** ausgebildet, welche dem jeweiligen Injektionslöchern **155a**, **155b** der ersten Ausführungsform entsprechen (siehe **Fig. 2**). Bei der folgenden Erläuterung wird der Bereich, bei dem das erste Injektionsloch **255a** die Bodenwand **260** durchdringt, als ein erster Bereich **260a** bezeichnet, und der Bereich, bei dem die Bodenwand **260** durch das zweite Injektionsloch **255b** durchdringt, als ein zweiter Bereich **260b** bezeichnet. Bei der zweiten Ausführungsform wird der L/D-Wert der ersten Durchgangsöffnung **255a** (= $\text{Ln}201/\text{Dn}201$) und der L/D-Wert des zweiten Injektionslochs **255b** (= $\text{Ln}202/\text{Dn}202$) auf den gleichen Wert eingestellt und ähnlich zu der ersten Ausführungsform beispielsweise ungefähr auf 1,65 eingestellt.

[0062] Andererseits besitzt die Bodenwand **260** keine Konfiguration entsprechend dem ersten Loch mit erweitertem Durchmesser **164** und dem zweiten Loch mit erweitertem Durchmesser **165** der ersten Ausführungsform (siehe **Fig. 2**). Gemäß der zweiten Ausführungsform sind die Wanddicken des ersten Bereichs **260a** und des zweiten Bereichs **260b** derart festgelegt, dass sie den jeweiligen Strömungskanallängen $\text{Ln}201$ bzw. $\text{Ln}202$ entsprechen, um die jeweiligen Strömungskanallängen $\text{Ln}201$, $\text{Ln}202$ des ersten Injektionslochs **255a** und des zweiten Injektionslochs **255b** zu erzielen. Die jeweiligen Wanddicken t_1 , t_2 des ersten Bereichs **260a** und des zweiten Bereichs **260b**, welche zueinander unterschiedlich sind, werden durch maschinelle Bearbeitung der äußeren Oberfläche des Düsenkörpers **215** derart eingestellt, dass sie eine im Wesentlichen konstante Wanddicke aufweisen.

[0063] Genauer gesagt wird, wie in den **Fig. 8** und **Fig. 9** gezeigt, die Dicke t_{c2} zur maschinellen Bearbeitung des Düsenkörpers **215** zum Ausbilden des zweiten Bereichs **260b** dicker gemacht, als die Dicke t_{c1} für die maschinelle Bearbeitung des Düsenkörpers **215** zum Ausbilden des ersten Bereichs **260a**. Durch einen derartigen maschinellen Bearbeitungsschritt werden die jeweiligen Injektionslöcher **255a**, **255b** ausgebildet, welche zueinander unterschiedliche Strömungskanallängen $\text{Ln}201$, $\text{Ln}202$ aufweisen. Ebenso werden die zuvor beschriebenen jeweiligen Wanddicken t_1 , t_2 und die jeweiligen maschinellen Bearbeitungsdicken t_{c1} , wie voranstehend beschrieben, entlang der jeweiligen Injektionslochachsen **259a**, **259b** festgelegt.

[0064] Auch bei der zweiten Ausführungsform werden durch Vereinheitlichen der jeweiligen L/D-Werte des ersten Injektionslochs **255a** und des zweiten Injektionslochs **255b** innerhalb eines vorbestimmten Bereichs ein zu der ersten Ausführungsform ähnlicher Effekt ausgeübt. Daher können die Sprühungs- bzw. Sprühstrahleigenschaften, die von den jeweiligen Injektionslöchern **255a**, **255b** aneinander angelehnt werden, auch wenn die Referenzinnendurchmesser $\text{Dn}201$ und $\text{Dn}202$ der jeweiligen Injektionslöcher **255a**, **255b** sich voneinander unterscheiden.

[0065] Außerdem kann bei der zweiten Ausführungsform der Unterschied der jeweiligen Strömungskanallängen $\text{Ln}201$, $\text{Ln}202$ durch eine unterschiedliche Ausgestaltung der Wanddicken t_1 , t_2 des ersten Bereichs **260a** und des zweiten Bereichs **260b**, durch die die jeweiligen Injektionslöcher **255a**, **255b** durchdringen, erzielt werden. Mit einer derartigen Konfiguration kann die Möglichkeit der Konfigurationsoptimierung der jeweiligen L/D-Werte weiter verbessert werden. Auch bei der zweiten Ausführungsform korrespondiert die Bodenwand **260** zu der "Injektionslochwand".

(Dritte Ausführungsform)

[0066] Eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in **Fig. 10** und **Fig. 11** gezeigt ist, ist eine weitere Modifikation der ersten Ausführungsform. In einer Bodenwand **360** der dritten Ausführungsform ist ein Durchgangsloch als ein erstes Injektionsloch **355a** und ein erstes Loch mit erweitertem Durchmesser **364** ausgebildet, und ein Durchgangsloch als ein zweites Injektionsloch **355b** und ein zweites Loch mit erweitertem Durchmesser **365** ausgebildet. Das erste Injektionsloch **355a** und das zweite Injektionsloch **355b** sind mit einer konischen Lochform ausgebildet, das den Durchmesser von jeweiligen Referenzinnendurchmessern $\text{Dn}301$, $\text{Dn}302$ ausgehend von einer Einlassseitenöffnung **356** in Richtung zu einer Auslassseitenöffnung **357** erweitert. Bei der dritten Ausführungsform sind der L/D-Wert des ersten Injektionslochs **355a** (= $\text{Ln}301/\text{Dn}301$) und der L/D-Wert des zweiten Injektionslochs **355b** (= $\text{Ln}302/\text{Dn}302$) zueinander übereinstimmend eingestellt.

[0067] Andererseits korrespondieren das erste Loch mit erweitertem Durchmesser **364** und das zweite Loch mit erweitertem Durchmesser **365** mit den jeweiligen Löchern mit erweitertem Durchmesser **164**, **165** der ersten Ausführungsform (siehe **Fig. 4**), und sind koaxial zu den jeweiligen Injektionslochachsen **359a**, **359b** der jeweiligen Injektionslöcher **355a**, **355b** angeordnet. Jeweilige Innendurchmesser $\text{De}301$, $\text{De}302$ der jeweiligen Löcher mit erweitertem Durchmesser **364**, **365** besitzen größere Durchmesser als die jeweiligen Referenzdurchmesser $\text{Dn}301$, $\text{Dn}302$ der jeweiligen Injektionslöcher **355a**, **355b**. Die Strömungskanallänge $\text{Le}301$ des ersten Lochs

mit erweitertem Durchmesser **364** gleicht den Unterschied der Strömungskanallänge L_{n301} des ersten Injektionslochs **355a** und die Wanddicke der Bodenwand **360** aus. In ähnlicher Weise gleicht die Strömungskanallänge L_{n302} des zweiten Lochs mit erweitertem Durchmesser **365** den Unterschied der Strömungskanallänge L_{n302} des zweiten Injektionslochs **355b** und der Wanddicke der Bodenwand **360** aus.

[0068] Als nächstes wird der L/D-Wert bei dem Injektionsloch mit der konischen Lochform als die jeweiligen Injektionslöcher **355a**, **355b** der dritten Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig. 12** im Detail erläutert.

[0069] Wie in dem Teil (A) der **Fig. 12** gezeigt, ist auch für den Fall, dass das Injektionsloch eine konische Lochform aufweist, die Zerstäubungseigenschaft der Sprühung bzw. des Sprühstrahls abhängig von dem L/D-Wert. Der Partikeldurchmesser des Sprühstrahls bzw. der Sprühung bei der konischen Lochform wird klein, sobald der diesbezügliche L/D-Wert klein wird. Wenn jedoch der L/D-Wert kleiner als ein vorbestimmter Wendepunkt (L/D-Wert = ungefähr 2,5) wird, wird der Partikeldurchmesser der Sprühung allmählich größer. Als Grund dafür wird angenommen, dass der Sprühbereich, der ein flüssiger Film wird, sich kaum ausbildet, da die Strömungskanallänge kurz ist. Genauer gesagt, ist es um die Zerstäubung des Kraftstoffs sicherzustellen erforderlich, einen Bereich auszubilden, bei dem der Kraftstoff zu einen flüssigen Film in dem äußeren peripheren Teil der Sprühung wird. Wenn jedoch die Strömungskanallänge kurz wird, kleidet die Strömung des Kraftstoffs die innere periphere Wandoberfläche des Injektionslochs, dessen Innendurchmesser sich ändert, kaum aus. Daher wird der Sprühbereich, der ein Flüssigfilm werden muss bzw. soll, kaum ausgebildet und der Partikeldurchmesser der Sprühung wird groß. Der Bereich der jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher **355a**, **355b** bei der dritten Ausführungsform wird so festgelegt, dass er die zuvor beschriebenen L/D-Werte, die einen lokalen Minimalwert zeigen, sandwichartig umschließt.

[0070] Wie in dem Teil (B) der **Fig. 12** gezeigt, ist der L/D-Wert abhängig von der Schrumpfrate der Sprühung, die durch das Injektionsloch injiziert wird, auch wenn das Injektionsloch eine konische Lochform aufweist. Die Schrumpfrate der Sprühung bei der konischen Lochform wird im Allgemeinen konstant, wenn der L/D-Wert einen spezifischen Wert ähnlich zu der ersten Ausführungsform überschreitet. Die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher **355a**, **355b** bei der dritten Ausführungsform werden so festgelegt, dass sie 2,0 oder mehr betragen, bei welchen die Erhöhung der Sprühschrumpfrate gesättigt ist bzw. bei denen keine weitere Erhöhung der Sprühschrumpfrate auftritt.

[0071] Wie in dem Teil (C) der **Fig. 12** gezeigt, wird die Veränderungsrate der Länge der Sprühung bezüglich des L/D-Werts für den Fall, dass das Injektionsloch eine konische Lochform aufweist, verglichen mit dem Fall, bei dem das Injektionsloch eine zylindrische Lochform aufweist, kleiner. Daher übersteigt die Sprühlänge kaum den vorbestimmten Wert, der die obere Grenze dieser Sprühlänge festlegt, auch falls der L/D-Wert erhöht wird. Demgemäß werden die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher **355a**, **355b** der dritten Ausführungsform auf beispielsweise 3,0 festgelegt, so dass sie den lokalen Minimalwert, der in dem Teil (A) der **Fig. 12** gezeigt ist, sandwichartig zu umschließen, und den unteren Grenzwert, der in dem Teil (B) der **Fig. 12** gezeigt ist, mittig aufzuweisen.

[0072] Bei der dritten Ausführungsform sind die jeweiligen L/D-Werte des ersten Injektionslochs **355a** und des zweiten Injektionslochs **355b** auf beispielsweise ungefähr 2,5 eingestellt, was ein Wert in der Mitte zwischen den zwei zuvor beschriebenen Grenzwerten (2,0, 3,0) ist und bei welchem der Partikeldurchmesser der Sprühung am kleinsten wird. Durch ein solchermaßen Einstellen der jeweiligen L/D-Werte des ersten Injektionslochs **355a** und des zweiten Injektionslochs **355b**, um innerhalb eines vorbestimmten Bereichs zu sein, können ein ähnlicher Effekt wie bei der ersten Ausführungsform erzielt werden. Daher kann die Sprüheigenschaft, die von den jeweiligen Injektionslöchern **355a**, **355b** injiziert werden, aneinander angenähert werden, auch wenn die Referenzinnendurchmesser D_{n301} , D_{n302} der jeweiligen Injektionslöcher **355a**, **355b** zueinander unterschiedlich sind. Auch bei der dritten Ausführungsform korrespondiert die Bodenwand **360** mit der "Injektionslochwand".

(Andere Ausführungsformen)

[0073] Obgleich Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung vorangehend erläutert wurden, ist die vorliegende Offenbarung nicht dahingehend auszulegen, dass sie auf die zuvor beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist, sondern dass sie an zahlreiche Ausführungsformen und Kombinationen innerhalb des Bereichs, der von dem wesentlichen Inhalt der vorliegenden Offenbarung nicht abweicht, angepasst werden kann.

[0074] Gemäß der zuvor beschriebenen Ausführungsformen werden zwei Injektionslöcher mit unterschiedlichen Referenzinnendurchmessern so eingestellt, dass die jeweiligen L/D-Werte zueinander gleich sind. Bei drei oder mehr Injektionslöchern mit unterschiedlichen Referenzinnendurchmessern können die jeweiligen L/D-Werte jedoch nicht der gleiche sein. Außerdem können die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher nicht exakt gleich zueinander sein und müssen lediglich so eingestellt sein,

dass sie zueinander bis zu dem Grad gleich sind, bei dem die Sprüheigenschaften aneinander angenähert sind. Obgleich es bevorzugt wird, dass die L/D-Werte aller Injektionslöcher, die in dem Düsenkörper ausgebildet sind, in Übereinstimmung zueinander sind, kann der L/D-Wert eines Teils der Injektionslöcher auch nicht in Übereinstimmung mit den L/D-Werten der anderen Injektionslöcher sein.

[0075] Gemäß den zuvor beschriebenen Ausführungsformen werden die jeweiligen L/D-Werte in einem Bereich zwischen dem oberen Grenzwert und dem unteren Grenzwert festgelegt, welcher auf Basis der Form des Injektionslochs festgelegt werden. Die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher können jedoch miteinander außerhalb des Bereichs zwischen dem unteren Grenzwert und dem oberen Grenzwert übereinstimmen. Ferner können die jeweiligen L/D-Werte der jeweiligen Injektionslöcher so festgelegt werden, dass die Werte voneinander innerhalb des Bereichs zwischen dem oberen Grenzwert und dem unteren Grenzwert voneinander abweichen.

[0076] Bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen werden Injektionslöcher entlang des gleichen imaginären Kreises **19** (siehe **Fig. 3**) angeordnet, jedoch können die Positionen zum Anordnen der Einlassseitenöffnungen der Injektionslöcher gemäß der erforderlichen Form der Sprühung geeignet geändert werden. Zum Beispiel kann das zweite Injektionsloch mit einem kleinen Durchmesser auf der inneren peripheren Seite des ersten Injektionslochs mit einem großen Durchmesser angeordnet sein. Alternativ können derartige erste und zweite Injektionslöcher in der peripheren Richtung alternierend angeordnet sein. Ebenso kann die Form der individuellen Injektionslöcher geeignet geändert werden, solange das Injektionsloch mit zueinander analogen Formen ausgebildet wird. Beispielsweise kann bei dem Kraftstoffinjektionsloch mit der konischen Lochform der dritten Ausführungsform der Kegelwinkel der Innenwandoberfläche geeignet geändert werden. Genauer gesagt kann das Injektionsloch mit einer konischen Lochform ausgebildet sein, das den Durchmesser von der Einlassseitenöffnung in Richtung der Auslassseitenöffnung verringert. Außerdem kann die Form des Querschnitts von jedem Injektionsloch auch eine nicht vollständig runde Form aufweisen und kann beispielsweise eine elliptische Form oder ähnliches sein.

[0077] Bei der zuvor erläuterten ersten und dritten Ausführungsform, ist die Axialrichtung des Lochs mit erweitertem Durchmesser die gleiche wie die Injektionslochachse. Die axiale Richtung des Lochs mit erweitertem Durchmesser kann jedoch die Injektionslochachse kreuzen. Ebenso kann die Mitte des Lochs mit erweitertem Durchmesser so positioniert werden, dass sie von der Injektionslochachse abweicht. Fer-

ner ist das Loch mit erweitertem Durchmesser nicht auf eine zylindrische Lochform wie zuvor beschrieben beschränkt, sondern kann eine konische Lochform aufweisen, in welcher sich der Durchmesser in Richtung der kraftstoffstromabwärtigen Seite erweitert, oder eine halbkugelförmige Form, bei welcher die Außenoberfläche des Düsenkörpers vertieft ist oder ähnliches. Ferner kann das Loch mit erweitertem Durchmesser in der Form angeordnet sein, dass sie mit der Sackkammer an der kraftstoffstromaufwärtigen Seite des Injektionslochs anstelle der kraftstoffstromabwärtigen Seite des Injektionslochs verbunden ist.

[0078] Gemäß der zuvor beschriebenen zweiten Ausführungsform werden Injektionslöcher mit unterschiedlicher Strömungskanallänge durch das Verändern der maschinell bearbeiteten Dicke zum maschinellen Bearbeiten der äußeren Oberfläche des Düsenkörpers für jeden Bereich erzielt werden. Mit einer derartigen Konfiguration wird die Stufenoberfläche in der radialen Richtung nicht zwischen dem Injektionsloch und dem Loch mit erweitertem Durchmesser ausgebildet. Daher kann der Fall, bei dem die Ablagerung in dem äußeren peripheren Teil der Stufenoberfläche stattfindet, vermieden werden. Das Verfahren zum Anordnen des Unterschieds zwischen der Wanddicke des ersten Bereichs und der Wanddicke des zweiten Bereichs in dem Düsenkörper ist somit nicht auf die zuvor beschriebene maschinelle Bearbeitung beschränkt. Beispielsweise ist es möglich, dass der Unterschied der Wanddicke des ersten Bereichs und des zweiten Bereichs bereits zum Zeitpunkt des Ausbildens des Düsenkörpers angeordnet bzw. vorgesehen wird. Ferner kann lediglich der zweite Bereich durch die maschinelle Bearbeitung des ersten und zweiten Bereichs ausgebildet werden, solange die Wanddicke vor der maschinellen Bearbeitung des ersten Bereichs bereits die entsprechende Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs aufweist.

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor der Kraftstoff von einer Mehrzahl von Injektionslöchern (**155**) in Richtung des Inneren einer Verbrennungskammer injiziert, die in einer internen Verbrennungsmaschine angeordnet ist, wobei die Mehrzahl von Injektionslöchern ein erstes Injektionsloch (**155a**, **255a**, **355a**) und ein zweites Injektionsloch (**155b**, **255b**, **355b**) enthält, welche zueinander unterschiedliche Referenzinnendurchmesser (Dn_1 , Dn_2 , Dn_{201} , Dn_{202} , Dn_{301} , Dn_{302}) aufweisen, und ein Wert, der durch Teilen einer Strömungskanallänge (Ln_1 , Ln_{201} , Ln_{301}) des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser (Dn_1 , Dn_{201} , Dn_{301}) des ersten Injektionslochs gebildet wird, mit einem Wert übereinstimmt, der durch Teilen einer

Strömungskanallänge (Ln2, Ln202, Ln302) des zweiten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser (Dn2, Dn202, Dn302) des zweiten Injektionslochs gebildet wird.

2. Kraftstoffinjektor, der Kraftstoff von einer Mehrzahl von Injektionslöchern (**155**) in Richtung des Inneren einer Verbrennungskammer injiziert, die in einer internen Verbrennungsmaschine angeordnet ist, wobei die Mehrzahl von Injektionslöchern ein erstes Injektionsloch (**155a**, **255a**) und ein zweites Injektionsloch (**155b**, **255b**) enthält, welche zueinander unterschiedliche Referenzinnendurchmesser (Dn1, Dn2, Dn201, Dn202) aufweisen, das erste Injektionsloch und das zweite Injektionsloch eine röhrenförmige Lochform aufweisen, die sich unter Beibehaltung der jeweiligen Referenzinnendurchmesser erstreckt, und sowohl ein Wert, der durch das Teilen einer Strömungskanallänge (Ln1, Ln201) des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser (Dn1, Dn201) des ersten Injektionslochs gebildet wird, als auch ein Wert, der durch das Teilen einer Strömungskanallänge (Ln2, Ln202) des zweiten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser (Dn2, Dn202) des zweiten Injektionslochs gebildet wird, 1,45 oder mehr beträgt.

3. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 2, wobei sowohl ein Wert, der durch das Teilen der Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs durch den Referenzdurchmesser des ersten Injektionslochs gebildet wird, als auch ein Wert, der durch das Teilen der Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs durch den Innendurchmesser des zweiten Injektionslochs gebildet wird, 1,85 oder weniger beträgt.

4. Kraftstoffinjektor, der Kraftstoff von einer Mehrzahl an Injektionslöchern in Richtung des Inneren einer Verbrennungskammer injiziert, die in einer internen Verbrennungsmaschine angeordnet ist, wobei die Mehrzahl von Injektionslöchern ein erstes Injektionsloch (**355a**) und ein zweites Injektionsloch (**355b**) enthalten, welche zueinander unterschiedliche Referenzdurchmesser (Dn301, Dn302) aufweisen, das erste Injektionsloch und das zweite Injektionsloch eine konische Lochform aufweisen, deren Durchmesser ausgehend von dem Referenzinnendurchmesser sich von der kraftstoffstromaufwärtigen Seite in Richtung der kraftstoffstromabwärtigen Seite erweitert, und sowohl ein Wert, der durch das Teilen einer Strömungskanallänge (Ln301) des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser (Dn301) des ersten Injektionslochs gebildet wird, als auch ein Wert, der durch das Teilen einer Strömungskanallänge (Ln302) des zweiten Injektionslochs durch den Re-

ferenzinnendurchmesser (Dn302) des zweiten Injektionslochs gebildet wird, 2,0 oder mehr beträgt.

5. Kraftstoffinjektor gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei ein Wert, der durch Teilen der Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des ersten Injektionslochs gebildet wird, mit einem Wert, der durch das Teilen der Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs durch den Referenzinnendurchmesser des zweiten Injektionslochs gebildet wird, übereinstimmt.

6. Kraftstoffinjektor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend: eine Injektionslochwand (**160**, **360**), in der die Mehrzahl von Injektionslöchern ausgebildet sind, wobei die Injektionslochwand ausgebildet ist mit: einem ersten Loch mit erweitertem Durchmesser (**164**, **364**), welches die Injektionslochwand durchdringt, während es sich im ersten Injektionsloch fortsetzt, und bei welchem der Strömungskanalbereich größer ist als bei dem ersten Injektionsloch, und bei welchem die Strömungskanallänge (Le1, Le301) so festgelegt ist, dass sie den Unterschied zwischen der Strömungskanallänge des ersten Injektionslochs und der Wanddicke der Injektionslochwand ergänzt, und einem zweiten Loch mit erweitertem Durchmesser (**165**, **365**), welches die Injektionslochwand durchdringt, während es sich in dem zweiten Injektionsloch fortsetzt, und bei welchem der Strömungskanalbereich größer ist als bei dem zweiten Injektionsloch, und bei welchem die Strömungskanallänge (Le2, Le302) so eingestellt ist, dass sie den Unterschied zwischen der Strömungskanallänge des zweiten Injektionslochs und der Wanddicke der Injektionslochwand ergänzt.

7. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 6, wobei das erste Loch mit erweitertem Durchmesser auf der kraftstoffstromabwärtigen Seite des ersten Injektionslochs ausgebildet ist, und das zweite Loch mit erweitertem Durchmesser auf der kraftstoffstromabwärtigen Seite des zweiten Injektionslochs ausgebildet ist.

8. Kraftstoffinjektor gemäß einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei sowohl das erste als auch das zweite Loch mit erweitertem Durchmesser eine röhrenförmige Lochform aufweisen, das erste Loch mit erweitertem Durchmesser coaxial zu dem ersten Injektionsloch positioniert ist, und das zweite Loch mit erweitertem Durchmesser coaxial zu dem zweiten Injektionsloch positioniert ist.

9. Kraftstoffinjektor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend: eine Injektionslochwand (**260**), die einen ersten Bereich (**260a**) enthält, durch welchen das erste Injektionsloch durchdringt, und einen zweiten Bereich

(260b) enthält, durch welchen das zweite Injektionsloch durchdringt, wobei die Wanddicke (t_1) des ersten Bereichs und die Wanddicke (t_2) des zweiten Bereichs durch Festlegen der Wanddicke (t_1) des ersten Bereichs, sodass sie zu der Strömungskanallänge (L_{n201}) des ersten Injektionslochs korrespondiert, und durch Festlegen der Wanddicke (t_2) des zweiten Bereichs, sodass sie zu der Strömungskanallänge (L_{n202}) des zweiten Injektionslochs korrespondiert, zueinander unterschiedlich ausgebildet sind.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

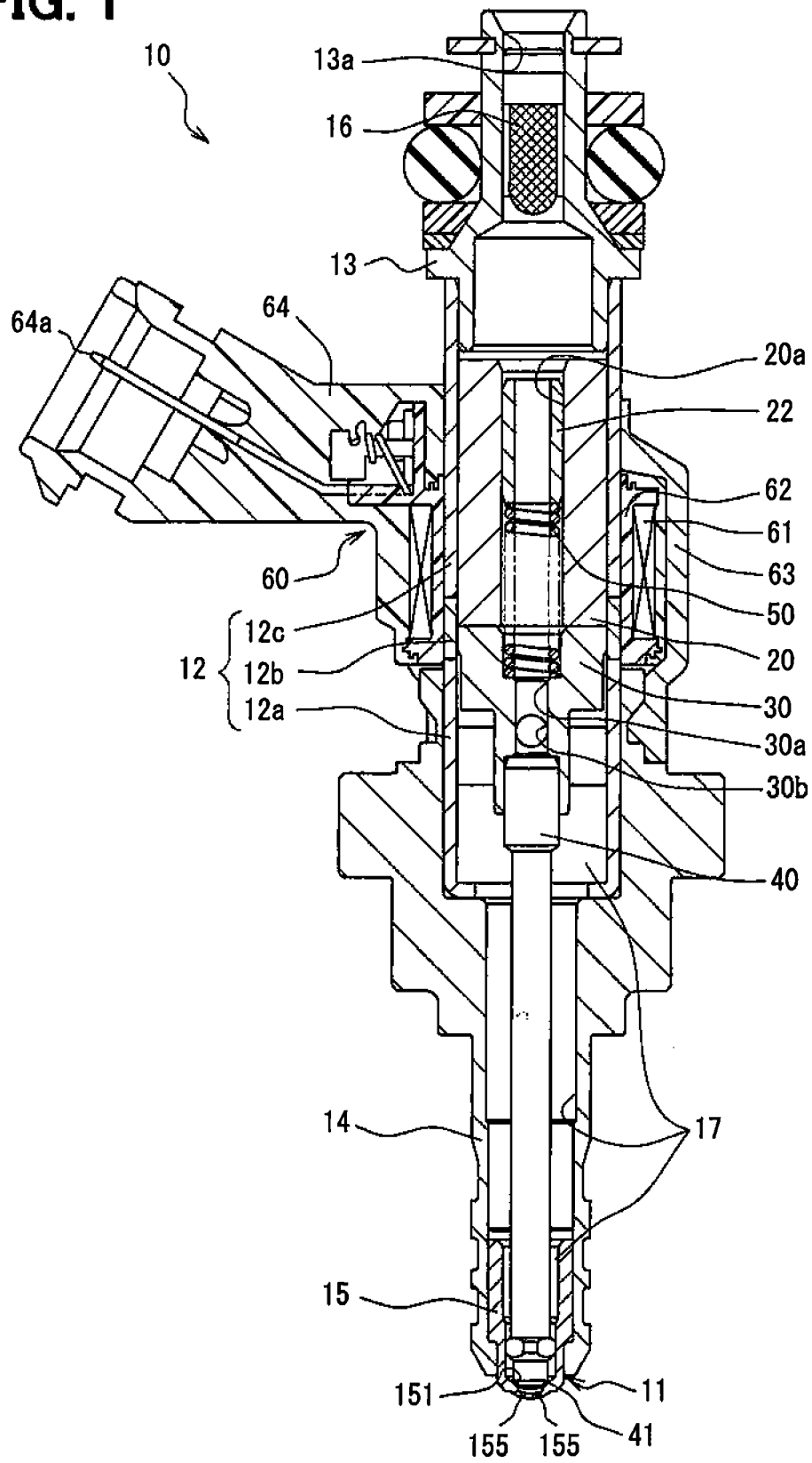


FIG. 2

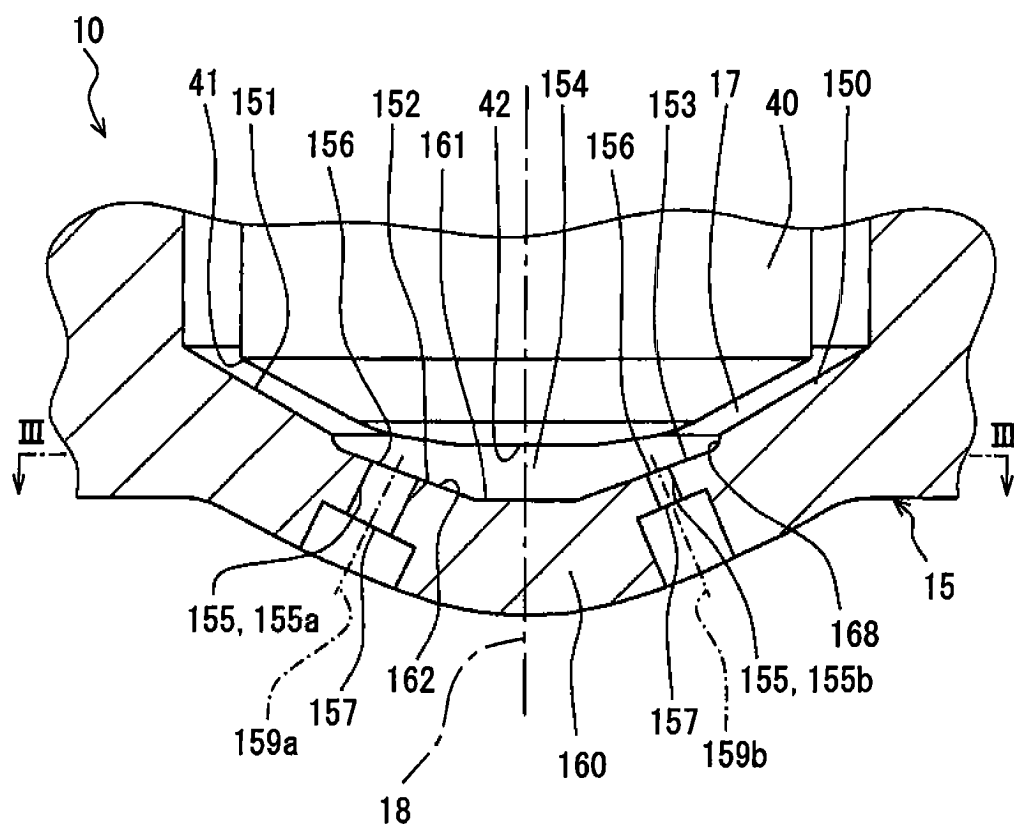


FIG. 3

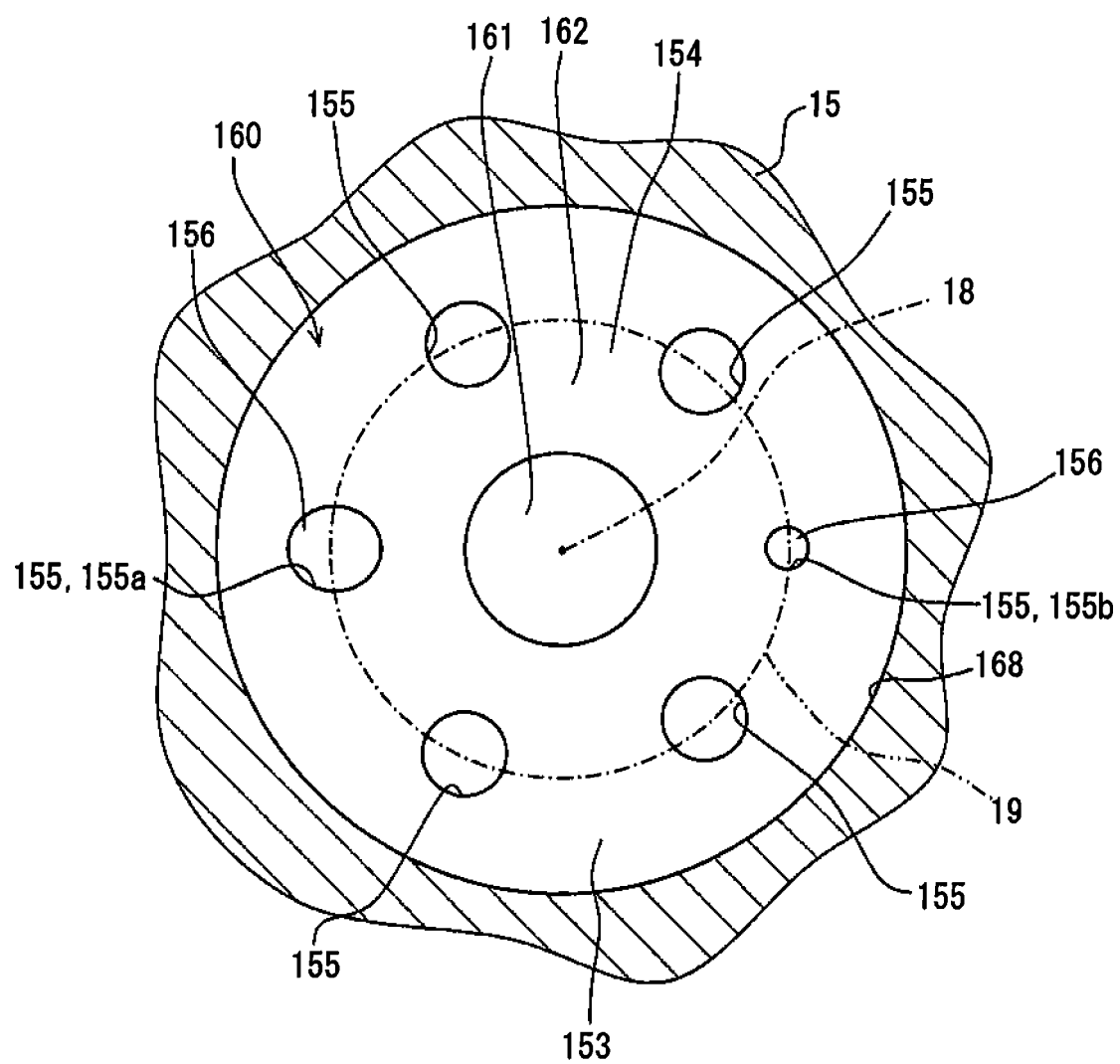


FIG. 4

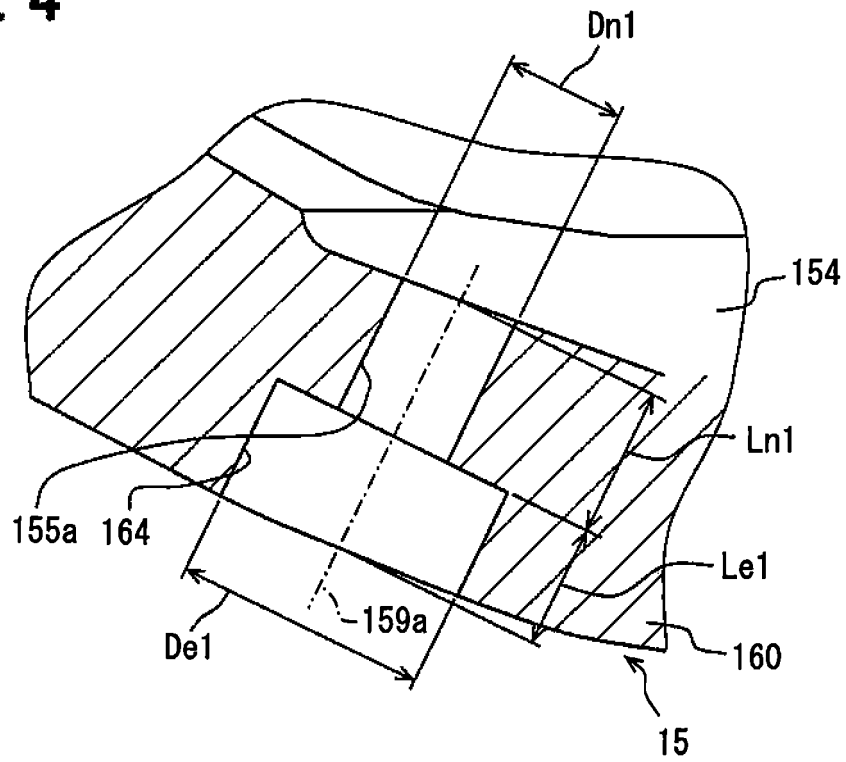


FIG. 5

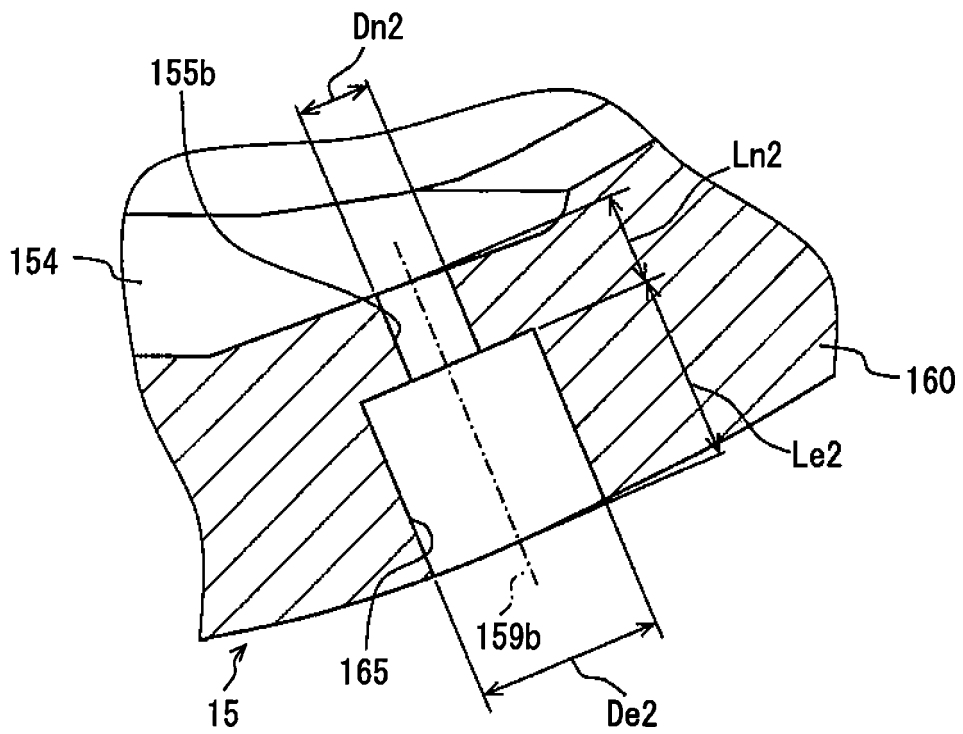


FIG. 6

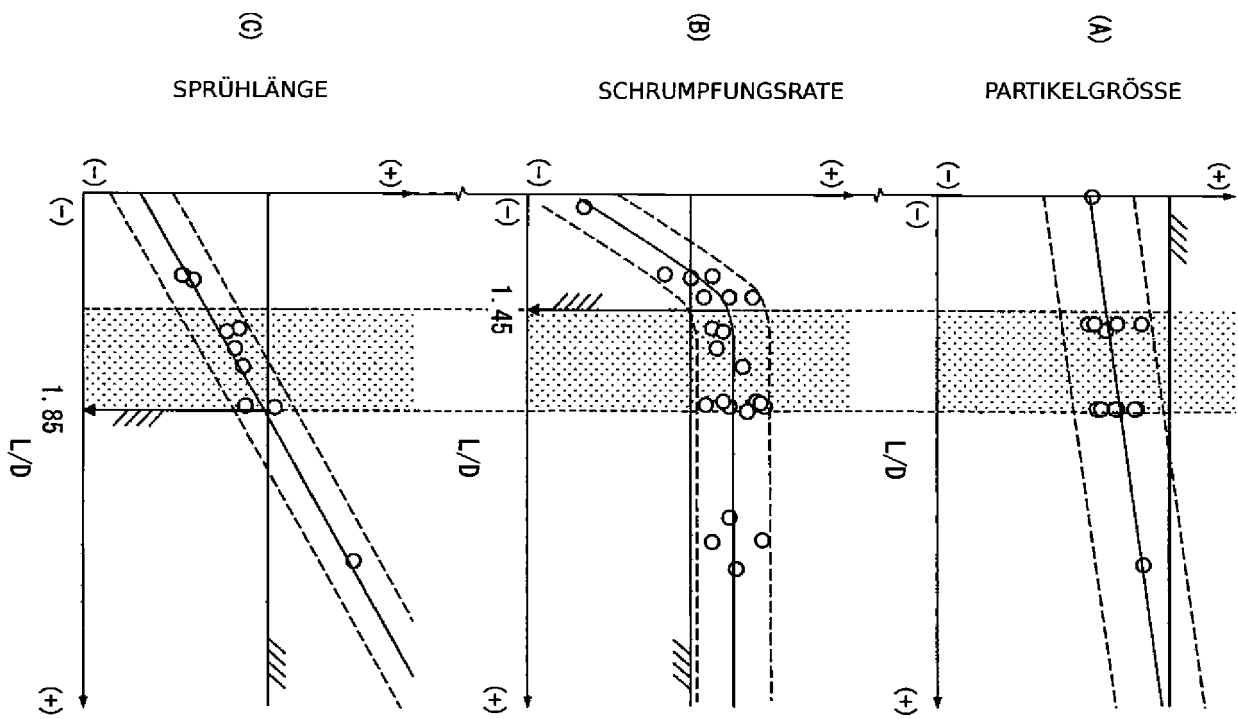


FIG. 7

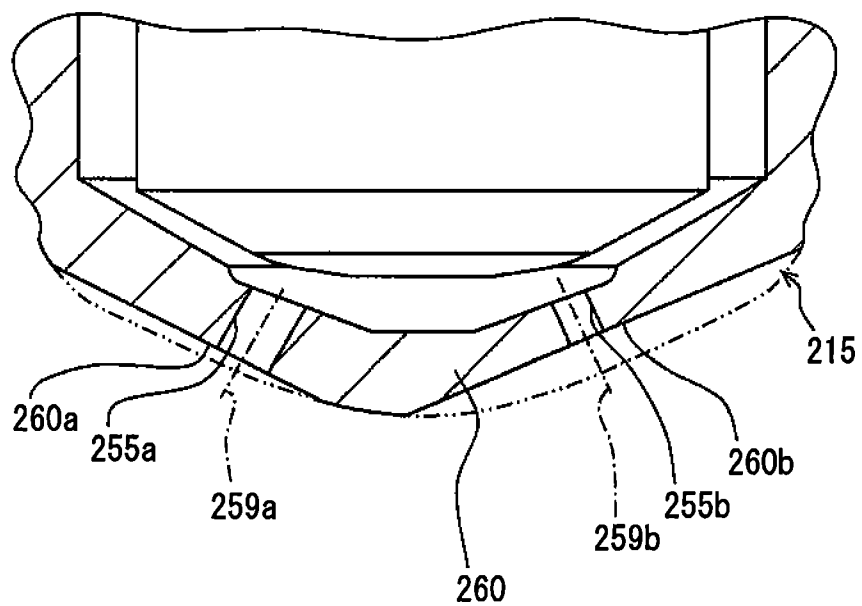


FIG. 8

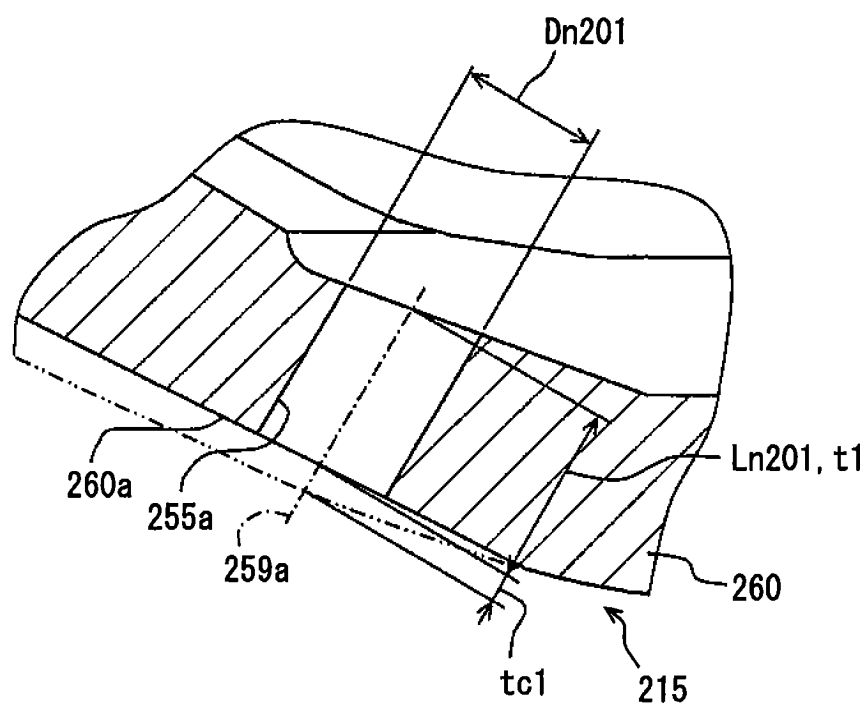


FIG. 9

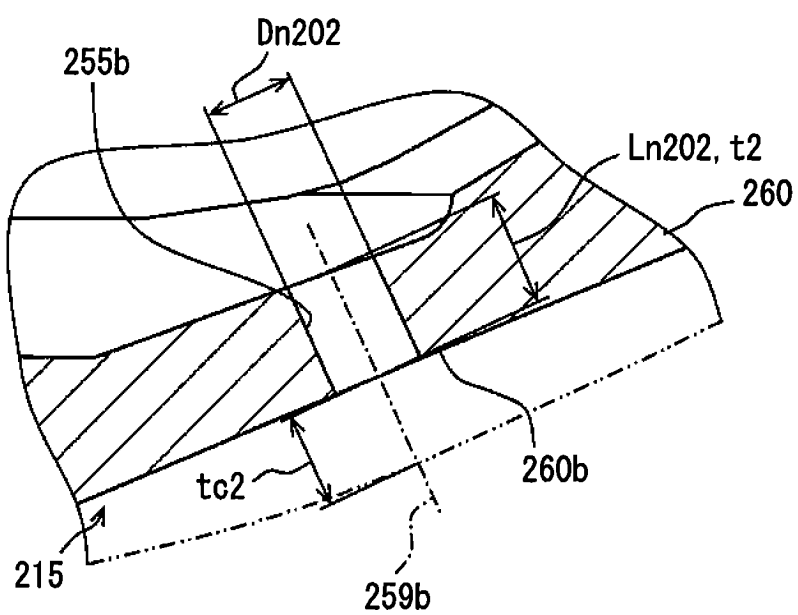


FIG. 10

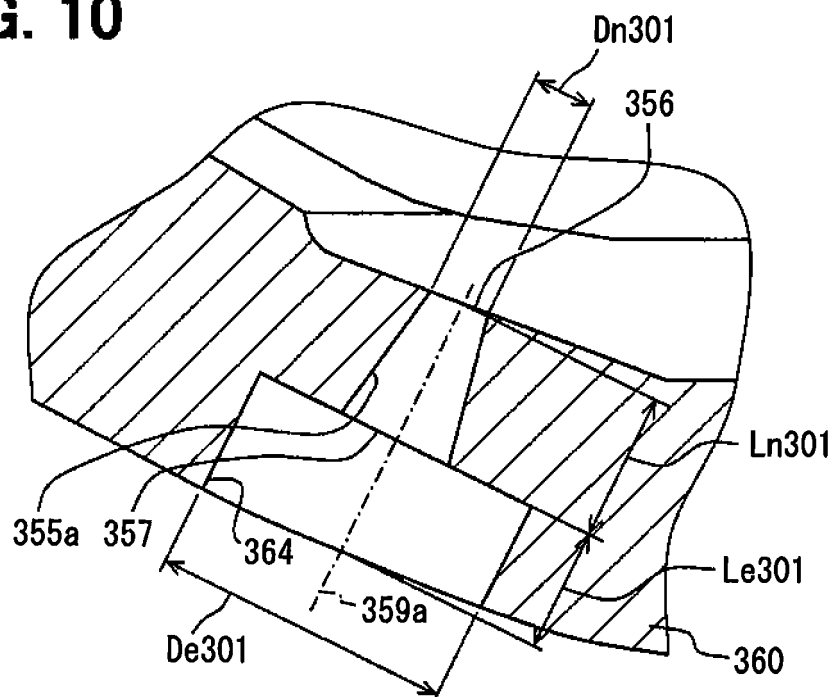


FIG. 11

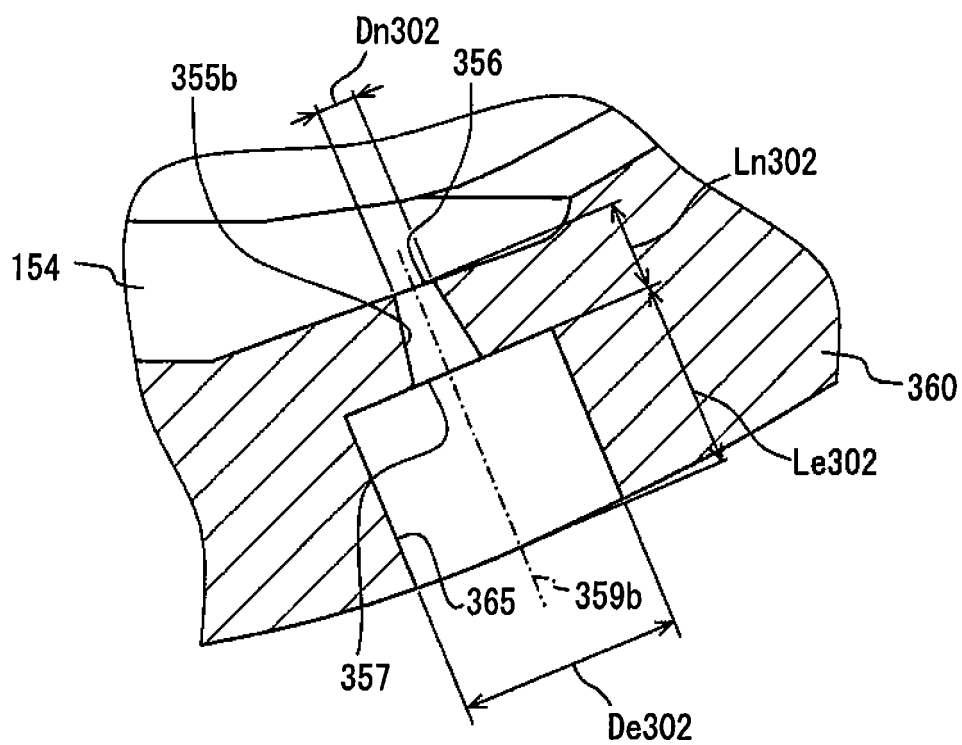


FIG. 12

