



(10) **DE 11 2020 002 672 T5 2022.03.03**

(12)

Veröffentlichung

- der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2020/246385**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 002 672.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/021340**
(86) PCT-Anmeldetag: **29.05.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **10.12.2020**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **03.03.2022**

(51) Int Cl.: **F02M 51/06 (2006.01)**
F02M 21/02 (2006.01)
F02M 61/10 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2019-105868 06.06.2019 JP

(72) Erfinder:
Maegawa, Hitoshi, Nisshin-city, Aichi-pref., JP;
Fujino, Tomoki, Kariya-shi, Aichi-ken, JP

(71) Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-shi, Aichi-ken, JP

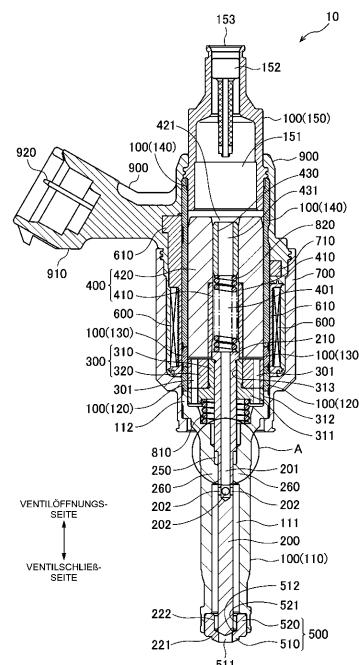
(74) Vertreter:
**KUHNEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,
DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffeinspritzventil**

(57) Zusammenfassung: Ein Kraftstoffeinspritzventil beinhaltet: ein Gehäuse (100), das ein Einspritzloch (511) aufweist, welches in einer Längsrichtung des Gehäuses an einem Ende des Gehäuses ausgebildet ist und dazu konfiguriert ist, Kraftstoff einzuspritzen; eine Nadel (200), die dazu konfiguriert ist, sich an einer Innenseite des Gehäuses in der Längsrichtung zu bewegen, um das Einspritzloch zu öffnen und zu schließen; einen stationären Kern (400), der an der Innenseite des Gehäuses fixiert ist, wobei zumindest ein Abschnitt des stationären Kerns aus einem magnetischen Material hergestellt ist; einen beweglichen Kern (300), der dazu konfiguriert ist, sich zusammen mit der Nadel an der Innenseite des Gehäuses in der Längsrichtung zu bewegen, wobei zumindest ein Abschnitt des beweglichen Kerns aus einem magnetischen Material hergestellt ist; und eine Spule (600), die dazu konfiguriert ist, zwischen dem stationären Kern und dem beweglichen Kern eine magnetische Anziehungskraft zu erzeugen. Eine Dämpferkammer (250) ist zwischen der Nadel und dem Gehäuse ausgebildet und dazu konfiguriert, eine Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel zu dämpfen.



Beschreibung

Querverweis auf verwandte Anmeldung

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2019-105 868, eingereicht am 6. Juni 2019, welche hierin durch Bezugnahme mit aufgenommen wird.

Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil.

Stand der Technik

[0003] Es ist ein Kraftstoffeinspritzventil, das derart konfiguriert ist, dass ein beweglicher Kern und eine Nadel durch eine magnetische Anziehungskraft integral bewegt werden, um ein Einspritzloch zu öffnen und zu schließen, welches ein Auslass von Kraftstoff ist, als ein Kraftstoffeinspritzventil bekannt, das an einer Maschine mit interner Verbrennung installiert ist.

[0004] Ein Kraftstoffeinspritzventil, das in der Patentliteratur 1 offenbart wird, beinhaltet zum Beispiel: einen stationären Kern, der an einer Innenseite eines Gehäuses fixiert ist; einen beweglichen Kern, der dazu konfiguriert ist, sich an der Innenseite des Gehäuses zu bewegen, und eine Spule, die dazu konfiguriert ist, zwischen dem stationären Kern und dem beweglichen Kern eine magnetische Anziehungskraft zu erzeugen. Zu der Zeit, zu welcher ausgehend von dem Kraftstoffeinspritzventil der Kraftstoff eingespritzt wird, wird der Spule ein elektrischer Strom zugeführt. Der bewegliche Kern wird durch die magnetische Anziehungskraft, die zu dieser Zeit erzeugt wird, zusammen mit der Nadel hin zu dem stationären Kern bewegt, sodass das Einspritzloch geöffnet wird.

[0005] Zu der Zeit, zu der das bewegliche Bauteil, wie beispielsweise die Nadel, angetrieben wird, wenn das bewegliche Bauteil mit dem stationären Bauteil, wie beispielsweise dem Gehäuse, zusammenstößt, während die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Bauteils hoch gehalten wird, kann/-können das/die Bauteil(e) an dem Kollisionspunkt beschädigt oder abgenutzt werden, und dadurch können sich die Betriebseigenschaften des Kraftstoffeinspritzventils verändern. Um dies zu beschränken, ist eine Dämpferkammer, welche die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Bauteils dämpft, an der Innenseite des Kraftstoffeinspritzventils ausgebildet. Die Patentliteratur 1 offenbart ein Beispiel des Kraftstoffeinspritzventils, bei welchem die Dämpferkammer zum Dämpfen der Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns an der Innenseite des Gehäuses, genauer gesagt

einer Stelle zwischen dem beweglichen Kern und dem Gehäuse ausgebildet ist.

Liste der Entgegenhaltungen**Patentliteratur**

[0006] Patentliteratur 1: JP 2018-189 002 A

Kurzfassung der Erfindung

[0007] Eine Feder, welche den beweglichen Kern in einer Richtung weg von dem Einspritzloch vorspannt, ist oft an der Innenseite des Gehäuses platziert. Falls eine Federkonstante der Feder kein geeigneter Wert ist, kann an der Innenseite des Gehäuses Resonanz auftreten. Um die Resonanz zuverlässig zu beschränken, ist es vorzuziehen, dass ein relativ großer Raum zum Installieren der Feder und eine Erhöhung eines Freiheitsgrads beim Gestalten der Feder sichergestellt werden. Daher ist es vorzuziehen, die Feder an einem Abschnitt zu installieren, an welchem ein relativ großer Raum an der Innenseite des Gehäuses sichergestellt werden kann, genauer gesagt der Stelle zwischen dem beweglichen Kern und dem Gehäuse.

[0008] Allerdings kann ein breiter Raum zum Installieren der Feder an dieser Stelle nicht sichergestellt werden, wenn die Dämpferkammer an der Stelle zwischen dem beweglichen Kern und dem Gehäuse ausgebildet ist, wie bei dem Beispiel, das in der Patentliteratur 1 beschrieben wird. Wie bei diesem Beispiel muss das herkömmliche Kraftstoffeinspritzventil in Hinblick auf die Struktur, die sowohl den breiten Raum zum Installieren der Feder als auch die ausreichende Dämpfung mit der Dämpferkammer erzielen kann, weiter verbessert werden.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, ein Kraftstoffeinspritzventil vorzusehen, das einen breiten Raum zum Installieren einer Feder und eine ausreichende Dämpfung mit einer Dämpferkammer sicherstellen kann.

[0010] Gemäß der vorliegenden Offenbarung ist ein Kraftstoffeinspritzventil vorgesehen, das Folgendes aufweist: ein Gehäuse, das ein Einspritzloch aufweist, welches in einer Längsrichtung des Gehäuses an einem Ende des Gehäuses ausgebildet ist und dazu konfiguriert ist, Kraftstoff einzuspritzen; eine Nadel, die dazu konfiguriert ist, sich an einer Innenseite des Gehäuses in der Längsrichtung zu bewegen, um das Einspritzloch zu öffnen und zu schließen, einen stationären Kern, der an der Innenseite des Gehäuses fixiert ist, wobei zumindest ein Abschnitt des stationären Kerns aus einem magnetischen Material hergestellt ist; einen beweglichen Kern, der dazu konfiguriert ist, sich zusammen mit der Nadel an der Innenseite des Gehäuses in der

Längsrichtung zu bewegen, wobei zumindest ein Abschnitt des beweglichen Kerns aus einem magnetischen Material hergestellt ist; und eine Spule, die dazu konfiguriert ist, zwischen dem stationären Kern und dem beweglichen Kern eine magnetische Anziehungskraft zu erzeugen. Eine Dämpferkammer, welche dazu konfiguriert ist, eine Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel zu dämpfen, ist zwischen der Nadel und dem Gehäuse ausgebildet.

[0011] Bei dem Kraftstoffeinspritzventil, das die vorstehende Struktur aufweist, ist die Dämpferkammer, welche dazu konfiguriert ist, die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel zu dämpfen, zwischen der Nadel und dem Gehäuse ausgebildet. Da es nicht notwendig ist, die Dämpferkammer an der Stelle zwischen dem beweglichen Kern und dem Gehäuse auszubilden, ist es möglich, den breiten Raum zum Installieren der Feder an dieser Stelle sicherzustellen. Im Ergebnis ist es möglich, den Effekt einer Dämpfung mit der Dämpferkammer ausreichend auszuüben, während der breite Raum zum Installieren der Feder sichergestellt wird.

[0012] Gemäß der vorliegenden Offenbarung ist das Kraftstoffeinspritzventil vorgesehen, das den breiten Raum zum Installieren der Feder und die ausreichende Dämpfung mit der Dämpferkammer sicherstellen kann.

Figurenliste

Fig. 1 eine Querschnittsansicht, die eine interne Struktur eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt;

Fig. 2 eine vergrößerte Ansicht, die eine Struktur eines Abschnitts A in **Fig. 1** zeigt;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht, die eine interne Struktur eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt;

Fig. 4 eine vergrößerte Ansicht, die eine Struktur eines Abschnitts B in **Fig. 3** zeigt;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht, die einen Abschnitt einer internen Struktur eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt;

Fig. 6 eine Querschnittsansicht, die einen Abschnitt einer internen Struktur eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einer vierten Ausführungsform zeigt;

Fig. 7 eine Querschnittsansicht, die einen Abschnitt einer internen Struktur eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einer fünften Ausführungsform zeigt.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0013] Nachfolgend werden Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben werden. Um das Verständnis der Beschreibung zu erleichtern, werden, soweit möglich, die gleichen Komponenten in den jeweiligen Zeichnungen durch die gleichen Bezugszeichen angegeben, und deren überflüssige Beschreibung wird weggelassen.

[0014] Ein Kraftstoffeinspritzventil 10 einer ersten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben werden. Das Kraftstoffeinspritzventil 10 ist eine Vorrichtung, die an einer (nicht näher dargestellten) Maschine mit interner Verbrennung installiert ist und durch Einspritzung des Kraftstoffs Kraftstoff zuführt. Bei dieser Ausführungsform wird Gas-kraftstoff, genauer gesagt Wasserstoff, als der Kraftstoff verwendet. Das Kraftstoffeinspritzventil 10 beinhaltet ein Gehäuse 100, eine Nadel 200, einen beweglichen Kern 300, einen stationären Kern 400 und eine Spule 600.

[0015] Das Gehäuse 100 ist ein Bauteil, das als ein Gefäß ausgebildet ist, das im Ganzen eine im Wesentlichen rohrförmige Form aufweist. **Fig. 1** zeigt das Gehäuse 100 in einem Zustand, in welchem eine Längsrichtung des Gehäuses 100 mit einer Richtung von oben nach unten zusammenfällt. In der folgenden Beschreibung kann ein Wort bzw. Begriff wie beispielsweise „obere Seite“ lediglich dazu verwendet werden, die obere Seite in **Fig. 1** anzugeben. Zusätzlich kann ein Wort bzw. Begriff wie beispielsweise „untere Seite“ lediglich dazu verwendet werden, die untere Seite in **Fig. 1** anzugeben. Diese sind auch auf die **Fig. 2** bis **Fig. 7** anwendbar, die in der folgenden Beschreibung verwendet werden.

[0016] Wie später beschrieben wird, strömt der Kraftstoff, der ausgehend von dem Kraftstoffeinspritzventil 10 eingespritzt werden soll, innerhalb des Gehäuses 100 ausgehend von der oberen Seite hin zu der unteren Seite. Die Nadel 200, der bewegliche Kern 300 und der stationäre Kern 400, die später beschrieben werden, sind in dem Inneren des Gehäuses 100 aufgenommen.

[0017] Das Gehäuse 100 beinhaltet ein erstes rohrförmiges Bauteil 110, ein zweites rohrförmiges Bauteil 120, ein drittes rohrförmiges Bauteil 130, ein vierter rohrförmiges Bauteil 140 und ein fünftes rohrförmiges Bauteil 150. Diese Bauteile sind jeweils als ein allgemein zylindrisches rohrförmiges Bauteil geformt und koaxial platziert.

[0018] Das erste rohrförmige Bauteil 110 ist in der Strömungsrichtung des Kraftstoffs auf der am weitesten stromabwärts liegenden Seite an dem

Gehäuse 100 platziert. Das erste rohrförmige Bauteil 110 ist aus martensitischem Edelstahl hergestellt und wird abgeschreckt, um dessen Härtegrad zu erhöhen. Innerhalb des ersten rohrförmigen Bauteils 110 ist ein Raum 111 ausgebildet, und die Nadel 200, die später beschrieben wird, ist in diesem Raum 111 aufgenommen.

[0019] Eine Einspritzdüse 500 wird an eine Innenseite eines unteren Endteils des ersten rohrförmigen Bauteils 110 pressgepasst und geschweißt. Die Einspritzdüse 500 ist ein Abschnitt des Gehäuses 100 und beinhaltet einen zylindrischen Abschnitt 520 und einen Schließabschnitt 510. Der zylindrische Abschnitt 520 ist in einer zylindrischen rohrförmigen Form geformt. Der zylindrische Abschnitt 520 wird derart an eine Innenseite des ersten rohrförmigen Bauteils 110 gepasst, dass eine Mittelachse des zylindrischen Abschnitts 520 mit einer Mittelachse des ersten rohrförmigen Bauteils 110 zusammenfällt. Eine innere periphere Oberfläche 521 des zylindrischen Abschnitts 520 ist eine Oberfläche, entlang der eine Mehrzahl von verschiebbaren Kontaktabschnitten 222 (die später beschrieben werden) der Nadel 200 verschiebbar sind, während diese damit kontaktieren.

[0020] Der Schließabschnitt 510 ist derart ausgebildet, dass dieser ein unteres Endteil des zylindrischen Abschnitts 520 schließt. Ein Einspritzloch 511 wird durch den Schließabschnitt 510 ausgebildet. Das Einspritzloch 511 ist ein Durchgangsloch, das sich in der Richtung von oben nach unten in **Fig. 1** durch einen Mittelpunkt des Schließabschnitts 510 erstreckt. Das Einspritzloch 511 steht mit dem Raum 111, welcher an der Innenseite des ersten rohrförmigen Bauteils 110 ausgebildet ist, und einem außenseitigen Raum in Verbindung. Das Einspritzloch 511 ist als ein Auslass des Kraftstoffs ausgebildet, der ausgehend von dem Kraftstoffeinspritzventil 10 eingespritzt wird. Wie vorstehend beschrieben, ist bei dem Kraftstoffeinspritzventil 10 das Einspritzloch 511 zum Einspritzen des Kraftstoffs an einem Ende des Gehäuses 100 in der Längsrichtung ausgebildet.

[0021] Ein Ventilsitz 512 ist derart an einer Innenoberfläche des Schließabschnitts 510 ausgebildet, dass der Ventilsitz 512 das Einspritzloch 511 umgibt. Der Ventilsitz 512 ist ein Abschnitt, welchen ein Dichtungsabschnitt 221 (der später beschrieben wird) der Nadel 200 kontaktiert, um das Einspritzloch 511 zu schließen.

[0022] Die Einspritzdüse 500 ist vollständig aus martensitischem Edelstahl hergestellt und wird abgeschreckt, um dessen Härtegrad zu erhöhen. Außerdem werden der Ventilsitz 512 und die innere periphere Oberfläche 521 der Einspritzdüse 500, welche die Nadel 200 kontaktiert, nitriert. Eine diamantartige

bzw. diamantähnliche Kohlenstoff-(engl. diamond-like carbon; DLC-)Beschichtung ist an der inneren peripheren Oberfläche 521 ausgebildet, um eine Reibungskraft zu reduzieren.

[0023] Ein Abschnitt des ersten rohrförmigen Bauteils 110, welcher gegenüber der Einspritzdüse 500 angeordnet ist, d. h. ein oberer Abschnitt des ersten rohrförmigen Bauteils 110, ist hinsichtlich eines Durchmessers expandiert bzw. ausgedehnt, und dadurch wird ein zylindrischer Abschnitt 112 mit ausgedehntem Durchmesser derart ausgebildet, dass sich der zylindrische Abschnitt 112 mit ausgedehntem Durchmesser ausgehend von diesem Abschnitt weiter nach oben erstreckt. Eine Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts 112 mit ausgedehntem Durchmesser ist ein Abschnitt, entlang dessen ein Abschnitt des beweglichen Kerns 300 verschiebbar ist, während dieser damit kontaktiert. Daher wird der zylindrische Abschnitt 112 mit ausgedehntem Durchmesser nitriert. Ein unteres Ende des zweiten rohrförmigen Bauteils 120 kontaktiert ein oberes Ende des zylindrischen Abschnitts 112 mit ausgedehntem Durchmesser, d. h. ein oberes Ende des ersten rohrförmigen Bauteils 110.

[0024] Das zweite rohrförmige Bauteil 120 ist ein zylindrisches rohrförmiges Bauteil des Gehäuses 100, das in der Strömungsrichtung des Kraftstoffs auf der stromaufwärtigen Seite des ersten rohrförmigen Bauteils 110 platziert ist. Ein Innendurchmesser und ein Außendurchmesser des zweiten rohrförmigen Bauteils 120 sind jeweils gleich einem Innendurchmesser und einem Außendurchmesser des zylindrischen Abschnitts 112 mit ausgedehntem Durchmesser. Das zweite rohrförmige Bauteil 120 ist aus ferritischem Edelstahl hergestellt, welcher ein magnetisches Material ist. Ein oberes Ende des zweiten rohrförmigen Bauteils 120 ist mit einem unteren Ende des dritten rohrförmigen Bauteils 130 verbunden.

[0025] Das dritte rohrförmige Bauteil 130 ist ein zylindrisches rohrförmiges Bauteil des Gehäuses 100, das in der Strömungsrichtung des Kraftstoffs auf der stromaufwärtigen Seite des zweiten rohrförmigen Bauteils 120 platziert ist. Ein Innendurchmesser und ein Außendurchmesser des dritten rohrförmigen Bauteils 130 sind jeweils gleich einem Innendurchmesser und einem Außendurchmesser des zweiten rohrförmigen Bauteils 120. Das dritte rohrförmige Bauteil 130 ist aus austenitischem Edelstahl hergestellt, welcher ein nicht-magnetisches Material ist. Ein oberes Ende des dritten rohrförmigen Bauteils 130 ist mit einem unteren Ende des vierten rohrförmigen Bauteils 140 verbunden.

[0026] Das vierte rohrförmige Bauteil 140 ist ein zylindrisches rohrförmiges Bauteil des Gehäuses 100, das in der Strömungsrichtung des Kraftstoffs

auf der stromaufwärtigen Seite des dritten rohrförmigen Bauteils 130 platziert ist. Ein Innendurchmesser und ein Außendurchmesser des vierten rohrförmigen Bauteils 140 sind jeweils gleich einem Innendurchmesser und einem Außendurchmesser des dritten rohrförmigen Bauteils 130. Das vierte rohrförmige Bauteil 140 ist aus ferritischem Edelstahl hergestellt, welcher ein magnetisches Material ist. Ein unteres Endteil des fünften rohrförmigen Bauteils 150 ist an eine Innenseite des oberen Abschnitts des vierten rohrförmigen Bauteils 140 pressgepasst und geschweißt.

[0027] Das fünfte rohrförmige Bauteil 150 ist ein allgemein zylindrisches rohrförmiges Bauteil, das in der Strömungsrichtung des Kraftstoffs auf der am weitesten stromaufwärts liegenden Seite an dem Gehäuse 100 platziert ist. Das fünfte rohrförmige Bauteil 150 ist aus austenitischem Edelstahl hergestellt. Ein Einlassanschluss 153 ist an einem oberen Endteil des fünften rohrförmigen Bauteils 150 ausgebildet. Der Einlassanschluss 153 ist eine Öffnung, die als ein Einlass zum Einführen des Kraftstoffs ausgehend von der Außenseite ausgebildet ist.

[0028] In einem Raum 151, der an einer Innenseite des fünften rohrförmigen Bauteils 150 ausgebildet ist, ist ein Filter 152 an einer Stelle platziert, die benachbart zu dem Einlassanschluss 153 angeordnet ist. Der Filter 152 dient dem Sammeln von Fremdobjekten, die in dem Kraftstoff enthalten sind, der ausgehend von dem Einlassanschluss 153 eingeführt wird.

[0029] Die Nadel 200 ist ein stabförmiges Bauteil, das an der Innenseite des Gehäuses 100 platziert ist. Die Nadel 200 ist dazu konfiguriert, sich in einem Zustand, in welchem eine Mittelachse der Nadel 200 mit der Mittelachse des Gehäuses 100 zusammenfällt, in der Längsrichtung des Gehäuses 100 zu bewegen, d. h. in der Richtung von oben nach unten in **Fig. 1**. Die Nadel 200 ist aus martensitischem Edelstahl hergestellt und wird abgeschreckt, um deren Härtegrad zu erhöhen. Der Dichtungsabschnitt 221 ist an einem Endteil der Nadel 200 ausgebildet, welches sich auf der Seite der Einspritzdüse 500 befindet.

[0030] Wenn die Nadel 200 in einem beweglichen Bereich der Nadel 200 auf eine unterste Position bewegt wird, kontaktiert der Dichtungsabschnitt 221 den Ventilsitz 512, um das Einspritzloch 511 zu schließen, wie in **Fig. 1** gezeigt wird. Dadurch wird die Kraftstoffeinspritzung ausgehend von dem Einspritzloch 511 gestoppt. Wenn die Nadel 200 nach oben bewegt wird, um den Dichtungsabschnitt 221 von dem Ventilsitz 512 wegzuhaben, wird das Einspritzloch 511 geöffnet. Dadurch wird der Kraftstoff ausgehend von dem Einspritzloch 511 eingespritzt. Wie vorstehend beschrieben, ist die Nadel 200 als

ein Bauteil vorgesehen, das an der Innenseite des Gehäuses 100 in der Längsrichtung bewegt wird, um das Einspritzloch 511 zu öffnen und zu schließen.

[0031] In der folgenden Beschreibung wird eine Seite (die obere Seite in **Fig. 1**), zu welcher die Nadel 200 hin bewegt wird, um das Einspritzloch 511 zu öffnen, auch als eine Ventilöffnungsseite bezeichnet werden. Außerdem wird eine andere Seite (die untere Seite in **Fig. 1**), zu welcher die Nadel 200 hin bewegt wird, um das Einspritzloch 511 zu schließen, auch als eine Ventilschließseite bezeichnet werden.

[0032] Die verschiebbaren Kontaktabschnitte 222 sind derart ausgebildet, dass diese an der äußeren peripheren Oberfläche der Nadel 200 an einer Stelle, die auf der Ventilöffnungsseite etwas von dem Dichtungsabschnitt 221 versetzt angeordnet ist, radial nach außen hervorsteht. Radial äußere Enden der verschiebbaren Kontaktabschnitte 222 sind in einem Zustand, in welchem die radial äußeren Enden der verschiebbaren Kontaktabschnitte 222 die innere periphere Oberfläche 521 kontaktieren, entlang der inneren peripheren Oberfläche 521 des zylindrischen Abschnitts 520 verschiebbar. Die verschiebbaren Kontaktabschnitte 222 sind einer nach dem anderen in einer Umfangsrichtung der Nadel 200 arrangiert. Eine Aussparung, welche als ein Durchlass des Kraftstoffs dient, ist jeweils zwischen zwei benachbarten der verschiebbaren Kontaktabschnitten 222 ausgebildet. Der Dichtungsabschnitt 221 und die verschiebbaren Kontaktabschnitte 222 der Nadel 200 sind nitriert. Eine DLC-Beschichtung wird zusätzlich auf den verschiebbaren Kontaktabschnitten 222 ausgebildet. Auf diese Weise wird ein Reibungswiderstand zwischen den jeweiligen verschiebbaren Kontaktabschnitten 222 und der inneren peripheren Oberfläche 521 reduziert.

[0033] Die Nadel 200 ist in einem Zustand platziert, in welchem sich die Nadel 200 in der Richtung von oben nach unten durch den beweglichen Kern 300 erstreckt, der später beschrieben wird. Ein oberes Endteil der Nadel 200 befindet sich auf der oberen Seite eines oberen Endes des beweglichen Kerns 300. Ein Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser steht an der peripheren Oberfläche des oberen Endteils der Nadel 200 radial nach außen hervor. Eine Oberfläche des Abschnitts 210 mit ausgedehntem Durchmesser, die sich auf der Seite des beweglichen Kerns 300 befindet, d. h. eine Oberfläche des Abschnitts 210 mit ausgedehntem Durchmesser, die sich auf der Ventilschließseite befindet, ist dazu konfiguriert, eine Endoberfläche des beweglichen Kerns 300 zu kontaktieren.

[0034] Der Raum 201 ist an der Innenseite der Nadel 200 ausgebildet. Der Raum 201 erstreckt sich ausgehend von dem Ende auf der Ventilöff-

nungsseite des Abschnitts 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 zu einer Stelle, die auf der Ventilschließseite des beweglichen Kerns 300 angeordnet ist. Der Raum 201 öffnet sich an dem Ende auf der Ventilöffnungsseite der Nadel 200 zu der Außenseite. Eine Mehrzahl von Durchgangslöchern 202 ist an einer Stelle, die in dem Raum 201 auf der Ventilschließseite des beweglichen Kerns 300 angeordnet ist, an der Nadel 200 ausgebildet. Der Raum 201 und der Raum 111 stehen durch die Durchgangslöcher 202 miteinander in Verbindung.

[0035] Der bewegliche Kern 300 ist ein Bauteil, das im Ganzen in einer allgemein zylindrischen rohrförmigen Form geformt ist. Der bewegliche Kern 300 ist dazu konfiguriert, sich in einem Zustand, in welchem eine Mittelachse des beweglichen Kerns 300 mit der Mittelachse des Gehäuses 100 zusammenfällt, zusammen mit der Nadel 200 in der Längsrichtung des Gehäuses 100 zu bewegen, d. h. in der Richtung von oben nach unten in **Fig. 1**. Der bewegliche Kern 300 beinhaltet einen Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite und einen Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite.

[0036] Der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite ist in einer allgemein zylindrischen rohrförmigen Form geformt und ein Teil des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite ist auf der radial inneren Seite des Abschnitts 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite platziert. Der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite ist aus martensitischem Edelstahl hergestellt, welcher ein nicht-magnetisches Material ist und einen relativ hohen Härtegrad aufweist. Der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite wird abgeschreckt, um dessen Härtegrad zu erhöhen. Ein Durchgangsloch 313 auf der beweglichen Seite ist derart an einem Mittelpunkt des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite ausgebildet, dass sich das Durchgangsloch 313 auf der beweglichen Seite durch den Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite in der Richtung von oben nach unten erstreckt, d. h. der Längsrichtung des Gehäuses 100. Die vorstehend beschriebene Nadel 200 wird durch das Durchgangsloch 313 auf der beweglichen Seite eingesetzt. Die äußere periphere Oberfläche der Nadel 200 ist entlang einer Innenoberfläche des Durchgangslochs 313 auf der beweglichen Seite verschiebbar, während diese damit kontaktiert. Die Innenoberfläche des Durchgangslochs 313 auf der beweglichen Seite wird nitriert. Außerdem wird die äußere periphere Oberfläche der Nadel 200 ebenfalls nitriert, und auf der äußeren peripheren Oberfläche der Nadel 200 wird eine DLC-Beschichtung ausgebildet.

[0037] Der Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 kontaktiert eine Endoberfläche auf der Ventilöffnungsseite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite, die sich ausgehend von der oberen Seite der Endoberfläche des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite auf der Ventilöffnungsseite befindet. Ein Teil der Endoberfläche auf der Ventilöffnungsseite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite ist dazu konfiguriert, zu der Ventilöffnungszeit an den stationären Kern 400 anzugrenzen bzw. anzustoßen, wie später beschrieben wird. Der Teil der Endoberfläche auf der Ventilöffnungsseite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite, welcher dazu konfiguriert ist, den Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 zu kontaktieren, und der Teil der Endoberfläche auf der Ventilöffnungsseite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite, welcher dazu konfiguriert ist, an den stationären Kern 400 anzustoßen, sind beide nitriert. Außerdem ist eine Endoberfläche auf der Ventilschließseite des Abschnitts 210 mit ausgedehntem Durchmesser, die sich auf der Ventilschließseite befindet, ebenfalls nitriert.

[0038] Ein Durchmesser eines Teils auf der Ventilschließseite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite, der sich auf der Ventilschließseite befindet, wird ausgedehnt, um einen Abschnitt 311 mit ausgedehntem Durchmesser auszubilden, der radial hervorsteht. Eine radial äußere Endoberfläche 312 des Abschnitts 311 mit ausgedehntem Durchmesser kontaktiert eine Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts 112 mit ausgedehntem Durchmesser des ersten rohrförmigen Bau-teils 110. Wenn der bewegliche Kern 300 bewegt wird, wird die radial äußere Endoberfläche 312 des Abschnitts 311 mit ausgedehntem Durchmesser entlang der Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts 112 mit ausgedehntem Durchmesser verschoben, während diese damit kontaktiert. Die radial äußere Endoberfläche 312 ist nitriert, und auf der radial äußeren Endoberfläche 312 ist eine DLC-Beschichtung ausgebildet.

[0039] Der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite ist in einer allgemein zylindrischen rohrförmigen Form geformt und ist an einer Stelle platziert, die auf der äußeren Seite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite angeordnet ist. Der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite ist in einem Zustand, in welchem eine Innenoberfläche des Abschnitts 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite mit einer Außenoberfläche des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite in Kontakt steht, durch sogenanntes „Hämmern“ an dem Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite fixiert. Eine Endober-

fläche auf der Ventilschließseite des Abschnitts 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite, die sich auf der Ventilschließseite befindet, kontaktiert den Abschnitt 311 mit ausgedehntem Durchmesser des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite.

[0040] Der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite ist aus ferritischem Edelstahl hergestellt, welcher ein magnetisches Material ist. Daher ist ein Härtegrad des Abschnitts 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite niedriger als ein Härtegrad des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite. An der Innenseite des Gehäuses 100 ist der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite an einer Stelle platziert, an welcher der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite dem zweiten rohrförmigen Bauteil 120 im Wesentlichen gegenüberliegend angeordnet ist.

[0041] Eine Endoberfläche auf der Ventilöffnungsseite des Abschnitts 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite, die sich auf der Ventilöffnungsseite befindet, ist etwas von der Endoberfläche auf der Ventilöffnungsseite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite hin zu der Ventilschließseite versetzt. Mit anderen Worten steht die obere Endoberfläche des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite ausgehend von der oberen Endoberfläche des Abschnitts 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite etwas nach oben hervor.

[0042] Somit ist der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite derart ausgebildet, dass dieser sich in der Längsrichtung des Gehäuses 100 ausgehend von dem oberen Endteil (einem Endteil) des beweglichen Kerns 300 zu dem unteren Endteil (dem anderen Endteil) des beweglichen Kerns 300 erstreckt.

[0043] Eine Mehrzahl von Durchgangslöchern 301 erstreckt sich an einer Stelle, die benachbart zu einer äußeren Peripherie des beweglichen Kerns 300 angeordnet ist, in der Richtung von oben nach unten durch den beweglichen Kern 300. Jedes der Durchgangslöcher 301 erstreckt sich durch sowohl den Abschnitt 311 mit ausgedehntem Durchmesser des Abschnitts 320 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite als auch den Abschnitt 310 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite. Eine Funktion der Durchgangslöcher 301 wird später beschrieben werden.

[0044] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite, welcher der Abschnitt des beweglichen Kerns 300 ist, aus dem magnetischen Material hergestellt, und der Abschnitt 310 mit

hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite, welcher der andere Abschnitt des beweglichen Kerns 300 ist, ist aus dem nicht-magnetischen Material hergestellt. Alternativ dazu kann der bewegliche Kern 300 vollständig aus einem magnetischen Material hergestellt sein.

[0045] Wie der bewegliche Kern 300 ist der stationäre Kern 400 ein Bauteil, das im Ganzen in einer allgemein zylindrischen rohrförmigen Form geformt ist. Der stationäre Kern 400 ist in einem Zustand, in welchem eine Mittelachse des stationären Kerns 400 mit der Mittelachse des Gehäuses 100 zusammenfällt, an der Innenseite des Gehäuses 100 fixiert. Der stationäre Kern 400 befindet sich an einer Stelle, an welcher der stationäre Kern 400 auf der Ventilöffnungsseite des beweglichen Kerns 300 benachbart zu dem beweglichen Kern 300 angeordnet ist. Wie in **Fig. 1** gezeigt wird, ist zwischen dem stationären Kern 400 und dem beweglichen Kern 300 ein Spalt ausgebildet, wenn der Dichtungsabschnitt 221 der Nadel 200 den Ventilsitz 512 kontaktiert. Der stationäre Kern 400 beinhaltet einen Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite und einen Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite.

[0046] Der Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite ist allgemein in einer zylindrischen rohrförmigen Form geformt und ist auf der oberen Seite des beweglichen Kerns 300 platziert. In dem Inneren des Gehäuses 100 ist der Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite an einer Stelle platziert, an welcher der Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite dem vierten rohrförmigen Bauteil 140 im Wesentlichen gegenüberliegend angeordnet ist. Eine äußere periphere Oberfläche des Abschnitts 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite ist durch Schweißen an einer Innenoberfläche des vierten rohrförmigen Bauteils 140 fixiert.

[0047] Der Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite weist ein Durchgangsloch 421 auf, welches sich in der Richtung von oben nach unten durch den Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite erstreckt. Der Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite ist aus ferritischem Edelstahl hergestellt, welcher ein magnetisches Material ist. Daher ist der Härtegrad des Abschnitts 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite niedriger als der Härtegrad des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite.

[0048] Der Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite ist in einer allgemein zylindrischen rohrförmigen Form geformt und ist auf einer radial inneren Seite des Abschnitts 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite platziert.

Genauer gesagt ist der Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite an einem unteren Abschnitt des Durchgangslochs 421 platziert. Der Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite ist aus martensitischem Edelstahl hergestellt, welcher ein nicht-magnetisches Material ist und einen relativ hohen Härtegrad aufweist. Der Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite wird abgeschreckt, um dessen Härtegrad zu erhöhen. Eine Endoberfläche des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite, die sich auf der Seite des beweglichen Kerns 300 befindet, ist eine Oberfläche, an welche der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite des beweglichen Kerns 300 anstößt. Daher ist diese Endoberfläche nitriert. Der Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite ist in einem Zustand, in welchem eine Außenoberfläche des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite mit einer Innenoberfläche des Abschnitts 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite in Kontakt steht, durch Schweißen an dem Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite fixiert.

[0049] Ein Durchgangsloch 401 auf der stationären Seite erstreckt sich in der Richtung von oben nach unten durch einen Mittelpunkt des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite. Der vorstehend beschriebene Raum 201 der Nadel 200 steht durch das Durchgangsloch 401 auf der stationären Seite und das Durchgangsloch 421 mit dem Raum 151 des fünften rohrförmigen Bauteils 150 in Verbindung.

[0050] Der Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 ist in einen Abschnitt des Durchgangslochs 401 auf der stationären Seite eingesetzt, der sich ausgehend von der unteren Seite des Durchgangslochs 401 auf der stationären Seite auf der Seite des beweglichen Kerns 300 befindet. Ein Innendurchmesser dieses Abschnitts des Durchgangslochs 401 auf der stationären Seite ist etwas größer als ein Innendurchmesser des restlichen Durchgangslochs 401 auf der stationären Seite. Daher ist zwischen dem Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 und einer Innenoberfläche des Durchgangslochs 401 auf der stationären Seite ein Spalt ausgebildet.

[0051] Eine Endoberfläche auf der Ventilschließseite des Abschnitts 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite, die sich auf der Ventilschließseite befindet, ist etwas von einer Endoberfläche auf der Ventilschließseite des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite hin zu der Ventilöffnungsseite versetzt. Mit anderen Worten steht die untere Endoberfläche des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite etwas ausgehend von der unteren Endoberfläche

des Abschnitts 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite hin zu der unteren Seite, d. h. hin zu dem beweglichen Kern 300 hervor. Die untere Endoberfläche des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite ist der oberen Endoberfläche des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite vollständig gegenüberliegend angeordnet.

[0052] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist der Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite, welcher der Abschnitt des stationären Kerns 400 ist, aus dem magnetischen Material hergestellt, und der Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite, welcher der andere Abschnitt des stationären Kerns 400 ist, ist aus dem nicht-magnetischen Material hergestellt, wie vorstehend beschrieben. Alternativ dazu kann der stationäre Kern 400 vollständig aus einem magnetischen Material hergestellt sein.

[0053] Die Spule 600 ist dazu konfiguriert, eine magnetische Kraft zu erzeugen, wenn der Spule 600 ein elektrischer Strom zugeführt wird. In einem Zustand, in welchem die Spule 600 um einen Spulenträger 610 gewickelt ist, deckt die Spule 600 das gesamte dritte rohrförmige Bauteil 130 und einen Abschnitt des vierten rohrförmigen Bauteils 140 des Gehäuses 100 ausgehend von dessen äußerer Seite ab. Wenn der Spule 600 elektrischer Strom zugeführt wird, wird ein magnetischer Kreis ausgebildet, sodass ein magnetischer Fluss durch den Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite, den Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite, das zweite rohrförmige Bauteil 120 und das vierte rohrförmige Bauteil 140 verläuft. Dadurch wird zwischen dem stationären Kern 400 und dem beweglichen Kern 300 eine magnetische Anziehungskraft erzeugt. Der bewegliche Kern 300 wird durch diese magnetische Anziehungskraft zusammen mit der Nadel 200 hin zu der Ventilöffnungsseite bewegt. Wenn die Zufuhr des elektrischen Stroms zu der Spule 600 gestoppt wird, wird die vorstehend beschriebene magnetische Anziehungskraft null. Zu dieser Zeit wird der bewegliche Kern 300 durch eine Vorspannkraft einer Feder 820, die später beschrieben wird, zusammen mit der Nadel 200 hin zu der Ventilschließseite bewegt.

[0054] Nun wird die andere Struktur des Kraftstoffeinspritzventils 10 beschrieben werden. Ein Einstellrohr 430 ist in einen Abschnitt des Durchgangslochs 421 des Abschnitts 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite pressgepasst, welcher sich auf der oberen Seite des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite befindet. Das Einstellrohr 430 ist ein zylindrisches rohrförmiges Bau teil, und ein Durchgangsloch 431 erstreckt sich in der Richtung von oben nach unten durch das Einstellrohr 430.

[0055] Die Feder 820 ist auf der unteren Seite des Einstellrohrs 430 platziert. Die Feder 820 ist im Wesentlichen vollständig in dem Durchgangsloch 401 auf der stationären Seite platziert. Die Feder 820 ist ein federndes Bauteil, das eine Expansions-/Kontraktions-Richtung aufweist, die mit der Richtung von oben nach unten zusammenfällt. Ein Ende der Feder 820 kontaktiert ein Endteil auf der Ventilschließseite des Einstellrohrs 430, das sich auf der Ventilschließseite befindet. Das andere Ende der Feder 820 kontaktiert ein Endteil auf der Ventilöffnungsseite des Abschnitts 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200. Die Feder 820 liegt in einem Zustand vor, in welchem eine Länge der Feder 820 im Vergleich zu einer freien Länge der Feder 820 verkürzt ist. Somit wird der Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 durch eine Kraft, die ausgehend von der Feder 820 ausgeübt wird, gegen den Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite vorgespannt. Daher spannt die Feder 820 sowohl die Nadel 200 als auch den beweglichen Kern 300 hin zu der Ventilschließseite vor.

[0056] Eine Feder 810 ist auf der unteren Seite des beweglichen Kerns 300 platziert. Die Feder 810 ist ein federndes Bauteil, das eine Expansions-/Kontraktions-Richtung aufweist, die mit der Richtung von oben nach unten zusammenfällt. Ein Ende der Feder 810 kontaktiert ein gestuftes Teil, das an einer Endoberfläche auf der Ventilschließseite des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite ausgebildet ist, die sich auf der Ventilschließseite befindet. Das andere Ende der Feder 810 kontaktiert ein gestuftes Teil, das an dem ersten rohrförmigen Bauteil 110 an einer Stelle nahe einem Endteil auf der Ventilöffnungsseite des ersten rohrförmigen Bauteils 110 ausgebildet ist, die sich auf der Ventilöffnungsseite befindet. Wie vorstehend beschrieben, ist die Feder 810 zwischen dem beweglichen Kern 300 und dem Gehäuse 100 platziert.

[0057] Die Feder 810 liegt in einem Zustand vor, in welchem eine Länge der Feder 810 im Vergleich zu einer freien Länge der Feder 810 verkürzt ist. Somit wird der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite des beweglichen Kerns 300 durch eine Kraft, die ausgehend von der Feder 810 ausgeübt wird, gegen den Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 vorgespannt. Somit spannt die Feder 810 sowohl die Nadel 200 als auch den beweglichen Kern 300 hin zu der Ventilöffnungsseite vor.

[0058] Indem die Feder 810 und die Feder 820 vorgesehen werden, wird ein Zustand beibehalten, in welchem der Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser und der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite einander kontaktieren.

[0059] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Vorspannkraft der Feder 820 größer als die Vorspannkraft der Feder 810. Daher kontaktiert der Dichtungsabschnitt 221 der Nadel 200 in dem Zustand, in welchem die Zufuhr des elektrischen Stroms zu der Spule 600 gestoppt wird, und die magnetische Anziehungskraft zwischen dem stationären Kern 400 und dem beweglichen Kern 300 dadurch nicht ausgeübt wird, den Ventilsitz 512, das heißt das Einspritzloch 511 ist geschlossen.

[0060] Die Spule 600, das vierte rohrförmige Bauteil 140 und ein Abschnitt des fünften rohrförmigen Bauteils 150 werden durch das Harz 900 ausgehend von der radial äußeren Seite ausgeformt. Ein Abschnitt des Harzes 900 steht zu der äußeren Seite hervor, und dieser hervorstehende Abschnitt des Harzes 900 ist als ein Verbinder 910 ausgebildet. Der Verbinder 910 ist ein Abschnitt, mit welchem eine externe elektrische Leitung zum Zuführen des elektrischen Stroms zu der Spule 600 verbunden werden kann. Leistungszufuhranschlüsse 920 werden an der Innenseite des Verbinders 910 gehalten. Die Leistungszufuhranschlüsse 920 sind mit einzelnen Enden der Leistungszuführleitungen zusammengefügt, die mit der Spule 600 verbunden sind. Der elektrische Strom wird der Spule 600 durch die Leistungszufuhranschlüsse 920 zugeführt.

[0061] Ein Halter 700 ist an einer Außenseite eines Abschnitts des Harzes 900 installiert, welches das vierte rohrförmige Bauteil 140 abdeckt. Der Halter 700 ist ein Bauteil, welches in einer rohrförmigen Form geformt ist, und ist aus einem magnetischen Material hergestellt. Der Halter 700 ist derart ausgebildet, dass dieser sich ausgehend von einer Stelle, welche auf der äußeren Seite des zylindrischen Abschnitts 112 mit ausgedehntem Durchmesser angeordnet ist, zu einer Stelle erstreckt, welche sich auf der Ventilöffnungsseite eines Endteils auf der Ventilöffnungsseite der Spule 600 befindet, die sich auf der Ventilöffnungsseite befindet. Eine Abdeckung 710 ist auf einer inneren Seite des Halters 700 an einer Stelle installiert, welche auf der Ventilöffnungsseite der Spule 600 angeordnet ist. Die Abdeckung 710 ist ein allgemein zylindrisches rohrförmiges Bauteil, das aus einem magnetischen Material hergestellt ist. Die Abdeckung 710 umgibt das vierte rohrförmige Bauteil 140 ausgehend von dessen äußerer Seite. Ein Ausschnitt ist an einem Abschnitt der Abdeckung 710 ausgebildet, welcher benachbart zu dem Verbinder 910 angeordnet ist, um eine Interferenz mit dem Verbinder 910 zu vermeiden. Daher wird in **Fig. 1** ein Querschnitt der Abdeckung 710 lediglich an einer Stelle angegeben, welche auf der rechten Seite des vierten rohrförmigen Bauteils 140 angeordnet ist. Der Halter 700 und die Abdeckung 710 bilden einen Abschnitt des magnetischen Kreises aus, durch welchen der magnetische

ische Fluss fließt, der durch die Spule 600 erzeugt wird.

[0062] Als nächstes wird der Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils 10 beschrieben werden. Der Kraftstoff wird durch den Einlassanschluss 153 in das fünfte rohrförmige Bauteil 150 zugeführt. Wie vorstehend erörtert, wird das Einspritzloch 511 geschlossen, wenn der Spule 600 kein elektrischer Strom zugeführt wird. Daher ist das Kraftstoffeinspritzventil 10 in dem Zustand platziert, in welchem die Innenseite bzw. das Innere des Kraftstoffeinspritzventils 10 durch den Kraftstoff beaufschlagt wird.

[0063] Wenn die Zufuhr des elektrischen Stroms zu der Spule 600 startet, wird die magnetische Anziehungskraft zwischen dem stationären Kern 400 und dem beweglichen Kern 300 erzeugt, sodass der bewegliche Kern 300 hin zu der Ventilöffnungsseite bewegt wird. Zu dieser Zeit wird die Nadel 200 zusammen mit dem beweglichen Kern 300 hin zu der Ventilöffnungsseite bewegt, da der Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 den Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite des beweglichen Kerns 300 kontaktiert. Der Dichtungsabschnitt 221 der Nadel 200 wird von dem Ventilsitz 512 weggehoben, und das Einspritzloch 511 ist in dem offenen Zustand platziert. Somit startet die Kraftstoffeinspritzung ausgehend von dem Einspritzloch 511.

[0064] Der Kraftstoff strömt ausgehend von dem Einlassanschluss 153 in den Raum 151. Danach strömt der Kraftstoff durch das Durchgangsloch 431, das Durchgangsloch 401 auf der stationären Seite, den Raum 201, die Durchgangslöcher 202 und den Raum 111, und wird ausgehend von dem Einspritzloch 511 eingespritzt. Der Durchlass, welcher den Kraftstoff auf die vorstehend beschriebene Weise leitet, dient als ein Kraftstoffdurchlass, der an der Innenseite des Gehäuses 100 ausgebildet und dazu konfiguriert ist, den Kraftstoff, welcher ausgehend von der Außenseite des Gehäuses 100 zugeführt wird, zu dem Einspritzloch 511 zu leiten.

[0065] Der Kraftstoff wird um den beweglichen Kern 300 herum eingefüllt. Wenn der bewegliche Kern 300 hin zu der Ventilöffnungsseite bewegt wird, bewegt sich der Kraftstoff, welcher in dem Raum vorliegt bzw. vorhanden ist, der sich auf der Ventilöffnungsseite des beweglichen Kerns 300 befindet, in den Raum, der sich auf der Ventilschließseite des beweglichen Kerns 300 befindet, durch die Durchgangslöcher 301. Da sich der Kraftstoff störungsfrei durch die Durchgangslöcher 301 bewegt, wird die Bewegung des beweglichen Kerns 300 nicht durch den Kraftstoff gestört. Das gleiche tritt auf, wenn sich der bewegliche Kern 300 nachfolgend hin zu der Ventilschließseite bewegt. Die oberen und unteren Räume, welche sich jeweils auf der oberen Seite

und der unteren Seite des beweglichen Kerns 300 befinden, und die Durchgangslöcher 301, welche diese oberen und unteren Räume verbinden, dienen als ein Teil des Kraftstoffdurchlasses.

[0066] Der bewegliche Kern 300, welcher die Bewegung hin zu der Ventilöffnungsseite gestartet hat, stößt an den stationären Kern 400 an und wird dadurch gestoppt. Wie vorstehend beschrieben steht bei der vorliegenden Ausführungsform die obere Endoberfläche des Abschnitts 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite hin zu dem stationären Kern 400 hervor, und die untere Endoberfläche des Abschnitts 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite steht hin zu dem beweglichen Kern 300 hervor. Daher stößt der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite des beweglichen Kerns 300 an den stationären Kern 400 an, aber der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite des beweglichen Kerns 300 stößt nicht an den stationären Kern 400 an. Außerdem stößt der bewegliche Kern 300 an den Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite des stationären Kerns 400 an, aber der bewegliche Kern 300 stößt nicht an den Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite des stationären Kerns 400 an.

[0067] Wie vorstehend beschrieben, ist das Kraftstoffeinspritzventil 10 der vorliegenden Ausführungsform derart konfiguriert, dass, wenn der Spule 600 der elektrische Strom zugeführt wird, der bewegliche Kern 300 zusammen mit der Nadel 200 durch die so erzeugte magnetische Anziehungskraft hin zu dem stationären Kern 400 bewegt wird, und der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite dadurch an den Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite anstößt.

[0068] Bei der vorliegenden Ausführungsform stoßen der Abschnitt 310 mit hohem Härtegrad auf der beweglichen Seite, welcher bei dem beweglichen Kern 300 einen relativ hohen Härtegrad aufweist, und der Abschnitt 410 mit hohem Härtegrad auf der stationären Seite, welcher bei dem stationären Kern 400 einen relativ hohen Härtegrad aufweist, miteinander zusammen. Daher ist die Erzeugung einer Beschädigung durch die Kollision bei sowohl dem stationären Kern 400 als auch dem beweglichen Kern 300 beschränkt.

[0069] Im Gegensatz dazu stößt ein anderes Bauteil nicht mit irgendeinem aus dem Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite und dem Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite zusammen, obwohl der Abschnitt 320 mit niedrigem Härtegrad auf der beweglichen Seite und der Abschnitt 420 mit niedrigem Härtegrad auf der stationären Seite, welche zu der magnetischen Anziehungskraft beitragen, aus dem magnet-

ischen Material hergestellt sind, das den relativ niedrigen Härtegrad aufweist. Das Kraftstoffeinspritzventil 10 ist derart konfiguriert, dass die Erzeugung der Beschädigung, die durch die Kollision verursacht wird, beschränkt wird, obwohl die magnetische Anziehungskraft unter Verwendung des magnetischen Materials effizient erzeugt werden kann.

[0070] Wenn in dem Zustand, in welchem das Einspritzloch 511 geöffnet ist, die Zufuhr des elektrischen Stroms zu der Spule 600 gestoppt wird, wird die magnetische Anziehungskraft zwischen dem stationären Kern 400 und dem beweglichen Kern 300 nicht ausgeübt. Der bewegliche Kern 300 und die Nadel 200 werden durch die Vorspannkraft der Feder 820 hin zu der Ventilschließseite bewegt, und schließlich wird der Zustand eingerichtet, in welchem der Dichtungsabschnitt 221 den Ventilsitz 512 kontaktiert, d. h. der Zustand, in welchem das Einspritzloch 511 geschlossen ist. Daher wird die Kraftstoffeinspritzung ausgehend von dem Einspritzloch 511 gestoppt.

[0071] Wie vorstehend beschrieben, wird der bewegliche Kern 300 zu der Zeit, zu welcher die Einspritzung des Kraftstoffs gestartet wird, hin zu der Ventilöffnungsseite bewegt und stößt mit dem stationären Kern 400 zusammen. Außerdem wird zu der Zeit, zu welcher die Einspritzung des Kraftstoffs gestoppt wird, die Nadel 200 hin zu der Ventilschließseite bewegt und stößt mit dem Ventilsitz 512 zusammen. Um einen Verschleiß und eine Verformung der jeweiligen Bauteile des Kraftstoffeinspritzventils 10 zu beschränken, ist es vorzuziehen, dass die Energie zu der Zeit einer Kollision gering ist. Merkmale zum Reduzieren der Energie zu der Zeit einer Kollision werden unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben werden. **Fig. 2** zeigt eine vergrößerte Ansicht, die eine Struktur eines Abschnitts A in **Fig. 1** zeigt.

[0072] Wie in **Fig. 2** gezeigt wird, weist die Nadel 200 einen ersten Abschnitt 231 und einen zweiten Abschnitt 232 auf, welche sich auf der unteren Seite des Abschnitts 210 mit ausgedehntem Durchmesser befinden. Der erste Abschnitt 231 erstreckt sich ausgehend von dem Abschnitt 210 mit ausgedehntem Durchmesser hin zu der unteren Seite und weist einen relativ großen Außendurchmesser auf. Der zweite Abschnitt 232 erstreckt sich ausgehend von einem unteren Ende des ersten Abschnitts 231 hin zu der unteren Seite und weist einen Durchmesser auf, welcher kleiner ist als der Außendurchmesser des ersten Abschnitts 231. Der erste Abschnitt 231 dient als ein Abschnitt mit großem Durchmesser der vorliegenden Ausführungsform. Der zweite Abschnitt 232 dient als ein Abschnitt mit kleinem Durchmesser der vorliegenden Ausführungsform. Der erste Abschnitt 231, welcher der Abschnitt mit großem Durchmesser ist, und der zweite Abschnitt 232, welcher der Abschnitt mit kleinem Durchmesser ist, sind

in der Längsrichtung des Gehäuses 100 ausgerichtet.

[0073] Ein unteres Endteil des ersten Abschnitts 231 ist der inneren peripheren Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 gegenüberliegend angeordnet und wird durch die innere periphere Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 verschiebar gelagert.

[0074] Nachfolgend wird ein Abschnitt, an welchem ein Teil des ersten Abschnitts 231 der Nadel 200 und die innere periphere Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 einander gegenüberliegend angeordnet sind, auch als ein verschiebbarer Abschnitt 271 bezeichnet werden. In dem verschiebbaren Abschnitt 271 ist zwischen dem ersten Abschnitt 231 und dem ersten rohrförmigen Bauteil 110 ein Spalt von ungefähr mehreren μm bis zu mehreren $zg \mu\text{m}$ ausgebildet. In dem verschiebbaren Abschnitt 271 können die Nadel 200 und das erste rohrförmige Bauteil 110 einander teilweise kontaktieren.

[0075] An einer Stelle, die auf der unteren Seite des verschiebbaren Abschnitts 271 angeordnet ist, ist zwischen dem zweiten Abschnitt 232 und der inneren peripheren Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 ein Raum ausgebildet. Wie später beschrieben wird, ist dieser Raum ein Raum, der als eine Dämpferkammer 250 zum Dämpfen der Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 fungiert. Die Dämpferkammer 250 ist ein Raum, der in der Nähe des oberen Endteils des zweiten Abschnitts 232 um den zweiten Abschnitt 232 herum ausgebildet ist, welcher der Abschnitt mit kleinem Durchmesser ist.

[0076] Ein Abschnitt der inneren peripheren Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110, welcher sich auf der unteren Seite der Dämpferkammer 250 befindet, steht entlang des gesamten Umfangs der inneren peripheren Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 hin zu dem zweiten Abschnitt 232 hervor. Dieser hervorstehende Abschnitt wird nachfolgend als ein Vorsprung 260 bezeichnet werden. Der vorstehend beschriebene Raum 111 ist ein Raum, der sich auf der unteren Seite des Vorsprungs 260 an der Innenseite des ersten rohrförmigen Bauteils 110 befindet.

[0077] Ein Teil des zweiten Abschnitts 232, welcher sich auf der unteren Seite der Dämpferkammer 250 befindet, ist gegenüberliegend zu der inneren peripheren Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110, genauer gesagt zu der inneren peripheren Oberfläche des Vorsprungs 260, angeordnet, und durch die innere periphere Oberfläche des Vorsprungs 260 verschiebbar gelagert. Nachfolgend wird ein Abschnitt, an welchem das Teil des zweiten Abschnitts 232 der Nadel 200 und die innere peri-

phäre Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 einander gegenüberliegend angeordnet sind, auch als ein verschiebbarer Abschnitt 272 bezeichnet werden. In dem verschiebbaren Abschnitt 272 ist zwischen dem zweiten Abschnitt 232 und dem Vorsprung 260 ein Spalt von ungefähr mehreren μm bis zu mehreren zig μm ausgebildet. In dem verschiebbaren Abschnitt 272 können die Nadel 200 und das erste rohrförmige Bauteil 110 einander teilweise kontaktieren. Der Vorsprung 260 dient auch als eine Wand, die einen unteren Endabschnitt der Dämpferkammer 250 definiert. Die vorstehend beschriebenen Durchgangslöcher 202 sind auf der unteren Seite des Vorsprungs 260 an der Nadel 200 ausgebildet.

[0078] Da die Dämpferkammer 250 mit dem Raum 111 verbunden ist, welcher der Kraftstoffdurchlass ist, kann der Kraftstoff in der oder aus der Dämpferkammer 250 strömen. Allerdings sind die Strömung des Kraftstoffs in die Dämpferkammer 250 und die Strömung des Kraftstoffs aus der Dämpferkammer 250 beschränkt, da der verschiebbare Abschnitt 271 und der verschiebbare Abschnitt 272, welche jeweils den kleinen Spalt ausbilden, zwischen der Dämpferkammer 250 und dem Kraftstoffdurchlass vorgesehen sind, und dadurch wird die Dämpferkammer 250 zu einem halb abgedichteten Raum.

[0079] Wie vorstehend beschrieben, wird die Nadel 200 zu der Zeit, zu welcher die Einspritzung des Kraftstoffs gestartet wird, hin zu der Ventilöffnungsseite bewegt. Zu dieser Zeit wird ein Volumen der Dämpferkammer 250 als Reaktion auf die Bewegung der Nadel 200 erhöht bzw. vergrößert, sodass ein Druck des Kraftstoffs in der Dämpferkammer 250 reduziert wird. Aufgrund eines Druckunterschieds zwischen der Dämpferkammer 250 und dem Kraftstoffdurchlass wird in einer Richtung hin zu der Ventilschließseite eine Kraft auf die Nadel 200 angewendet bzw. ausgeübt. Im Ergebnis wirkt eine Kraft, welche die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 und des beweglichen Kerns 300 in der Richtung hin zu der Ventilschließseite dämpft, auf die Nadel 200 und den beweglichen Kern 300, die sich in der Richtung hin zu der Ventilöffnungsseite bewegen. Daher wird eine Kollisionsenergie der Nadel 200 und/oder des beweglichen Kerns 300, welche die beweglichen Bauteile sind, zu der Zeit eines Auftretens der Kollision der Nadel 200 und/oder des beweglichen Kerns 300 mit dem stationären Kern 400, welcher das stationäre Bauteil ist, reduziert.

[0080] Wie vorstehend beschrieben, wird die Nadel 200 zu der Zeit, zu welcher die Einspritzung des Kraftstoffs gestoppt wird, hin zu der Ventilschließseite bewegt. Zu dieser Zeit wird das Volumen der Dämpferkammer 250 als Reaktion auf die Bewegung der Nadel 200 verringert, sodass der Druck des Kraftstoffs in der Dämpferkammer 250 erhöht wird.

Aufgrund des Druckunterschieds zwischen der Dämpferkammer 250 und dem Kraftstoffdurchlass wird in einer Richtung hin zu der Ventilöffnungsseite eine Kraft auf die Nadel 200 angewendet bzw. ausgeübt. Im Ergebnis wirkt eine Kraft, welche die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 in der Richtung hin zu der Ventilschließseite dämpft, auf die Nadel 200, die sich in der Richtung hin zu der Ventilschließseite bewegt. Daher wird die Kollisionsenergie der Nadel 200, welche das bewegliche Bauteil ist, zu der Zeit eines Auftretens der Kollision der Nadel 200 mit dem Ventilsitz 512, welcher das stationäre Bauteil ist, selbst zu der Ventilschließzeit reduziert.

[0081] Es ist zu beachten, dass eine derartige Dämpferkammer 250 zwischen dem beweglichen Kern 300 und dem Gehäuse 100, genauer gesagt an einer Stelle direkt unterhalb des beweglichen Kerns 300 ausgebildet sein kann, wie in dem herkömmlichen Fall. Allerdings wird es bei einer derartigen Konfiguration schwierig, die Feder 810 an dieser Stelle zu arrangieren. Um die Funktion der Dämpferkammer 250 vollständig auszuüben bzw. auszuführen, ist es notwendig, das Volumen der Dämpferkammer 250 zu reduzieren, aber dies reduziert den Freiheitsgrad beim Gestalten der Feder 810, die an dieser Stelle installiert ist.

[0082] Falls die Federkonstante der Feder 810 kein geeigneter Wert ist, kann innerhalb des Gehäuses 100 Resonanz auftreten. Um die Resonanz zuverlässig zu beschränken, ist es vorzuziehen, dass ein relativ großer Raum zum Installieren der Feder 810 und eine Erhöhung des Freiheitsgrads beim Gestalten der Feder 810 sichergestellt werden. Daher ist es vorzuziehen, dass die Feder 810 an einem Abschnitt der Innenseite des Gehäuses 100 arrangiert ist, der einen relativ weiten Raum sicherstellen kann. Das heißt, es ist vorzuziehen, dass die Feder 810 an der Stelle zwischen dem beweglichen Kern 300 und dem Gehäuse 100 arrangiert ist, wie bei der vorliegenden Ausführungsform.

[0083] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Dämpferkammer 250 zum Dämpfen der Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 an der Stelle zwischen der Nadel 200 und dem Gehäuse 100, genauer gesagt der Stelle zwischen dem zweiten Abschnitt 232 und dem ersten rohrförmigen Bauteil 110 platziert. Da es nicht notwendig ist, die Dämpferkammer an der Stelle zwischen dem beweglichen Kern 300 und dem Gehäuse 100 auszubilden, ist es möglich, den breiten Raum zum Installieren der Feder 810 an dieser Stelle sicherzustellen. Im Ergebnis ist es möglich, den Effekt einer Dämpfung mit der Dämpferkammer 250 ausreichend auszuüben, während der breite Raum zum Installieren der Feder 810 sichergestellt wird.

[0084] Die Struktur des vorstehend beschriebenen Kraftstoffeinspritzventils 10 kann auch bei einem Kraftstoffeinspritzventil zum Einspritzen von Flüssigkraftstoff verwendet werden. Allerdings ist die Viskosität des Kraftstoffs bei dem Kraftstoffeinspritzventil 10 zum Einspritzen des Gaskraftstoffs gering, und die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 oder dergleichen neigt dazu, zu hoch zu sein. Daher ist der Vorteil, die Struktur der vorliegenden Ausführungsform zu verwenden, erheblich.

[0085] Ferner neigt das Material jeder Komponente des Kraftstoffeinspritzventils 10 aufgrund von sogenannter Wasserstoff-Versprödung dazu, spröde bzw. brüchig zu sein, wenn der Wasserstoff als der Gas-Kraftstoff verwendet wird, wie bei der vorliegenden Ausführungsform. Wenn das bewegliche Bauteil wie beispielsweise die Nadel 200 zu der Zeit, zu welcher die Wasserstoff-Versprödung auftritt, heftig zusammenstößt bzw. kollidiert, kann jede Komponente des Kraftstoffeinspritzventils 10 aufgrund von Verschleiß oder dergleichen verformt werden, und die Betriebseigenschaften des Kraftstoffeinspritzventils 10 können sich in einer kurzen Zeitspanne verändern. Daher wird in dem Fall, bei welchem der Wasserstoff als der Gaskraftstoff verwendet wird, der Vorteil, die vorstehend beschriebene Struktur des Kraftstoffeinspritzventils 10 zu verwenden, besonders offensichtlich.

[0086] Nun wird eine zweite Ausführungsform beschrieben werden. In der folgenden Beschreibung werden hauptsächlich Unterschiede beschrieben werden, die zu der ersten Ausführungsform bestehen, und die Merkmale, welche mit der ersten Ausführungsform übereinstimmen, werden weggelassen, wo dies geeignet ist. **Fig. 3** zeigt eine Gesamtstruktur des Kraftstoffeinspritzventils 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform. **Fig. 4** zeigt eine vergrößerte Ansicht, die eine Struktur eines Abschnitts B in **Fig. 3** zeigt. Das Kraftstoffeinspritzventil 10 der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich in Hinblick auf die Struktur, die in **Fig. 4** gezeigt wird, von der ersten Ausführungsform.

[0087] Wie in **Fig. 4** gezeigt wird, ist bei der vorliegenden Ausführungsform ein Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser an der Nadel 200 installiert. Das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser ist ein allgemein zylindrisches rohrförmiges Bauteil. Ein Außendurchmesser des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser ist größer als ein Außen-durchmesser des ersten Abschnitts 231. Ein Innen-durchmesser des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser ist allgemein der gleiche wie der Außendurchmesser des zweiten Abschnitts 232. Der zweite Abschnitt 232 der Nadel 200 wird durch das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser eingesetzt, und ein oberes Ende des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser kontaktiert ein

unteres Ende des ersten Abschnitts 231. Das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser ist zum Beispiel durch Schweißen oder Presspassen an dieser Position an der Nadel 200 fixiert. Daher ist das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser als ein Abschnitt der Nadel 200 ausgebildet. Das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser dient als ein Abschnitt mit großem Durchmesser der vorliegenden Ausführungsform. Außerdem dient der zweite Abschnitt 232 als ein Abschnitt mit kleinem Durchmesser der vorliegenden Ausführungsform, da der Außendurchmesser des zweiten Abschnitts 232 kleiner ist als der Außendurchmesser des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser.

[0088] Eine äußere periphere Oberfläche des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser ist der inneren peripheren Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 gegenüberliegend angeordnet und wird durch die innere periphere Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 verschiebbar gelagert. Nachfolgend wird ein Abschnitt, an welchem das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser der Nadel 200 und die innere periphere Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 einander gegenüberliegend angeordnet sind, auch als ein verschiebbarer Abschnitt 273 bezeichnet werden. In dem verschiebbaren Abschnitt 273 ist zwischen dem Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser und dem ersten rohrförmigen Bauteil 110 ein Spalt von ungefähr mehreren µm bis zu mehreren zig µm ausgebildet. In dem verschiebbaren Abschnitt 273 können das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser und das erste rohrförmige Bauteil 110 einander teilweise kontaktieren.

[0089] An einer Stelle, die auf der unteren Seite des verschiebbaren Abschnitts 273 angeordnet ist, ist zwischen dem zweiten Abschnitt 232 und der inneren peripheren Oberfläche des ersten rohrförmigen Bauteils 110 ein Raum ausgebildet. Dieser Raum fungiert als die Dämpferkammer 250 der vorliegenden Ausführungsform.

[0090] Da die Dämpferkammer 250 mit dem Raum 111 verbunden ist, welcher der Kraftstoffdurchlass ist, kann der Kraftstoff in der oder aus der Dämpferkammer 250 strömen. Allerdings sind die Strömung des Kraftstoffs in die Dämpferkammer 250 und die Strömung des Kraftstoffs aus der Dämpferkammer 250 beschränkt, da der verschiebbare Abschnitt 273 und der verschiebbare Abschnitt 272, welche jeweils den kleinen Spalt ausbilden, zwischen der Dämpferkammer 250 und dem Kraftstoffdurchlass vorgesehen sind, und dadurch wird die Dämpferkammer 250 zu einem halb abgedichteten Raum.

[0091] Selbst bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Dämpferkammer 250 ein Raum, der um den zweiten Abschnitt 232 herum ausgebildet ist, welcher

als der Abschnitt mit kleinem Durchmesser dient. Ein oberer Endabschnitt der Dämpferkammer 250 ist durch das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser definiert, und ein unterer Endabschnitt der Dämpferkammer 250 ist durch den Vorsprung 260 definiert. Selbst bei einer derartigen Struktur dämpft die Dämpferkammer 250 die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns 300 und der Nadel 200.

[0092] Bei der vorliegenden Ausführungsform kann eine Größe einer Fläche der Dämpferkammer 250 im Vergleich zu der ersten Ausführungsform erhöht sein, wenn diese ausgehend von der oberen Seite der Dämpferkammer 250 betrachtet wird, da das obere Ende der Dämpferkammer 250 durch das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser definiert wird.

[0093] Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die Nadel 200, an welcher das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser noch nicht installiert ist, durch das Durchgangsloch 313 auf der beweglichen Seite des beweglichen Kerns 300 eingesetzt, und danach wird das Bauteil 240 mit ausgedehntem Durchmesser an der Nadel 200 installiert. Daher kann die Größe der Dämpferkammer 250 im Vergleich zu der Fläche des Durchgangslochs 313 auf der beweglichen Seite erhöht sein, wenn diese ausgehend von der oberen Seite der Dämpferkammer 250 betrachtet wird. Im Ergebnis ist es möglich, den Effekt einer Dämpfung mit der Dämpferkammer 250 zu steigern.

[0094] Nun wird eine dritte Ausführungsform beschrieben werden. In der folgenden Beschreibung werden hauptsächlich Unterschiede beschrieben werden, die zu der ersten Ausführungsform bestehen, und die Merkmale, welche mit der ersten Ausführungsform übereinstimmen, werden weggelassen, wo dies geeignet ist. **Fig. 5** zeigt eine vergrößerte Ansicht, die einen Abschnitt des Kraftstoffeinspritzventils 10 der vorliegenden Ausführungsform zeigt, welcher dem Abschnitt A in **Fig. 1** entspricht. Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich in Hinblick auf die Struktur dieses Abschnitts von der ersten Ausführungsform.

[0095] Bei der vorliegenden Ausführungsform erstreckt sich eine Mehrzahl von Verbindungsduchlässen 233 durch einen Teil des zweiten Abschnitts 232 der Nadel 200, welcher benachbart zu der Dämpferkammer 250 angeordnet ist. Jeder der Verbindungsduchlässe 233 ist ein Durchgangsloch, das dazu konfiguriert ist, den Raum 201 an der Innenseite der Nadel 200, d. h. den Kraftstoffdurchlass und die Dämpferkammer 250 in Verbindung zu setzen. Obwohl die Verbindungsduchlässe 233 den Kraftstoffdurchlass und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzen, unterscheidet sich die Stelle der Verbindungsduchlässe 233 von den Stellen des ver-

schiebbaren Abschnitts 271 und des verschiebbaren Abschnitts 272, welche auch als die Durchlässe dienen, die den Kraftstoffdurchlass und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzen.

[0096] Wenn die Nadel 200 angetrieben wird, strömt ein Anteil des Kraftstoffs zwischen der Dämpferkammer 250 und dem Raum 201 durch die Verbindungsduchlässe 233. Daher wird die Funktion der Dämpferkammer 250, das heißt die Funktion, die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 zu dämpfen, dadurch beschränkt, dass die Verbindungsduchlässe 233 ausgebildet werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 oder dergleichen zweckmäßig anzupassen, indem ein Innendurchmesser und die Anzahl der Verbindungsduchlässe 233 angepasst werden, und dadurch ist es möglich, eine übermäßige Reduzierung der Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 oder dergleichen zu beschränken.

[0097] Nun wird eine vierte Ausführungsform beschrieben werden. In der folgenden Beschreibung werden hauptsächlich Unterschiede beschrieben werden, die zu der zweiten Ausführungsform, die in **Fig. 4** gezeigt wird, bestehen, und die Merkmale, welche mit der zweiten Ausführungsform übereinstimmen, werden weggelassen, wo dies geeignet ist. **Fig. 6** zeigt eine vergrößerte Ansicht, die einen Abschnitt des Kraftstoffeinspritzventils 10 der vorliegenden Ausführungsform zeigt, welcher **Fig. 4** entspricht, d. h. den Abschnitt B in **Fig. 3**. Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich in Hinblick auf die Struktur dieses Abschnitts von der zweiten Ausführungsform.

[0098] Bei der vorliegenden Ausführungsform erstreckt sich eine Mehrzahl von Verbindungsduchlässen 241 in der Richtung von oben nach unten durch einen Abschnitt des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser, welcher ausgehend von dem ersten Abschnitt 231 nach außen hervorsteht. Die Mitte jedes Verbindungsduchlasses 241 ist im Vergleich zu dem restlichen Verbindungsduchlass 241 verengt, um einen Strömungseinschränkungsabschnitt 242 auszubilden.

[0099] Jeder der Verbindungsduchlässe 241 ist als ein Durchgangsloch ausgebildet, das einen Raum, welcher sich auf der oberen Seite des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser in dem Kraftstoffdurchlass befindet, und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzt. Obwohl die Verbindungsduchlässe 241 den Kraftstoffdurchlass und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzen, unterscheidet sich die Stelle der Verbindungsduchlässe 241 von den Stellen des verschiebbaren Abschnitts 273 und des verschiebbaren Abschnitts 272, welche auch als

die Durchlässe dienen, die den Kraftstoffdurchlass und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzen.

[0100] Wenn die Nadel 200 angetrieben wird, strömt ein Anteil des Kraftstoffs zwischen der Dämpferkammer 250 und dem Raum, welcher sich auf der oberen Seite des Bauteils 240 mit ausgedehntem Durchmesser in dem Kraftstoffdurchlass befindet, durch die Verbindungs durchlässe 241. Daher wird die Funktion der Dämpferkammer 250, das heißt die Funktion, die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 zu dämpfen, dadurch beschränkt, dass die Verbindungs durchlässe 241 ausgebildet werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 oder dergleichen zweckmäßig anzupassen, indem Innendurchmesser und die Anzahl der Verbindungs durchlässe 241 angepasst werden, und Innendurchmesser der Strömungseinschränkungsabschnitte 242 angepasst werden, und dadurch ist es möglich, eine übermäßige Reduzierung der Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 oder dergleichen zu beschränken.

[0101] Nun wird eine fünfte Ausführungsform beschrieben werden. In der folgenden Beschreibung werden hauptsächlich Unterschiede beschrieben werden, die zu der zweiten Ausführungsform, die in **Fig. 4** gezeigt wird, bestehen, und die Merkmale, welche mit der zweiten Ausführungsform übereinstimmen, werden weggelassen, wo dies geeignet ist. **Fig. 7** zeigt eine vergrößerte Ansicht, die einen Abschnitt des Kraftstoffeinspritzventils 10 der vorliegenden Ausführungsform zeigt, welcher **Fig. 4** entspricht, d. h. den Abschnitt B in **Fig. 3**. Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich in Hinblick auf die Struktur dieses Abschnitts von der zweiten Ausführungsform.

[0102] Bei der vorliegenden Ausführungsform erstreckt sich eine Mehrzahl von Verbindungs durchlässen 261 durch den Vorsprung 260. Die Mitte jedes Verbindungs durchlasses 261 ist im Vergleich zu dem restlichen Verbindungs durchlass 261 verengt, um einen Strömungseinschränkungsabschnitt 262 auszubilden.

[0103] Jeder der Verbindungs durchlässe 261 ist als ein Durchgangsloch ausgebildet, das den Raum 111, welcher sich auf der unteren Seite des Vorsprungs 260 in dem Kraftstoffdurchlass befindet, und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzt. Obwohl die Verbindungs durchlässe 261 den Kraftstoffdurchlass und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzen, unterscheidet sich die Stelle der Verbindungs durchlässe 261 von den Stellen des verschiebbaren Abschnitts 273 und des verschiebbaren Abschnitts 272, welche auch als die Durchlässe dienen, die den Kraftstoffdurchlass und die Dämpferkammer 250 in Verbindung setzen.

[0104] Wenn die Nadel 200 angetrieben wird, strömt ein Anteil des Kraftstoffs zwischen der Dämpferkammer 250 und dem Raum 111, welcher der Kraftstoffdurchlass ist, durch die Verbindungs durchlässe 261. Daher wird die Funktion der Dämpferkammer 250, das heißt die Funktion, die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 zu dämpfen, dadurch beschränkt, dass die Verbindungs durchlässe 261 ausgebildet werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, die Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 oder dergleichen zweckmäßig anzupassen, indem Innendurchmesser und die Anzahl der Verbindungs durchlässe 261 angepasst werden, und Innendurchmesser der Strömungseinschränkungsabschnitte 262 angepasst werden, und dadurch ist es möglich, eine übermäßige Reduzierung der Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel 200 oder dergleichen zu beschränken.

[0105] Die Ausführungsformen wurden vorstehend unter Bezugnahme auf die spezifischen Beispiele beschrieben. Allerdings sollte die vorliegende Offenbarung nicht auf diese spezifischen Beispiele beschränkt werden. Modifikationen dieser spezifischen Beispiele mit einer geeigneten Gestaltungsveränderung sind ebenfalls in dem Umfang der vorliegenden Offenbarung enthalten, solange diese Modifikationen die Merkmale der vorliegenden Offenbarung aufweisen. Die Anordnung, der Zustand, die Form und dergleichen jedes der Elemente, die in jedem der vorstehend dargelegten spezifischen Beispiele beinhaltet sind, sollten nicht auf jene beschränkt werden, die vorstehend veranschaulicht sind, sondern können geeignet bzw. zweckmäßig verändert werden. Die Kombinationen der Elemente, die in jedem der vorstehend dargelegten spezifischen Beispiele beinhaltet sind, können geeignet bzw. zweckmäßig verändert werden, solange kein technischer Widerspruch vorliegt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- JP 2019105868 [0001]
- JP 2018189002 A [0006]

Patentansprüche

5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, wobei Wasserstoff als der Kraftstoff verwendet wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

1. Kraftstoffeinspritzventil, aufweisend:
 ein Gehäuse (100), das ein Einspritzloch (511) aufweist, welches in einer Längsrichtung des Gehäuses an einem Ende des Gehäuses ausgebildet ist und dazu konfiguriert ist, Kraftstoff einzuspritzen;
 eine Nadel (200), die dazu konfiguriert ist, sich an einer Innenseite des Gehäuses in der Längsrichtung zu bewegen, um das Einspritzloch zu öffnen und zu schließen;
 einen stationären Kern (400), der an der Innenseite des Gehäuses fixiert ist, wobei zumindest ein Abschnitt des stationären Kerns aus einem magnetischen Material hergestellt ist;
 einen beweglichen Kern (300), der dazu konfiguriert ist, sich zusammen mit der Nadel an der Innenseite des Gehäuses in der Längsrichtung zu bewegen, wobei zumindest ein Abschnitt des beweglichen Kerns aus einem magnetischen Material hergestellt ist, und
 eine Spule (600), die dazu konfiguriert ist, zwischen dem stationären Kern und dem beweglichen Kern eine magnetische Anziehungskraft zu erzeugen, wobei:
 eine Dämpferkammer (250), welche dazu konfiguriert ist, eine Bewegungsgeschwindigkeit der Nadel zu dämpfen, zwischen der Nadel und dem Gehäuse ausgebildet ist.

2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, wobei:
 die Nadel einen Abschnitt (232) mit kleinem Durchmesser und einen Abschnitt (231, 240) mit großem Durchmesser aufweist, welche in der Längsrichtung ausgerichtet sind, wobei der Abschnitt mit großem Durchmesser einen Außendurchmesser aufweist, der größer ist als ein Außendurchmesser des Abschnitts mit kleinem Durchmesser, und
 die Dämpferkammer um den Abschnitt mit kleinem Durchmesser ausgebildet ist.

3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, wobei:
 das Gehäuse einen Kraftstoffdurchlass aufweist, der an der Innenseite des Gehäuses ausgebildet und dazu konfiguriert ist, den Kraftstoff, welcher ausgehend von einer Außenseite des Gehäuses zugeführt ist, zu dem Einspritzloch zu leiten; und
 ein Verbindungsduchlass (233, 241, 261), welcher die Dämpferkammer und den Kraftstoffdurchlass in Verbindung setzt, an einer Stelle ausgebildet ist, die sich von einer Stelle eines verschiebbaren Abschnitts (271, 272, 273) unterscheidet, an welcher die Nadel und das Gehäuse einander gegenüberliegend angeordnet sind.

4. Kraftstoffeinspritzventil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei Gaskraftstoff als der Kraftstoff verwendet wird.

Anhängende Zeichnungen

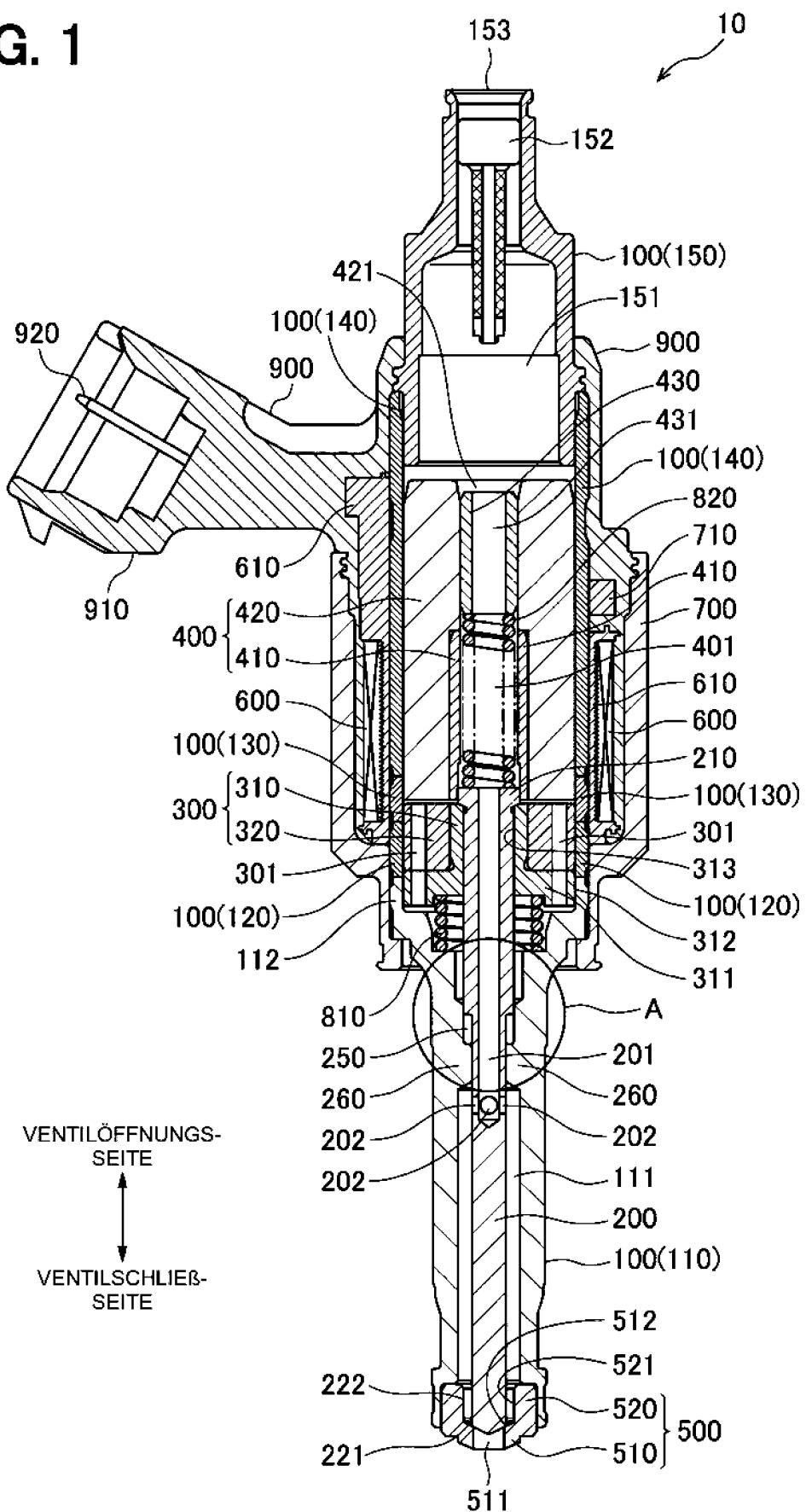
FIG. 1

FIG. 2

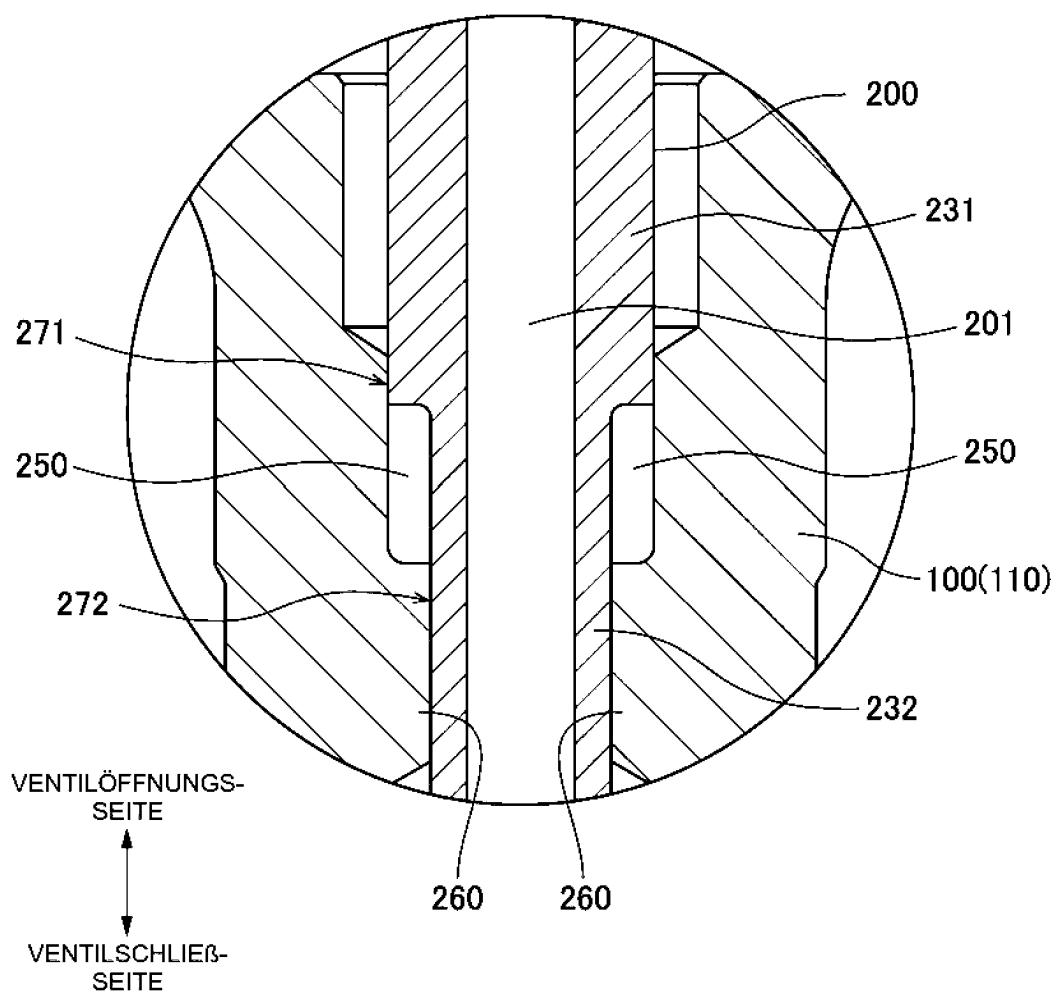


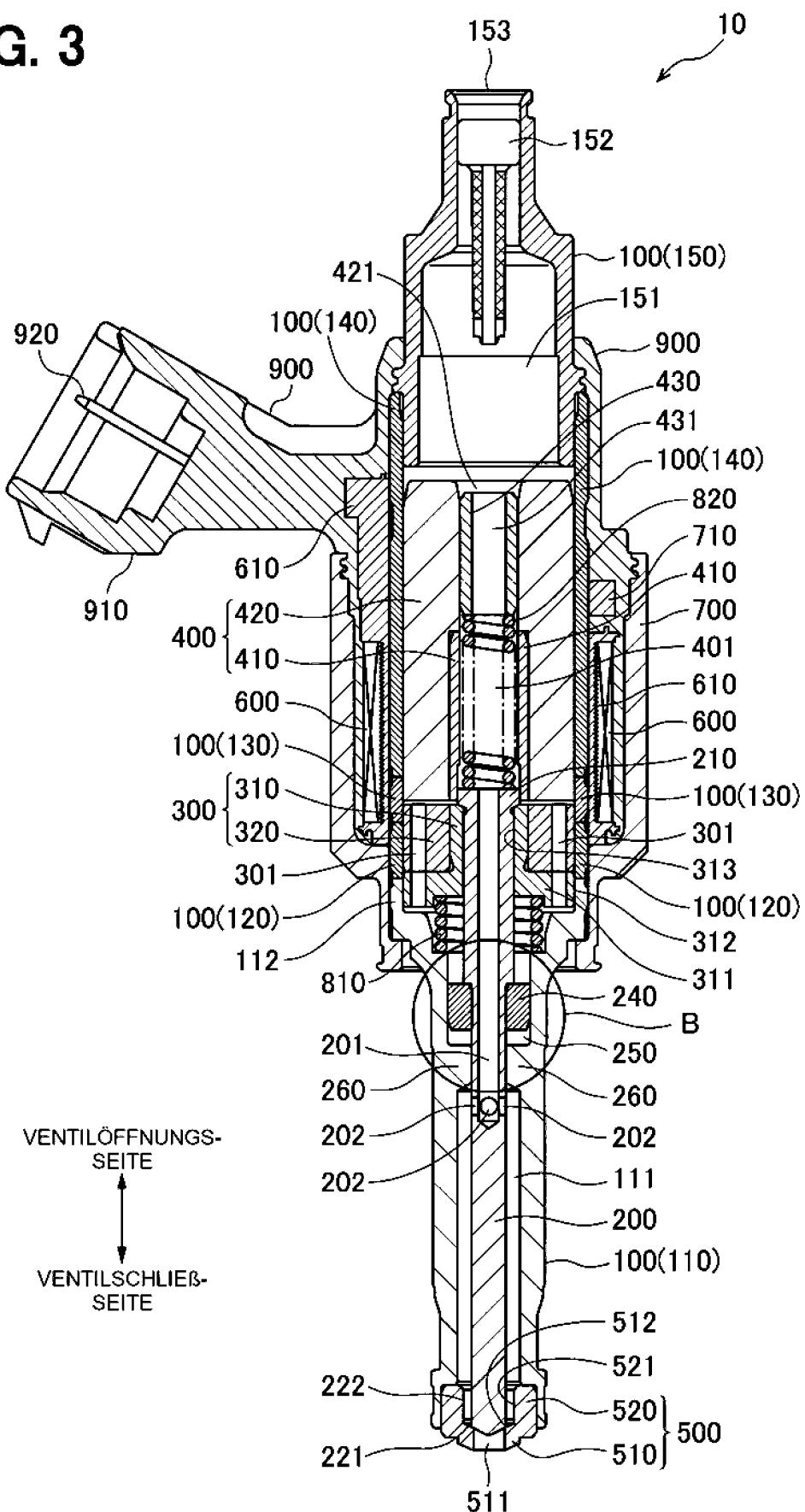
FIG. 3

FIG. 4

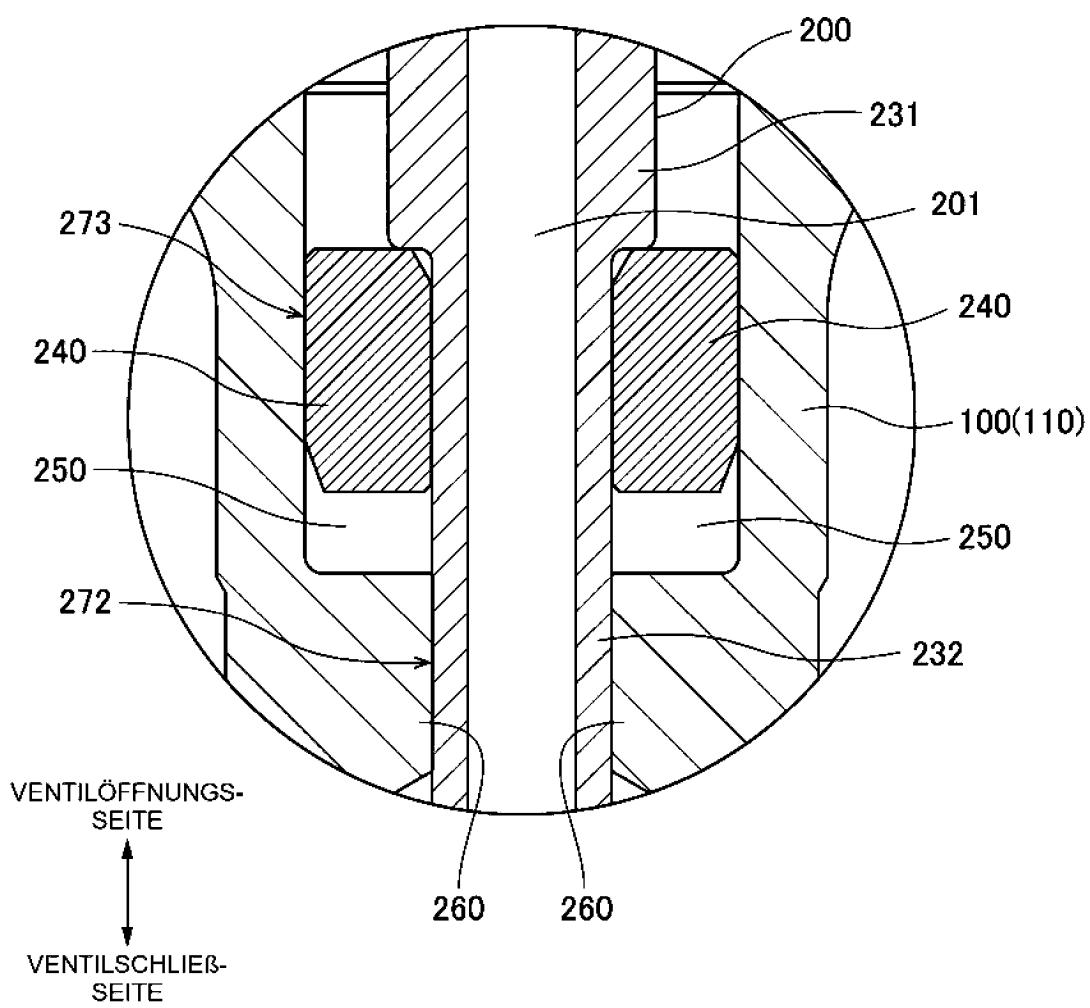


FIG. 5

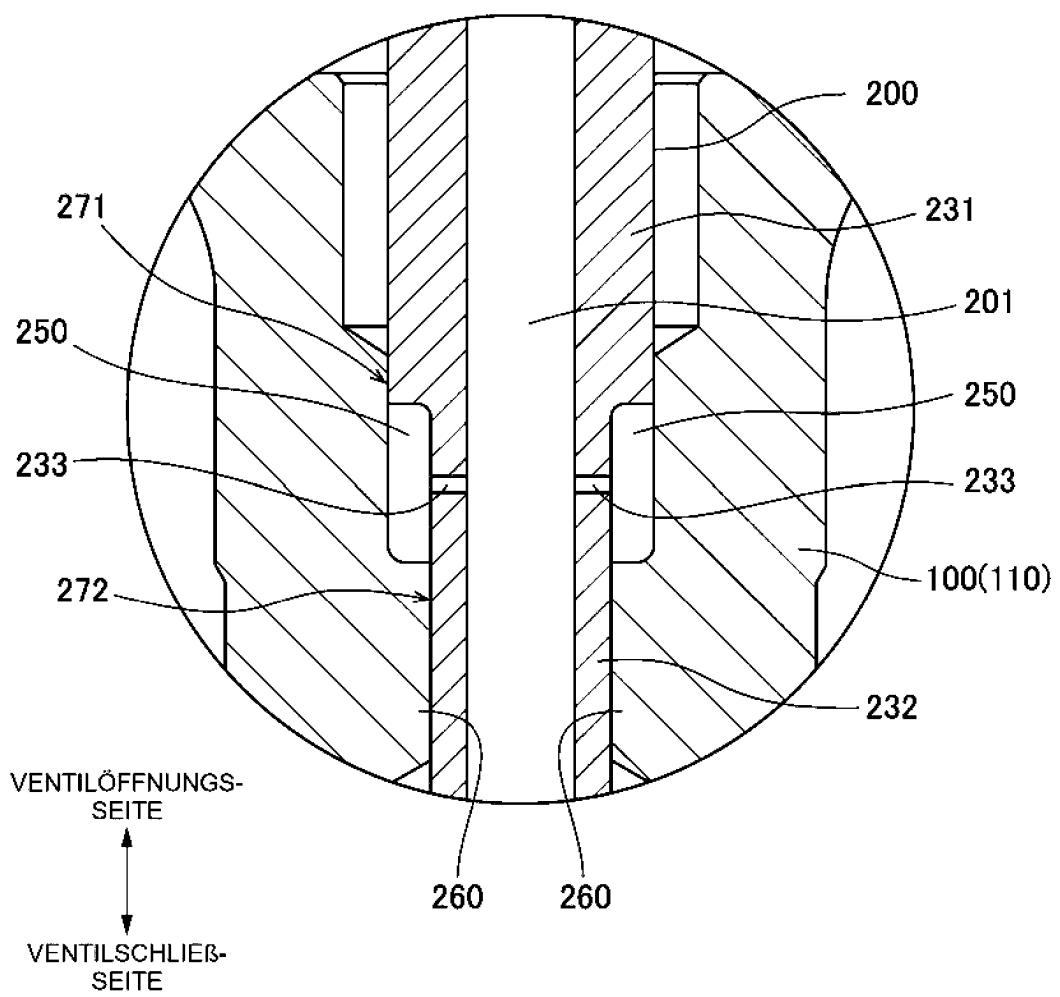


FIG. 6

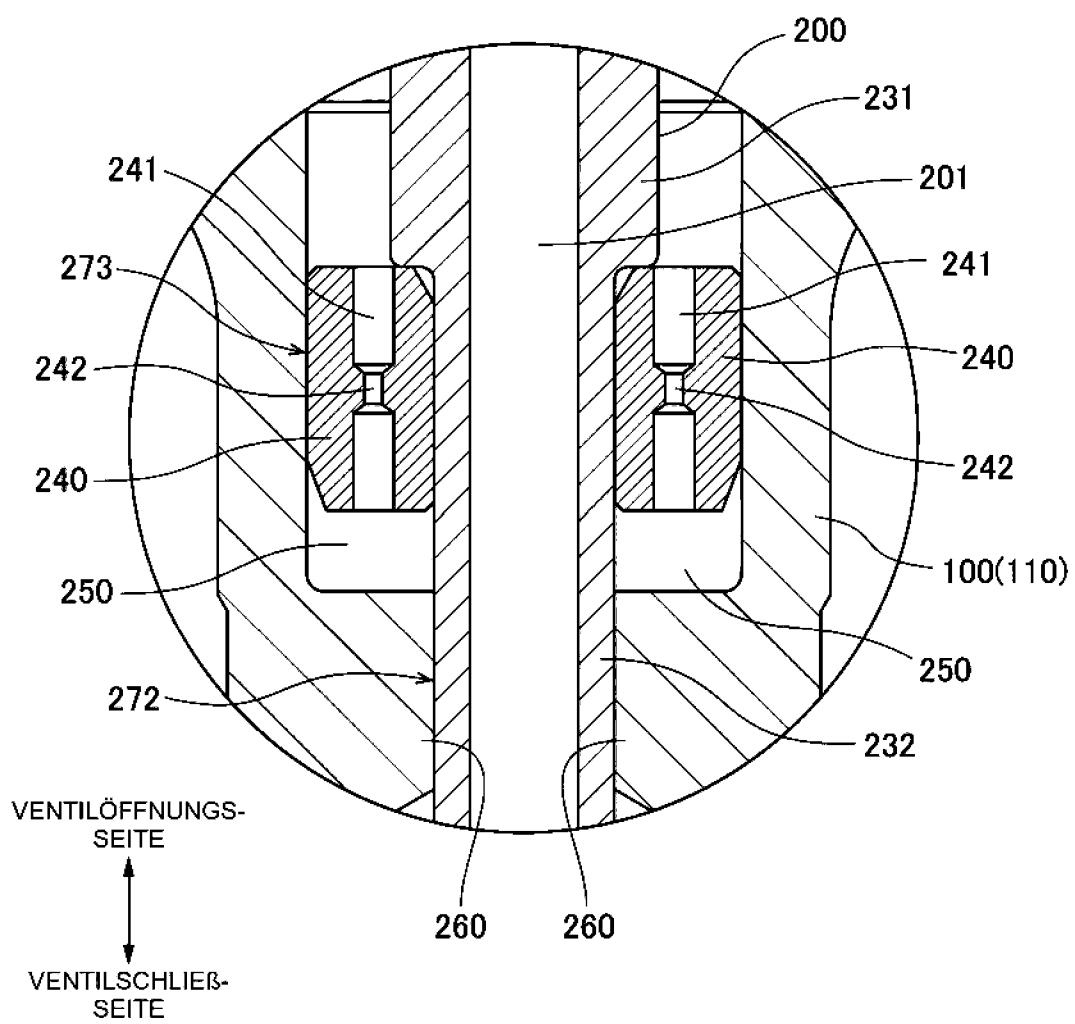


FIG. 7

