



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/065998**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(51) Int Cl.: **F02M 59/36 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 004 297.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/036340**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.09.2018**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.04.2019**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **14.05.2020**

(30) Unionspriorität:

2017-190633	29.09.2017	JP
2017-190634	29.09.2017	JP
2017-190632	29.09.2017	JP
2017-190635	29.09.2017	JP
2018-176287	20.09.2018	JP

(71) Anmelder:

**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

(72) Erfinder:

**Kurigami, Keita, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Koshimoto, Shinichiro, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP; Suzuki, Yoshihito, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Inoue, Hiroshi, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Oguri,
Tatsumi, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Ohata, Keigo,
Kariya-city, Aichi-pref., JP; Makihara, Takayuki,
Kariya-city, Aichi-pref., JP; Kukita, Taiki, Kariya-
city, Aichi-pref., JP**

(74) Vertreter:

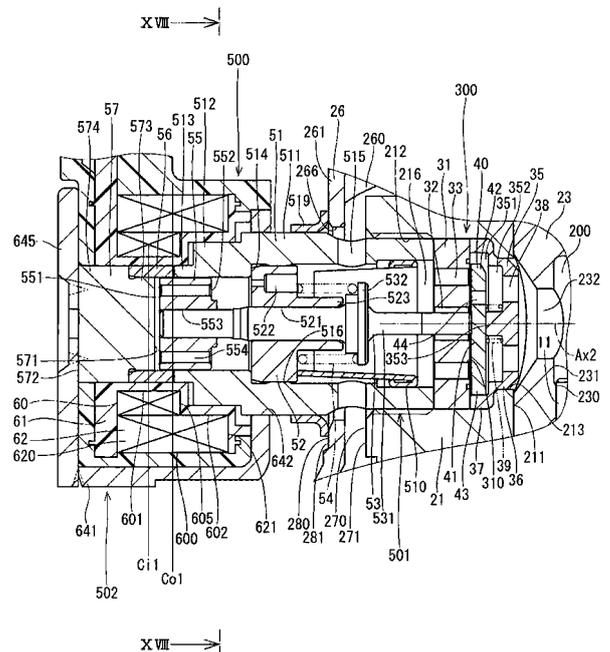
**KUHNEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,
DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HOCHDRUCKPUMPE**

(57) Zusammenfassung: Eine Spule (60) weist einen Wicklungsabschnitt (62) auf, indem ein Draht (620) um einen Wicklungs-Bildungsabschnitt (61) gewickelt wird. Die Spule (60) bewegt einen beweglichen Kern (55) und eine Nadel (53) in einer Schließrichtung, wenn der Wicklungsabschnitt erregt wird. Die Spule (60) beinhaltet eine äußere zylindrische Oberfläche (600), die mit einer äußeren Umfangsoberfläche des Wicklungsabschnitts in Kontakt steht, und eine Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen (601, 602), die unterschiedliche Durchmesser aufweisen und mit einer inneren Umfangsoberfläche des Wicklungsabschnitts in Kontakt stehen. Die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen sind angeordnet, um einen Durchmesser in einer Richtung hin zu einer Druckbeaufschlagungskammer (200) zu erhöhen. Der bewegliche Kern beinhaltet eine Endoberfläche (551), die dem festen Kern zugewandt angeordnet ist und sich in einer axialen Richtung zwischen einem Mittelpunkt (Ci1) eines kleinsten Durchmessers einer der inneren zylindrischen Oberflächen und einem Mittelpunkt (Co1) der äußeren zylindrischen Oberfläche befindet.



Beschreibung**Kurzfassung**

Querverweis auf ähnliche Anmeldung

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der Japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2017-190 632, eingereicht am 29. September 2017, der Japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2017-190 633, eingereicht am 29. September 2017, der Japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2017-190 634, eingereicht am 29. September 2017, der Japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2017-190 635, eingereicht am 29. September 2017, und auf der Japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2018-176 287, eingereicht am 20. September 2018, deren Offenbarung hierin durch Bezugnahme mit aufgenommen wird.

Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Hochdruckpumpe.

Stand der Technik

[0003] Eine Hochdruckpumpe, welche Kraftstoff beaufschlagt und einer Maschine mit interner Verbrennung den Kraftstoff zuführt, ist herkömmlich bekannt. Die Hochdruckpumpe beinhaltet auf einer Seite mit niedrigem Druck bzw. Niederdruckseite einer Druckbeaufschlagungskammer allgemein ein Ventilelement. Das Ventilelement ermöglicht, dass ein Kraftstoff, der in die Druckbeaufschlagungskammer gesaugt werden soll, dadurch strömt, indem dieses von einem Ventilsitz getrennt wird, um das Ventilelement zu öffnen, und schränkt ein, dass der Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer zu der Niederdruckseite der Druckbeaufschlagungskammer strömt, indem dieses den Ventilsitz kontaktiert, um das Ventilelement zu schließen. Eine Hochdruckpumpe, die in Patentliteratur 1 offenbart ist, beinhaltet zum Beispiel eine elektromagnetische Antriebseinheit, die auf einer Seite des Ventilelements gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet ist, und steuert das Ventilelement derart, dass dieses sich öffnet und schließt, um eine Menge an Kraftstoff, der in der Druckbeaufschlagungskammer beaufschlagt wird, und eine Menge an Kraftstoff, der ausgehend von der Hochdruckpumpe abgeführt wird, zu steuern.

Literatur zum Stand der Technik

Patentliteratur

[0004] Patentliteratur 1: US 8925525 B2

[0005] Allgemein wird eine magnetische Flussdichte an einem Mittelpunkt einer Spule der elektromagnetischen Antriebseinheit in einer axialen Richtung der Spule maximiert. Alle Richtungen eines magnetischen Flusses verlaufen parallel zu einer Achse der Spule und erstrecken sich ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer hin zu einem festen Kern. Entsprechend nimmt eine Anziehungskraft, die auf einen beweglichen Kern wirkt, während einer Erregung der Spule zu, so wie eine Endoberfläche des beweglichen Kerns, die dem festen Kern zugewandt angeordnet ist, an einer Position angeordnet ist, die in der axialen Richtung näher an dem Mittelpunkt der Spule angeordnet ist.

[0006] Gemäß der Hochdruckpumpe, die in Patentliteratur 1 offenbart ist, befindet sich die Endoberfläche des beweglichen Kerns, die dem beweglichen Kern zugewandt angeordnet ist, in der axialen Richtung zwischen der Druckbeaufschlagungskammer und dem Mittelpunkt der Spule, und eine Endoberfläche des beweglichen Kerns, die der Druckbeaufschlagungskammer zugewandt angeordnet ist, befindet sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer und einer Endoberfläche der Spule, die der Druckbeaufschlagungskammer zugewandt angeordnet ist. In diesem Fall kann die Anziehungskraft, die auf den beweglichen Kern wirkt, während einer Erregung der Spule abnehmen. Im Ergebnis kann eine Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns abfallen. Wenn ein Strom, der durch die Spule fließt, hierbei erhöht wird, um die Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns sicherzustellen, kann eine Leistung zunehmen, die durch die elektromagnetische Antriebseinheit verbraucht wird.

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Hochdruckpumpe vorzusehen, die eine Ansprechempfindlichkeit einer elektromagnetischen Antriebseinheit verbessert.

[0008] Eine Hochdruckpumpe bei dieser Offenbarung beinhaltet einen Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt, einen Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt, ein Sitzelement, ein Ventilelement, ein zylindrisches Element, eine Nadel, einen beweglichen Kern, ein Vorspannelement, einen festen Kern und eine Spule. Der Druckbeaufschlagungs-Bildungsabschnitt definiert eine Druckbeaufschlagungskammer, in welcher Kraftstoff beaufschlagt wird. Der Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt definiert einen Ansaugdurchlass, durch welchen der Kraftstoff strömt, der in die Druckbeaufschlagungskammer gesaugt wird. Das Sitzelement ist in dem Ansaugdurchlass angeordnet und beinhaltet einen Kommunikationspfad, der zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements durch das Sitzelement durchtritt. Das Ventil-

element ist zwischen dem Sitzelement und der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet. Das Ventilelement ist dazu in der Lage, den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad zu ermöglichen, indem dieses von dem Sitzelement getrennt wird, um den Kommunikationspfad zu öffnen, und den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad einzuschränken, indem dieses das Sitzelement kontaktiert, um den Kommunikationspfad zu schließen.

[0009] Das zylindrische Element ist auf einer Seite des Sitzelements gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet. Die Nadel ist derart angeordnet, dass diese in einer axialen Richtung in dem zylindrischen Element beweglich ist bzw. bewegt werden kann, und weist ein Ende auf, das dazu in der Lage ist, eine Oberfläche des Ventilelements zu kontaktieren, die der Druckbeaufschlagungskammer abgewandt angeordnet ist. Der bewegliche Kern ist auf einer Seite des zylindrischen Elements und des beweglichen Kerns gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet. Die Spule beinhaltet einen Wicklungsabschnitt, der in einer zylindrischen Form ausgebildet wird, indem ein Draht um einen Wicklungs-Bildungsabschnitt gewickelt wird. Die Spule erzeugt zwischen dem festen Kern und dem beweglichen Kern eine Anziehungskraft, um den beweglichen Kern und die Nadel in einer Schließrichtung zu bewegen, wenn der Wicklungsabschnitt erregt wird.

[0010] Die Spule beinhaltet eine äußere zylindrische Oberfläche, die mit einer äußeren Umfangsoberfläche des Wicklungsabschnitts in Kontakt steht, und eine Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen, die unterschiedliche Durchmesser aufweisen, die mit einer inneren Umfangsoberfläche des Wicklungsabschnitts in Kontakt stehen. Die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen sind angeordnet, um einen Durchmesser in einer Richtung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer zu erhöhen. Das Ende des beweglichen Kerns, das dem festen Kern zugewandt angeordnet ist, befindet sich zwischen einem Mittelpunkt eines kleinsten Durchmessers der Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen in einer axialen Richtung und einem Mittelpunkt der äußeren zylindrischen Oberflächen in einer axialen Richtung. Somit wird die Anziehungskraft, die auf den beweglichen Kern wirkt, erhöht, wenn die Spule erregt wird, wodurch eine Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns verbessert wird.

Figurenliste

[0011] Diese und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen deutlich werden.

Fig. 1 ein schematisches Diagramm, das ein Kraftstoffzufuhrsystem zeigt, auf welches eine Hochdruckpumpe gemäß einer ersten Ausführungsform angewendet wird;

Fig. 2 eine Querschnittsansicht der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 4 eine Querschnittsansicht, wobei der Querschnitt entlang einer Linie IV-IV in **Fig. 2** vorgenommen worden ist;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht, die eine Ansaugventileinheit und eine elektromagnetische Antriebseinheit der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform zeigt;

Fig. 6 eine Querschnittsansicht, die einen Abfuhrdurchlassabschnitt der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform zeigt;

Fig. 7 eine Vorderansicht eines Zylinders der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 8 eine Ansicht von **Fig. 7**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils VIII betrachtet wird;

Fig. 9 eine Querschnittsansicht des Zylinders der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 10 eine vergrößerte Querschnittsansicht der Ansaugventileinheit der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 11 eine schematische Ansicht eines Sitzelements der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 12 eine schematische Ansicht eines Stoppers der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 13 eine schematische Ansicht eines Ventilelements der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer betrachtet wird;

Fig. 14 eine schematische Ansicht des Ventilelements der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von dem Sitzelement betrachtet wird;

Fig. 15 eine Querschnittsansicht, wobei der Querschnitt entlang einer Linie XV-XV in **Fig. 13** vorgenommen worden ist;

Fig. 16 eine Ansicht von **Fig. 13**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XVI betrachtet wird;

Fig. 17 einen Graphen, der eine Beziehung zwischen einem Plattendickenverhältnis t/D des Ventilelements der Hochdruckpumpe gemäß

der ersten Ausführungsform, einem Dichtoberflächendruck und einem Grenzdruck zeigt;

Fig. 18 eine Querschnittsansicht, wobei der Querschnitt entlang einer Linie XVIII-XVIII in **Fig. 5** vorgenommen worden ist;

Fig. 19 eine schematische Querschnittsansicht einer Spule der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 20 eine schematische Querschnittsansicht einer Spule gemäß einem ersten Vergleichsbeispiel;

Fig. 21 eine schematische Querschnittsansicht einer Spule gemäß einem zweiten Vergleichsbeispiel;

Fig. 22 eine Ansicht der Spule der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 23 eine Ansicht von **Fig. 22**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXIII betrachtet wird;

Fig. 24 eine Entwicklungsansicht und eine Schnittansicht einer äußeren peripheren Wand eines Wicklungs-Bildungsabschnitts der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 25 eine Querschnittsansicht eines Abführanschlusses der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 26 eine Ansicht von **Fig. 25**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXVI betrachtet wird;

Fig. 27 eine Ansicht von **Fig. 25**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXVII betrachtet wird;

Fig. 28 eine Querschnittsansicht eines Abführsitzelements der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 29 eine Ansicht von **Fig. 28**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXIX betrachtet wird;

Fig. 30 eine Ansicht von **Fig. 28**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXX betrachtet wird;

Fig. 31 eine Querschnittsansicht eines Zwischenelements der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 32 eine Ansicht von **Fig. 31**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXXII betrachtet wird;

Fig. 33 eine Ansicht von **Fig. 31**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXXIII betrachtet wird;

Fig. 34 eine Querschnittsansicht eines Überströmsitzelements der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 35 eine Ansicht von **Fig. 34**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXXV betrachtet wird;

Fig. 36 eine Ansicht von **Fig. 34**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXXVI betrachtet wird;

Fig. 37 eine Querschnittsansicht eines Abführventils der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 38 eine Ansicht von **Fig. 37**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXXVIII betrachtet wird;

Fig. 39 eine Ansicht von **Fig. 37**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XXXIX betrachtet wird;

Fig. 40 eine Ansicht eines Überströmventils der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 41 eine Ansicht von **Fig. 40**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XLI betrachtet wird;

Fig. 42 eine Ansicht von **Fig. 40**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XLII betrachtet wird;

Fig. 43 eine Ansicht einer Feder, die das Abführventil der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform vorspannt;

Fig. 44 eine Ansicht von **Fig. 43**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XLIV betrachtet wird;

Fig. 45 eine Ansicht einer Feder, die das Überströmventil der Hochdruckpumpe gemäß der ersten Ausführungsform vorspannt;

Fig. 46 eine Ansicht von **Fig. 45**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XLVI betrachtet wird;

Fig. 47 eine schematische Ansicht eines Ventilelements einer Hochdruckpumpe gemäß einer zweiten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer betrachtet wird;

Fig. 48 eine schematische Ansicht des Ventilelements der Hochdruckpumpe gemäß der zweiten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von dem Sitzelement betrachtet wird;

Fig. 49 eine schematische Ansicht eines Ventilelements einer Hochdruckpumpe gemäß einer dritten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer betrachtet wird;

Fig. 50 eine schematische Ansicht des Ventilelements der Hochdruckpumpe gemäß der dritten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von dem Sitzelement betrachtet wird;

Fig. 51 eine schematische Ansicht eines Ventilelements einer Hochdruckpumpe gemäß ei-

ner vierten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer betrachtet wird;

Fig. 52 eine schematische Ansicht des Ventilelements der Hochdruckpumpe gemäß der vierten Ausführungsform, so wie dieses ausgehend von dem Sitzelement betrachtet wird;

Fig. 53 eine Querschnittsansicht eines Abföhrdurchlassabschnitts einer Hochdruckpumpe gemäß einer fünften Ausführungsform;

Fig. 54 eine vergrößerte Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer sechsten Ausführungsform;

Fig. 55 eine vergrößerte Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer siebten Ausführungsform;

Fig. 56 eine vergrößerte Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer achten Ausführungsform;

Fig. 57 eine vergrößerte Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer neunten Ausführungsform;

Fig. 58 eine vergrößerte Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer zehnten Ausführungsform;

Fig. 59 eine vergrößerte Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer elften Ausführungsform;

Fig. 60 eine Vorderansicht eines Zylinders einer Hochdruckpumpe gemäß einer zwölfte Ausführungsform;

Fig. 61 eine Ansicht von **Fig. 60**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils LXI betrachtet wird;

Fig. 62 eine vergrößerte Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer dreizehnten Ausführungsform;

Fig. 63 eine schematische Ansicht eines Stoppers einer Hochdruckpumpe gemäß einer vierzehnten Ausführungsform;

Fig. 64 eine Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit und einer elektromagnetischen Antriebseinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer fünfzehnten Ausführungsform;

Fig. 65 eine Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit und einer elektromagnetischen Antriebseinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer sechzehnten Ausführungsform;

Fig. 66 eine Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit und einer elektromagnetischen Antriebseinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer siebzehnten Ausführungsform;

Fig. 67 eine Querschnittsansicht einer Ansaugventileinheit und einer elektromagnetischen Antriebseinheit einer Hochdruckpumpe gemäß einer achtzehnten Ausführungsform;

Fig. 68 eine Querschnittsansicht eines Abföhrdurchlassabschnitts einer Hochdruckpumpe gemäß einer neunzehnten Ausführungsform;

Fig. 69 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer zwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 70 eine Vorderansicht eines Zylinders der Hochdruckpumpe gemäß der zwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 71 eine Ansicht von **Fig. 70**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils LXXI betrachtet wird;

Fig. 72 eine Querschnittsansicht, wobei der Querschnitt entlang einer Linie LXXII-LXXII in **Fig. 69** vorgenommen worden ist;

Fig. 73 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einem Vergleichsbeispiel;

Fig. 74 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer einundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 75 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer zweiundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 76 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer dreiundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 77 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer vierundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 78 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer fünfundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 79 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer sechsundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 80 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer siebenundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 81 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer achtundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 82 eine Querschnittsansicht, wobei der Querschnitt entlang einer Linie LXXXII-LXXXII in **Fig. 81** vorgenommen worden ist;

Fig. 83 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer neunundzwanzigsten Ausführungsform;

Fig. 84 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer dreißigsten Ausführungsform;

Fig. 85 eine Vorderansicht eines Zylinders einer Hochdruckpumpe gemäß einer einunddreißigsten Ausführungsform;

Fig. 86 eine Ansicht von **Fig. 85**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils LXXXVI betrachtet wird;

Fig. 87 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer zweiunddreißigsten Ausführungsform;

Fig. 88 eine Querschnittsansicht einer Hochdruckpumpe gemäß einer dreiunddreißigsten Ausführungsform;

Fig. 89 eine Querschnittsansicht eines Zufuhrdurchlassabschnitts der Hochdruckpumpe gemäß einer vierunddreißigsten Ausführungsform; und

Fig. 90 eine Ansicht von **Fig. 89**, so wie diese in einer Richtung eines Pfeils XC betrachtet wird;

Beschreibung der Ausführungsformen

[0012] Nachfolgend wird eine Hochdruckpumpe gemäß den Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben werden. Bei den Ausführungsformen sind im Wesentlichen identische Bestandteile mit identischen Bezugszeichen versehen und werden nicht wiederholt erläutert. Überdies bieten bei den Ausführungsformen im Wesentlichen identische Bestandteile identische oder ähnliche Wirkungen und Effekte.

Erste Ausführungsform

[0013] Die **Fig. 1** und **Fig. 2** zeigen eine Hochdruckpumpe gemäß einer ersten Ausführungsform.

[0014] Die Hochdruckpumpe **10** bei der vorliegenden Ausführungsform wird auf ein Kraftstoffzufuhrsystem **9** angewendet, das Kraftstoffeinspritzventile **138** zum Zuführen des Kraftstoffs zu einer (nicht näher dargestellten) Maschine **1** mit interner Verbrennung beinhaltet. Nachfolgend wird Maschine mit interner Verbrennung als „Maschine“ bezeichnet. Die Hochdruckpumpe **10** ist an einem Maschinenkopf **2** der Maschine **1** oder einem Gehäuse angebracht, der durch die Kurbelwelle beweglich ist bzw. bewegt werden kann.

[0015] Wie in **Fig. 1** gezeigt wird, wird Benzin oder dergleichen als Kraftstoff in einem Kraftstofftank **132** gespeichert, der in dem Fahrzeug montiert ist. Eine Kraftstoffpumpe **133** pumpt den Kraftstoff in dem Kraftstofftank **132** hoch und führt diesen ab. Ein Zufuhrkraftstoffrohr **7** verbindet die Kraftstoffpumpe **133**

und die Hochdruckpumpe **10** fluidmäßig. Entsprechend strömt der Kraftstoff, der durch die Kraftstoffpumpe **133** hochgepumpt und abgeführt wird, über das Zufuhrkraftstoffrohr **7** in die Hochdruckpumpe **10**.

[0016] Die Maschine **1** beinhaltet einen Kraftstoffverteiler **137** sowie die Hochdruckpumpe **10**. Die Maschine **1** ist zum Beispiel eine Benzinmaschine mit **4** Zylindern. Der Kraftstoffverteiler **137** ist auf dem Maschinenkopf **2** der Maschine **1** vorgesehen. Die Kraftstoffeinspritzventile **138** sind derart vorgesehen, dass ein Einspritzloch jedes der Kraftstoffeinspritzventile **138** zu einem Inneren einer Brennkammer der Maschine **1** freigelegt ist. Die vier Kraftstoffeinspritzventile **138** sind zum Beispiel in Übereinstimmung mit der Anzahl an Zylindern der Maschine **1** vorgesehen. Die vier Kraftstoffeinspritzventile **138** sind fluidmäßig mit dem Kraftstoffverteiler **137** verbunden.

[0017] Die Hochdruckpumpe **10** und der Kraftstoffverteiler **137** sind durch ein Hochdruckkraftstoffrohr **8** verbunden. Kraftstoff, der ausgehend von dem Zufuhrkraftstoffrohr **7** in die Hochdruckpumpe **10** strömt, wird mit Druck durch die Hochdruckpumpe **10** beaufschlagt und über das Hochdruckkraftstoffrohr **8** dem Kraftstoffverteiler **137** zugeführt. Auf diese Weise wird der Kraftstoff in dem Kraftstoffverteiler **137** bei einem relativ hohen Druck gehalten. Jedes der Kraftstoffeinspritzventile **138** öffnet und schließt sich als Reaktion auf einen Befehl ausgehend von einer elektronischen Steuereinheit (ECU), die als ein Controller fungiert, und spritzt Kraftstoff in dem Kraftstoffverteiler **137** in die Brennkammer der Maschine **1** ein. Die ECU ist in den Zeichnungen nicht gezeigt bzw. näher dargestellt. Entsprechend sind die Kraftstoffeinspritzventile **138** sogenannte Kraftstoffeinspritzventile mit Direkteinspritzung (DI).

[0018] Zwischen der Hochdruckpumpe **10** des Zufuhrkraftstoffrohrs **7** und dem Kraftstofftank **132** ist ein Sensor **130** vorgesehen. Der Sensor **130** ist dazu in der Lage, einen Druck eines Kraftstoffs in dem Zufuhrkraftstoffrohr **7** (d. h. einen Kraftstoffdruck) und eine Temperatur des Kraftstoffs (d. h. eine Kraftstofftemperatur) zu erfassen, und entsprechende Signale an die ECU zu übertragen. Die ECU bestimmt einen Sollruck des Kraftstoffs, der aus der Kraftstoffpumpe **133** abgeführt wird, auf Grundlage des Kraftstoffdrucks und der Kraftstofftemperatur in dem Zufuhrkraftstoffrohr **7**, die durch den Sensor **130** erfasst werden. Die ECU steuert einen Betrieb eines Motors der Kraftstoffpumpe **133** derart, dass Kraftstoff mit dem Sollruck ausgehend von der Kraftstoffpumpe **133** abgeführt wird.

[0019] Wie in **Fig. 2** gezeigt wird, beinhaltet die Hochdruckpumpe **10** ein oberes Gehäuse **21**, ein unteres Gehäuse **22**, einen festen Abschnitt **25**, einen Zylinder **23**, eine Halterunterstützung **24**, eine Abdeckung **26**, einen Stößel **11**, eine Ansaugventileinheit

300, eine elektromagnetische Antriebseinheit **500**, einen Abführdurchlassabschnitt **700**, und anderes.

[0020] Sowohl das obere Gehäuse **21**, das untere Gehäuse **22**, der feste Abschnitt **25**, der Zylinder **23** als auch die Halterunterstützung **24** sind zum Beispiel aus Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt. Das obere Gehäuse **21** und das untere Gehäuse **22** entsprechen einem „Gehäuse“.

[0021] Das obere Gehäuse **21** weist eine im Wesentlichen achteckige Säulenform auf. Das obere Gehäuse **21** beinhaltet eine äußere periphere Wand **270** des Gehäuses, die eine achteckige Säulenform aufweist. Die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses weist flache Abschnitte **271** auf, die jeweils eine flache Form aufweisen. Die acht flachen Abschnitte **271** sind in einer Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses ausgebildet (vergleiche **Fig. 4**).

[0022] Das obere Gehäuse **21** beinhaltet einen Lochabschnitt **211**, einen Ansauglochabschnitt **212**, einen Ansauglochabschnitt **213**, einen Abführlochabschnitt **214** und einen Abführlochabschnitt **215**. Der Lochabschnitt **211** weist eine zylindrische Form auf und tritt entlang einer Achse des oberen Gehäuses **21** durch einen Mittelpunkt des oberen Gehäuses **21** durch.

[0023] Der Ansauglochabschnitt **212** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die sich ausgehend von einem der flachen Abschnitte **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses des oberen Gehäuses **21** hin zu dem Lochabschnitt **211** erstreckt. Der Ansauglochabschnitt **213** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die mit dem Ansauglochabschnitt **212** und dem Lochabschnitt **211** in Verbindung steht. Der Ansauglochabschnitt **212** und der Ansauglochabschnitt **213** sind koaxial ausgebildet. Jede der Achsen des Ansauglochabschnitts **212** und des Ansauglochabschnitts **213** ist orthogonal zu der Achse des Lochabschnitts **211**. Ein Innendurchmesser des Ansauglochabschnitts **213** ist kleiner als ein Innendurchmesser des Ansauglochabschnitts **212** (vergleiche **Fig. 5**). Ein Ansaugdurchlass **216** ist durch den Ansauglochabschnitt **212** und den Ansauglochabschnitt **213** des oberen Gehäuses **21** definiert. Das obere Gehäuse **21** entspricht einem „Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt“.

[0024] Der Abführlochabschnitt **214** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, welche sich ausgehend von dem flachen Abschnitt **271**, der sich gegenüber dem flachen Abschnitt **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses des oberen Gehäuses **21** befindet, an welchem der Ansauglochabschnitt **212** ausgebildet ist, hin zu dem Lochabschnitt **211** erstreckt. Der Abführlochabschnitt **215** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die mit

dem Abführlochabschnitt **214** und dem Lochabschnitt **211** in Verbindung steht. Der Abführlochabschnitt **214** und der Abführlochabschnitt **215** sind koaxial ausgebildet. Jede der Achsen des Abführlochabschnitts **214** und des Abführlochabschnitts **215** ist orthogonal zu der Achse des Lochabschnitts **211**. Ein Innendurchmesser des Abführlochabschnitts **215** ist kleiner als ein Innendurchmesser des Abführlochabschnitts **214** (vergleiche **Fig. 6**). Ein Abführdurchlass **217** ist durch den Abführlochabschnitt **214** und den Abführlochabschnitt **215** definiert. Der Abführlochabschnitt **214** und der Abführlochabschnitt **215** des oberen Gehäuses **21** entsprechen einem „Abführdurchlass-Bildungsabschnitt“. Der Abführlochabschnitt **215** ist kleiner als ein Abführloch **233**. Die Mittelachse des Abführlochabschnitts **215** ist unterhalb der Mittelachse des Abführlochs **233** in der vertikalen Richtung angeordnet.

[0025] Der Ansauglochabschnitt **212** und der Ansauglochabschnitt **213** sowie der Abführlochabschnitt **214** und der Abführlochabschnitt **215** sind koaxial ausgebildet. Mit anderen Worten befinden sich die jeweiligen Achsen des Ansauglochabschnitts **212**, des Ansauglochabschnitts **213**, des Abführlochabschnitts **214** und des Abführlochabschnitts **215** auf einer gemeinsamen Ebene (vergleiche die **Fig. 2** bis **Fig. 4**).

[0026] Das obere Gehäuse **21** beinhaltet an einem unteren Teil des oberen Gehäuses **21** eine Gehäuseaussparung **210**. Die Gehäuseaussparung **210** ist ausgehend von einer Endoberfläche des oberen Gehäuses **21** in der axialen Richtung ausgespart. Die Gehäuseaussparung **210** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf.

[0027] Das untere Gehäuse **22** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf. Das untere Gehäuse **22** weist einen Lochabschnitt **221** und einen Lochabschnitt **222** auf. Das untere Gehäuse **22** beinhaltet an einem oberen Teil des unteren Gehäuses **22** einen Gehäusevorsprung **220**. Der Gehäusevorsprung **220** steht ausgehend von einem Mittelpunkt einer Oberfläche des unteren Gehäuses **22** hervor. Der Gehäusevorsprung **220** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf.

[0028] Der Lochabschnitt **221** tritt in einer Plattendickenrichtung des unteren Gehäuses **22** durch die Mittelpunkte des unteren Gehäuses **22** und des Gehäusevorsprungs **220** durch. Ein Innendurchmesser des Lochabschnitts **221** ist etwas größer als ein Innendurchmesser des Lochabschnitts **211**. Der Lochabschnitt **222** ist radial außerhalb des Lochabschnitts **221** ausgebildet, um zwischen einer äußeren Oberfläche des unteren Gehäuses **22** radial außerhalb des Gehäusevorsprungs **220** und einer Innenoberfläche des unteren Gehäuses **22** durch das untere Gehäuse **22** durchzutreten.

[0029] Das untere Gehäuse **22** ist derart integral mit dem oberen Gehäuse **21** vorgesehen, dass der Gehäusevorsprung **220** in die Gehäuseausparung **210** passt. Ein Außendurchmesser des Gehäusevorsprungs **220** ist größer als ein Innendurchmesser der Gehäuseausparung **210**. Entsprechend werden das obere Gehäuse **21** und das untere Gehäuse **22** durch Presspassen des Gehäusevorsprungs **220** in die Gehäuseausparung **210** fixiert. Eine Oberfläche des oberen Gehäuses **21**, die in der axialen Richtung dem unteren Gehäuse **22** zugewandt angeordnet ist, und eine Oberfläche des unteren Gehäuses **22**, die in der axialen Richtung dem oberen Gehäuse **21** zugewandt angeordnet ist, stehen miteinander in Kontakt. Eine Kontaktfläche zwischen dem unteren Gehäuse **22** und dem oberen Gehäuse **21** wird als ein Kontaktabschnitt **203** bezeichnet, der in **Fig. 2** gezeigt wird.

[0030] Das obere Gehäuse **21** beinhaltet einen Überströmabschnitt **218** an einem äußeren Rand der Oberfläche, die dem unteren Gehäuse **22** zugewandt angeordnet ist, um eine Öffnung des Lochabschnitts **222**, die dem oberen Gehäuse **21** zugewandt angeordnet ist, nicht zu schließen. Der Überströmabschnitt **218** weist eine verjüngte Oberfläche auf, um sowohl den Kontaktabschnitt **203** als auch den Kommunikationspfad zwischen dem Überströmabschnitt **218** und dem Lochabschnitt **222** aufzuweisen.

[0031] Der feste Abschnitt **25** weist eine Plattenform auf, die sich ausgehend von dem äußeren Rand des unteren Gehäuses **22** radial nach außen erstreckt. Der feste Abschnitt **25** ist integral mit dem unteren Gehäuse **22** ausgebildet. Mit anderen Worten ist der feste Abschnitt **25** mit dem unteren Gehäuse **22** und dem oberen Gehäuse **21** verbunden. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der feste Abschnitt **25** einer von einer Mehrzahl von festen Abschnitten, und die Mehrzahl von festen Abschnitten **25** beträgt zwei feste Abschnitte **25**. Die zwei fixierten bzw. festen Abschnitte **25** befinden sich in gleichen Intervallen zueinander in einer Umfangsrichtung des unteren Gehäuses **22**. Die zwei festen Abschnitte **25** weisen jeweils ein Bolzenloch **250** auf. Das Bolzenloch **250** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die in der Plattendickenrichtung des festen Abschnitts durch den festen Abschnitt **25** durchtritt.

[0032] Wenn die Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** angebracht ist, sind die festen Abschnitte **25** durch Bolzen **100**, die in Übereinstimmung mit den Bolzenlöchern **250** vorgesehen sind, an dem Maschinenkopf **2** der Maschine **1** befestigt (vergleiche **Fig. 2**). Jeder der Bolzen **100** weist einen Wellenabschnitt **101** und einen Kopfabschnitt **102** auf. Der Wellenabschnitt **101** weist im Wesentlichen eine Säulenform auf. Ein Außendurchmesser des Wellenabschnitts **101** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser jedes der Bolzenlöcher **250**.

[0033] Der Kopfabschnitt **102** ist derart integral mit dem Schaftabschnitt **101** ausgebildet, dass der Kopfabschnitt mit einem Ende des Wellenabschnitts **101** verbunden ist. Der Außendurchmesser des Kopfabschnitts **102** ist größer als der Außendurchmesser des Wellenabschnitts **101**. Wenn die Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** angebracht ist, wird der Wellenabschnitt **101** jedes der Bolzen **100** in eines der Bolzenlöcher **250** des festen Abschnitts **25** eingefügt und an einen fixierenden Lochabschnitt **120** des Maschinenkopfs **2** geschraubt. Während des Schraubens wirkt ausgehend von dem Kopfabschnitts **102** des Bolzens **100** hin zu dem Maschinenkopf **2** eine axiale Kraft auf den festen Abschnitt **25**. In diesem Fall wird zumindest um den Kopfabschnitt **102** des Bolzens **100** eine geeignete Flachheit sichergestellt, um das untere Gehäuse **22** zu der Zeit eines Festziehens der Bolzen **100** sicher in engen Kontakt mit dem Maschinenkopf **2** zu bringen.

[0034] Der Zylinder **23** weist einen Zylinderlochabschnitt **231** auf. Der Zylinderlochabschnitt **231** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die sich ausgehend von einer Endoberfläche eines zylindrischen Elements hin zu der anderen Endoberfläche des zylindrischen Elements erstreckt. Mit anderen Worten weist der Zylinder **23** eine mit einem Boden versehene zylindrische Form auf, welche einen zylindrischen Abschnitt und einen Bodenabschnitt, der ein Ende des zylindrischen Abschnitts schließt, aufweist. Eine zylindrische innere periphere Wand **230**, die eine innere periphere Wand des Zylinderlochabschnitts **231** bildet, weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die zylindrische innere periphere Wand **230** weist eine Gleitoberfläche **230a**, eine Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser und anderes auf. Die Gleitoberfläche **230a** weist eine zylindrische Form auf und ist benachbart zu einer Öffnung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** angeordnet. Die Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser weist eine zylindrische Form auf und befindet sich an einer Seite der Gleitoberfläche gegenüber der Öffnung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230**. Die Gleitoberfläche **230a** und die Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser sind koaxial ausgebildet. Ein Durchmesser der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser ist größer als ein Durchmesser der Gleitoberfläche **230a**.

[0035] Ein Außendurchmesser des Zylinders **23** ist etwas größer als ein Innendurchmesser des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21**. Der Zylinder **23** ist derart integral mit dem oberen Gehäuse **21** und dem unteren Gehäuse **22** vorgesehen, dass der Zylinder **23** in den Lochabschnitt **221** des unteren Gehäuses **22** eingesetzt ist und eine äußere Umfangswand des Zylinders, die dem Bodenabschnitt zugewandt angeordnet ist, in den Lochabschnitt **221** des oberen Gehäuses **21** eingepasst ist. Der Zylinder **23** weist ein Ansaugloch **232** und ein Abführloch **233** auf.

Das Ansaugloch **232** verbindet die Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser an einem Ende des Zylinderlochabschnitts **231**, das dem Bodenabschnitt zugewandt angeordnet ist, und den Ansauglochabschnitt **213** des oberen Gehäuses **21**. Das Abführloch **233** verbindet die Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser an dem Ende des Zylinderlochabschnitts **231**, das dem Bodenabschnitt zugewandt angeordnet ist, und den Abführlochabschnitt **215** des oberen Gehäuses **21**. Mit anderen Worten sind das Ansaugloch **232** und das Abführloch **233** einander relativ zu einer Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinderlochabschnitts **231**, die zwischen dem Ansaugloch **232** und dem Abführloch **233** eingeschoben ist, zugewandt angeordnet. Entsprechend sind das Ansaugloch **232** und das Abführloch **233** auf einer gemeinsamen Ebene angeordnet (vergleiche die **Fig. 2** bis **Fig. 4**).

[0036] Die Halterunterstützung **24** erstreckt sich ausgehend von einem radial äußeren Abschnitt bzw. Außenabschnitt des Lochabschnitts **221** des unteren Gehäuses **22** weg von dem oberen Gehäuse **21**. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Halterunterstützung **24** integral mit dem unteren Gehäuse **22** ausgebildet. Die Halterunterstützung **24** ist an der radial äußeren Seite eines Endes des Zylinders **23** koaxial zu dem Zylinder **23**. Wenn die Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** angebracht ist, ist die Halterunterstützung **24** in einen Anbringungslochabschnitt **3** eingefügt, der an dem Maschinenkopf **2** ausgebildet ist (vergleiche **Fig. 2**).

[0037] Der Stößel **11** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist aus Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt. Der Stößel **11** beinhaltet einen Abschnitt **111** mit großem Durchmesser und einen Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser. Ein Außendurchmesser des Abschnitts **112** mit kleinem Durchmesser ist kleiner als ein Außendurchmesser des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser. Der Abschnitt **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** wird in den Zylinderlochabschnitt **231** des Zylinders **23** eingesetzt. Eine Druckbeaufschlagungskammer **200** ist zwischen einer Bodenwand des Zylinderlochabschnitts **231** und der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und einem Ende des Stößels **11**, das dem Abschnitt **111** mit großem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, ausgebildet. Entsprechend bildet der Zylinder **23** die Druckbeaufschlagungskammer **200** aus. Der Zylinder **23** weist die zylindrische innere periphere Wand **230** auf, die eine zylindrische Form aufweist und die Druckbeaufschlagungskammer **200** ausbildet. Der Zylinder **23** entspricht einem „Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt“. Die Druckbeaufschlagungskammer **200** ist mit dem Ansaugloch **232** und dem Abführloch **233** verbunden.

[0038] Ein Außendurchmesser des Stößels **11** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des Zylinders **23**, d.h. ein Innendurchmesser des Zylinderlochabschnitts **231**. Entsprechend ist es möglich, dass der Stößel **11** sich in der axialen Richtung innerhalb des Zylinderlochabschnitts **231** mit einer äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser hin und her bewegt, der auf der Gleitoberfläche **230a** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinderlochabschnitts **231** gleitet. Wenn der Stößel **11** sich in dem Zylinderlochabschnitt **231** hin und her bewegt, nimmt ein Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu oder ab. Auf diese Weise weist der Stößel **11** ein Ende auf, das sich in der Druckbeaufschlagungskammer befindet und in der axialen Richtung in der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** beweglich ist.

[0039] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Dichtungshalter **14** in der Halterunterstützung **24** vorgesehen. Der Dichtungshalter **14** weist eine rohrförmige Form auf und ist aus Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt. Der Dichtungshalter **14** ist derart vorgesehen, dass eine Außenwand des Dichtungshalters **14** in eine Innenwand der Halterunterstützung **24** eingepasst ist. Zwischen dem Zylinder **23** und dem Dichtungshalter **14** ist ein säulenförmiges Zwischenelement **241** vorgesehen. Das säulenförmige Zwischenelement **241** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist koaxial zu dem Zylinder **23** vorgesehen. Ein Innendurchmesser des säulenförmigen Zwischenelements **241** ist größer als ein Innendurchmesser des Zylinderlochabschnitts **231**. Das säulenförmige Zwischenelement **241** weist Lochabschnitte **242** auf, welche die innere periphere Wand und die äußere periphere Wand des säulenförmigen Zwischenelements **241** verbinden. Eine Mehrzahl der Lochabschnitte **242** ist in der Umfangsrichtung des säulenförmigen Zwischenelements **241** ausgebildet.

[0040] Der Dichtungshalter **14** definiert einen im Wesentlichen zylindrischen Raum, der durch eine Innenwand des Dichtungshalters **14** umgeben ist, die Endoberfläche des säulenförmigen Zwischenelements **241**, die dem Zylinder **23** abgewandt angeordnet ist, und die äußere periphere Wand des Abschnitts **112** mit kleinem Durchmesser des Stößels **11**. Eine Dichtung **141** mit einer ringförmigen Form ist in dem zylindrischen Raum vorgesehen. Die Dichtung **141** ist aus einem Ring, der aus Fluorpolymer hergestellt ist, und einem Ring, der aus Gummi hergestellt ist, ausgebildet. Der Ring, der aus Fluorpolymer hergestellt ist, befindet sich radial nach innerhalb des Rings, der aus Gummi hergestellt ist. Eine Dicke eines Kraftstoffölfilms auf dem Stößel **11** um den Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser wird durch die Dichtung **141** gesteuert, um eine Kraftstoffleckage zu der Maschine **1** zu reduzieren. Eine Öldichtung **142** ist an dem Ende des Dichtungshalters **14** vorgesehen, das

von dem Zylinder **23** abgewandt angeordnet ist. Die Öldichtung **142** steuert eine Dicke eines Ölfilms auf dem Stößel **11** um den Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser, um eine Ölleckage zu reduzieren. Eine Kammer **201** mit variablem Volumen, deren Volumen während einer Hin- und Herbewegung des Stößels **11** variabel ist, ist zwischen einer Stufenoberfläche zwischen dem Abschnitt **111** mit großem Durchmesser und dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser des Stößels **11** sowie dem säulenförmigen Zwischenelement **241** und der Dichtung **141** ausgebildet.

[0041] Ein ringförmiger Raum **202**, welcher ein ringförmiger Raum ist, ist durch äußere periphere Wände des unteren Gehäuses **22** und den Zylinder **23**, eine innere periphere Wand der Halterunterstützung **24** und den Dichtungshalter **14** definiert. Der ringförmige Raum **202** ist mit dem Lochabschnitt **222** des unteren Gehäuses **22** verbunden. Der ringförmige Raum **202** ist über einen zylindrischen Raum, der durch eine innere periphere Wand des Dichtungshalters **14** definiert ist, eine äußere periphere Wand des Zylinders **23** und eine äußere periphere Wand des säulenförmigen Zwischenelements **241** sowie den Lochabschnitt **242** mit der Kammer **201** mit variablem Volumen verbunden.

[0042] Ein im Wesentlichen scheibenförmiger Federsitz **12** ist an dem Ende des Abschnitts **112** mit kleinem Durchmesser des Stößels **11**, das von dem Abschnitt **111** mit großem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, vorgesehen. Zwischen dem Dichthalter **14** und dem Federsitz **12** ist eine Feder **13** vorgesehen. Die Feder **13** ist zum Beispiel eine Spulenfeder und ist derart vorgesehen, dass ein Ende der Feder **13** den Federsitz **12** kontaktiert und das andere Ende der Feder **13** den Dichthalter **14** über einen Abstandshalter **140** kontaktiert. Der Dichtungshalter **14** ist aus einem Material hergestellt, das dazu in der Lage ist, geschweißt zu werden, und weist somit einen relativ niedrigen Härtegrad auf. Daher wird verhindert, dass der Dichtungshalter **14** abgenutzt wird, indem der Abstandshalter **140** mit einem relativ hohen Härtegrad vorgesehen wird. Die Feder **13** spannt den Stößel **11** über den Federsitz **12** weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** vor. Wenn die Hochdruckpumpe **10** an dem Maschinenkopf **2** der Maschine **1** angebracht ist, ist an dem Ende des Abschnitts **112** mit kleinem Durchmesser des Stößels **11**, das von dem Abschnitt **111** mit großem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, ein Heber **5** angebracht.

[0043] Wenn die Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** angebracht ist, kommt der Heber **5** mit einem Nocken **4** einer Nockenwelle in Kontakt, die sich in Übereinstimmung mit einer Antriebswelle der Maschine **1** dreht. Im Ergebnis bewegt sich der Stößel **11** in Übereinstimmung mit der Drehung des Nockens **4** während einer Drehung der Maschine **1** in der axialen Richtung hin und her. Zu dieser Zeit variiert sowohl

das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** als auch der Kammer **201** mit variablem Volumen periodisch.

[0044] Wie in **Fig. 2** gezeigt wird, befindet sich das Ende der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11**, das von dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, zwischen der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser und dem Ende der Gleitoberfläche **230a**, das der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, wenn sich der Stößel **11** an einem unteren Totpunkt befindet. Zu dieser Zeit befindet sich das Ende, das dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** auf einer Seite des Endes der Gleitoberfläche **230a**, das der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, gegenüber der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser.

[0045] Wie in **Fig. 3** gezeigt wird, befindet sich das Ende, das von dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** zwischen der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser und dem Ende der Gleitoberfläche **230a**, das der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, wenn sich der Stößel **11** an einem oberen Totpunkt befindet. Zu dieser Zeit ist das Ende der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11**, das dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, auf einer Seite des Endes der Gleitoberfläche **230a**, das der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, der Seite gegenüber der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser angeordnet.

[0046] Wie vorstehend beschrieben befindet sich das Ende, das von dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** ungeachtet der Position des Stößels **11** in dem Bereich ausgehend dem unteren Totpunkt zu dem oberen Totpunkt zwischen der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser und dem Ende der Gleitoberfläche **230a**, das der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, und das Ende der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11**, das dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, befindet sich auf einer Seite des Endes der Gleitoberfläche **230a**, das von der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, der

Seite gegenüber der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser.

[0047] Die Abdeckung **26** ist aus einem Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt. Die Abdeckung **26** beinhaltet einen säulenförmigen Abschnitt der Abdeckung bzw. säulenförmigen Abdeckungsabschnitt **261** und einen Abdeckungsbodenabschnitt **262**. Der säulenförmige Abdeckungsabschnitt **261** weist eine im Wesentlichen achteckige Säulenform auf. Der säulenförmige Abdeckungsabschnitt **261** weist eine äußere periphere Wand **280** der Abdeckung auf, die eine im Wesentlichen achteckige Säulenform aufweist. Die äußere periphere Wand **280** der Abdeckung beinhaltet flache Abschnitte **281**, die eine flache Form aufweisen. Die acht flachen Abschnitte **281** sind in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung ausgebildet.

[0048] Der Abdeckungsbodenabschnitt **262** ist integral mit dem säulenförmigen Abdeckungsabschnitt **261** ausgebildet, um ein Ende des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** zu schließen. Mit anderen Worten weist die Abdeckung **26** eine mit einem Boden versehene Säulenform auf. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird die Abdeckung **26** beispielsweise durch Pressen eines plattenförmigen Materials ausgebildet. Entsprechend ist eine Dicke der Abdeckung **26** relativ klein bzw. gering. Die Abdeckung **26** bildet keine Hochdruckkammer. Entsprechend wird ermöglicht, dass die Dicke der Abdeckung **26** kleiner bzw. geringer ist.

[0049] Die Abdeckung **26** weist einen Abdeckungslochabschnitt **265**, einen Abdeckungslochabschnitt **266** und einen Abdeckungslochabschnitt **267** auf. Der Abdeckungslochabschnitt **265** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, welche in einer Dickenrichtung des Abdeckungsbodenabschnitts durch den Mittelpunkt des Abdeckungsbodenabschnitts **262** durchtritt. Sowohl der Abdeckungslochabschnitt **266** als auch der Abdeckungslochabschnitt **267** weisen eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, welche eine innere periphere Wand des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** und eine äußere periphere Wand des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**, d.h. die flachen Abschnitte **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung verbindet. Der Abdeckungslochabschnitt **266** und der Abdeckungslochabschnitt **267** sind im Wesentlichen derart koaxial ausgebildet, dass der Abdeckungslochabschnitt **266** relativ zu einer Achse des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**, der zwischen dem Abdeckungslochabschnitt **266** und dem Abdeckungslochabschnitt **267** eingeschoben ist, dem Abdeckungslochabschnitt **267** zugewandt angeordnet ist.

[0050] Die Abdeckung **26** haust das obere Gehäuse **21** darin ein, und das Ende des säulenförmigen Abde-

ckungsabschnitts **261**, das von dem Abdeckungsbodenabschnitt **262** abgewandt angeordnet ist, kommt mit der Oberfläche des unteren Gehäuses **22** in Kontakt, die dem oberen Gehäuse **21** zugewandt angeordnet ist. Die Abdeckung **26** definiert eine Kraftstoffkammer **260** mit dem oberen Gehäuse **21**, dem unteren Gehäuse **22** und dem Zylinder **23**. Das Ende des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** und das untere Gehäuse **22** sind in einer gesamten Region in der Umfangsrichtung zum Beispiel durch Schweißen aneinander festgemacht. Auf diese Weise wird der Raum zwischen dem säulenförmigen Abdeckungsabschnitt **261** und dem unteren Gehäuse **22** flüssigkeitsdicht gehalten. Die Abdeckung **26** ist derart vorgesehen, dass der Abdeckungslochabschnitt **266** dem Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** entspricht, und dass der Abdeckungslochabschnitt **267** dem Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** entspricht. Ausgehend von dem oberen Abschnitt der Abdeckung **26**, d. h. ausgehend von dem Abdeckungsbodenabschnitt **262**, wird ein Betriebsgeräusch ausgestoßen, weshalb der Abdeckungsbodenabschnitt **262** vorzugsweise eine hohe Steifigkeit aufweist. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird eine Steifigkeit des Abdeckungsbodenabschnitts **262** erhöht, indem der Abdeckungsbodenabschnitt **262** mit einer Kuppelform vorgesehen wird. Allerdings kann die Steifigkeit des Abdeckungsbodenabschnitts **262** erhöht werden, indem auf dem Abdeckungsbodenabschnitt **262** mit einer flachen Form Rippen oder dergleichen vorgesehen werden.

[0051] Wie vorstehend beschrieben deckt die Abdeckung **26** zumindest einen Teil des Zylinders **23**, des oberen Gehäuses **21** und des unteren Gehäuses **22** ab und definiert die Kraftstoffkammer **260** mit dem Zylinder **23**, dem oberen Gehäuse **21** und dem unteren Gehäuse **22**. Die Kraftstoffkammer **260** weist zwischen einer inneren peripheren Wand des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** und der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses eine im Wesentlichen achteckige Säulenform auf.

[0052] Die Abdeckung **26** beinhaltet einen Zufuhrdurchlassabschnitt **29**. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** weist eine Säulenform auf und ist derart vorgesehen, dass ein Ende des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** mit einer Außenwand des Abdeckungsbodenabschnitts **262** um den Abdeckungslochabschnitt **265** verbunden ist. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** ist derart vorgesehen, dass ein Raum innerhalb des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** über den Abdeckungslochabschnitt **265** mit der Kraftstoffkammer **260** in Verbindung steht. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** und der Abdeckungsbodenabschnitt **262** werden in der gesamten Fläche in der Umfangsrichtung des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** aneinander geschweißt. Das Zufuhrkraftstoffrohr **7** ist mit dem anderen Ende des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** verbunden. Ent-

sprechend strömt der Kraftstoff, der ausgehend von der Kraftstoffpumpe **133** abgeführt wird, über das Zufuhrkraftstoffrohr **7** und den Zufuhrdurchlassabschnitt **29** in die Kraftstoffkammer **260**.

[0053] Wie in **Fig. 5** gezeigt wird, ist die Ansaugventileinheit **300** innerhalb des Ansauglochabschnitts **212** und des Ansauglochabschnitts **213** des oberen Gehäuses **21**, d. h. in dem Ansaugdurchlass **216** vorgesehen. Die Ansaugventileinheit **300** beinhaltet ein Sitzelement **31**, einen Stopper **35**, ein Ventilelement **40**, eine Feder **39** und anderes.

[0054] Das Sitzelement **31** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf und ist zum Beispiel aus Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt. Das Sitzelement **31** ist derart in dem Ansaugdurchlass **216** innerhalb des Ansauglochabschnitts **212** vorgesehen, dass das Sitzelement **31** im Wesentlichen koaxial zu dem Ansauglochabschnitt **212** ist. Eine äußere periphere Wand des Sitzelements **31** ist in eine innere periphere Wand des Ansauglochabschnitts **212** pressgepasst.

[0055] Das Sitzelement **31** beinhaltet einen Kommunikationspfad **32**, eine Mehrzahl von Kommunikationspfaden **33** und Ventilsitze **310**. Der Kommunikationspfad **32** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die an einem Mittelpunkt des Sitzelements **31** zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch das Sitzelement **31** durchtritt. Der Kommunikationspfad **32** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Sitzelement **31**.

[0056] Jeder der Kommunikationspfade **33** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch das Sitzelement **31** durchtritt. Die Kommunikationspfade **33** befinden sich radial außerhalb des Kommunikationspfads **32**. Die Mehrzahl von Kommunikationspfaden **33** sind in einer Umfangsrichtung des Sitzelements **31** ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform trägt die Mehrzahl von Kommunikationspfaden zwölf Kommunikationspfade **33**, und diese sind in gleichen Intervallen zueinander in der Umfangsrichtung arrangiert. Kraftstoff strömt in einem Zustand, in welchem die Kommunikationspfade **33** in gleichen Intervallen ausgebildet sind, wie vorstehend beschrieben, einheitlich. Entsprechend werden Verhalten des Ventilelements **40**, das untenstehend beschrieben wird, stabilisiert. Die Kommunikationspfade **33** sind auf einem virtuellen Kreis angeordnet, der an einer Achse des Sitzelements **31** zentriert ist.

[0057] Die Ventilsitze **310** sind ringförmig um den Kommunikationspfad **32** und die Mehrzahl von Kommunikationspfaden **33** auf der Oberfläche des Sitzelements **31** ausgebildet, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Mit an-

deren Worten ist die Mehrzahl von Ventilsitzen **310** auf der Oberfläche des Sitzelements **31** ausgebildet, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist.

[0058] Der Stopper **35** ist zum Beispiel aus einem Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt. Der Stopper **35** befindet sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Sitzelement **31** in dem Ansaugdurchlass **216**. Der Stopper **35** beinhaltet einen Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser, einen Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser, eine Stopperaussparung **351**, eine Stopperaussparung **352**, einen Stoppervorsprung **353**, Verbindungslöcher **38** und anderes.

[0059] Der Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des Ansauglochabschnitts **213**. Der Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser ist größer als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser, und ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des Ansauglochabschnitts **212**. Der Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser ist integral mit dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser ausgebildet. Der Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser befindet sich an einer Seite des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** und ist koaxial zu dem Stopperabschnitt **36** mit großem Durchmesser.

[0060] Der Stopper **35** ist derart in dem Ansaugdurchlass **216** vorgesehen, dass der Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser sich innerhalb des Ansauglochabschnitts **213** befindet, und dass der Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser sich innerhalb des Ansauglochabschnitts **212** befindet. Mit anderen Worten befindet sich der Stopper **35** in dem Ansaugdurchlass **216** und ist im Wesentlichen koaxial zu dem Ansauglochabschnitt **212** und dem Ansauglochabschnitt **213** innerhalb des Ansauglochabschnitts **212** und des Ansauglochabschnitts **213**.

[0061] Eine ringförmige Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser und dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser steht mit einer ringförmigen Stufenoberfläche zwischen dem Ansauglochabschnitt **212** und dem Ansauglochabschnitt **213** in Kontakt. Auf diese Weise wird eine Bewegung des Stoppers **35** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** reguliert.

[0062] Die Oberfläche des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser des Stoppers **35**, die von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, steht mit der Oberfläche des Sitzelements **31** in Kontakt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Auf diese Weise wird eine Bewegung des Stoppers **35** weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** reguliert.

[0063] Die Stopperaussparung **351** ist ausgehend von der Oberfläche des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Die Stopperaussparung weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die Stopperaussparung **351** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser. Ein Innendurchmesser der Stopperaussparung **351** ist kleiner als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser, und ist größer als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser.

[0064] Die Stopperaussparung **352** ist ausgehend von einer Bodenoberfläche der Stopperaussparung **351** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Die Stopperaussparung **352** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die Stopperaussparung **352** ist im Wesentlichen koaxial zu der Stopperaussparung **351**. Ein Innendurchmesser der Stopperaussparung **352** ist kleiner als ein Innendurchmesser der Stopperaussparung **351** und als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser.

[0065] Der Stoppervorsprung **353** steht ausgehend von dem Mittelpunkt der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **352** hin zu dem Sitzelement **31** hervor. Der Stoppervorsprung **353** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Stoppervorsprung **353** ist im Wesentlichen koaxial zu der Stopperaussparung **352**. Die Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353**, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, befindet sich zwischen dem Sitzelement **31** und der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **351**.

[0066] Jedes der Verbindungslöcher **38** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die zwischen der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **352** und der Oberfläche des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, durch den Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser durchtritt. Die Verbindungslöcher befinden sich radial außerhalb des Stoppervorsprungs **353**. Die Mehrzahl von Verbindungslöchern **38** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die vier Verbindungs-

löcher **38** ausgebildet. Die Verbindungslöcher **38** sind auf einem virtuellen Kreis angeordnet, der an einer Achse des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser zentriert ist.

[0067] Der Ansaugdurchlass **216** ist durch den Kommunikationspfad **32** und die Kommunikationspfade **33** des Sitzelements **31**, die Stopperaussparung **351** und die Stopperaussparung **352** des Stoppers **35** sowie die Verbindungslöcher **38** definiert. Entsprechend wird ermöglicht, dass Kraftstoff in der Kraftstoffkammer **260** über den Ansaugdurchlass **216**, der durch den Kommunikationspfad **32** definiert ist, die Kommunikationspfade **33**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352** und die Verbindungslöcher **38** sowie das Ansaugloch **232** in die Druckbeaufschlagungskammer **200** eintritt.

[0068] Das Ventilelement **40** ist innerhalb der Stopperaussparung **351** vorgesehen, d. h. das Ventilelement **40** befindet sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Sitzelement **31**. Das Ventilelement **40** beinhaltet einen Ventilkörper **41**, verjüngte Abschnitte **42**, Führungsabschnitte **43** und Verbindungslöcher **44**. Der Ventilkörper **41**, die verjüngten Abschnitte **42** und die Führungsabschnitte **43** sind aus einem Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt und integral miteinander ausgebildet. Der Ventilkörper **41** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf.

[0069] Jeder der verjüngten Abschnitte **42** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf und ist integral mit dem Ventilkörper **41** auf der radialen Außenseite des Ventilkörpers **41** ausgebildet. Jeder der verjüngten Abschnitte **42** weist derart eine verjüngte Form auf, dass die Oberfläche des verjüngten Abschnitts **42**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, sich hin zu einer Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** verjüngt.

[0070] Die Führungsabschnitte **43** stehen ausgehend von dem Ventilkörper **41** jeweils radial nach außen hervor, um die verjüngten Abschnitte **42** in der Umfangsrichtung zu trennen, und sind jeweils integral mit dem Ventilkörper **41** und den verjüngten Abschnitten **42** ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die drei Führungsabschnitte **43** in gleichen Intervallen zueinander in der Umfangsrichtung des Ventilkörpers **41** ausgebildet, um die drei verjüngten Abschnitte **42** in der Umfangsrichtung zu trennen. Ein Ende jedes der Führungsabschnitte **43**, das von dem Ventilkörper **41** abgewandt angeordnet ist, befindet sich auf der radialen Außenseite eines äußeren Rands des verjüngten Abschnitts **42**. Jeder der Führungsabschnitte **43** kann eine Bewegung des Ventilelements **40** in der axialen Richtung führen, indem dieses zwischen dem Ende der Führungsabschnitte **43**, das von dem Ventilkörper **41** abgewandt

angeordnet ist, und einer inneren peripheren Wand der Stopperaussparung **351** gleitet.

[0071] Jedes der Verbindungslöcher **44** tritt zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Ventilkörpers **41** durch den Ventilkörper **41** durch. Die Verbindungslöcher **44** befinden sich in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Ventilkörpers **41**. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die neun Verbindungslöcher **44** ausgebildet. Die Verbindungslöcher **44** sind auf einem virtuellen Kreis angeordnet, der an der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** zentriert ist.

[0072] Eine Plattendicke sowohl des Ventilkörpers **41** als auch der Führungsabschnitte **43** des Ventilelements **40** ist kleiner als der Abstand zwischen der Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt ist, und einer Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353**, die dem Sitzelement **31** zugewandt ist.

[0073] Die Oberfläche des Ventilelements **40**, welche dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, ist dazu konfiguriert, mit der Oberfläche des Sitzelements, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, d. h. den Ventilsitzen **310**, in Kontakt zu kommen. Ein Mittelpunkt der Oberfläche des Ventilelements **40**, welcher dem Stopper **35** zugewandt angeordnet ist, ist dazu konfiguriert, mit der Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353** in Kontakt zu kommen, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist.

[0074] Das Ventilelement **40** ist in der axialen Richtung im Bereich einer Differenz zwischen der Plattendicke des Ventilkörpers **41** und der Führungsabschnitte **43** und dem Abstand zwischen der Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt ist, und einer Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353**, die dem Sitzelement **31** zugewandt ist, beweglich.

[0075] Wenn die Oberfläche des Ventilelements **40**, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, von der Oberfläche des Sitzelements **31** getrennt ist, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, d. h. die Oberfläche des Ventilelements **40**, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, von den Ventilsitzen **310** getrennt ist, ermöglicht das Ventilelement **40**, dass der Kraftstoff in dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** strömt, indem der Kommunikationspfad **32** und die Kommunikationspfade **33** geöffnet werden. Wenn die Oberfläche des Ventilelements **40**, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, mit den Ventilsitzen **310** in Kontakt kommt, schränkt das Ventilelement **40** den Kraftstofffluss in die Kommunikationspfade **33** ein, indem die Kommunikationspfade **33** geschlossen werden. Entsprechend ist

das Ventilelement **40** ein Mehrsitzventilkörper, welcher mit einer Mehrzahl von Ventilsitzen **310** in Kontakt kommt.

[0076] Wenn sich das Ventilelement **40** öffnet, ist es dem Kraftstoff möglich, durch den Kommunikationspfad **32**, die Kommunikationspfade **33**, die Verbindungslöcher **44** und die Stopperaussparung **351** zu strömen. Entsprechend ist es möglich, dass der Kraftstoff, der in der Kraftstoffkammer **260** strömt, durch den Kommunikationspfad **32** die Kommunikationspfade **33**, die Verbindungslöcher **44**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352**, die Verbindungslöcher **38** und das Ansaugloch **232** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt. Es ist ebenfalls möglich, dass der Kraftstoff, der in der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt, durch das Ansaugloch **232**, die Verbindungslöcher **38**, die Stopperaussparung **352**, die Stopperaussparung **351**, die Verbindungslöcher **44**, die Kommunikationspfade **33** und den Kommunikationspfad **32** hin zu der Kraftstoffkammer **260** strömt. Zu dieser Zeit strömt der Kraftstoff durch die Verbindungslöcher **44** des Ventilelements **40** und um das Ventilelement **40**.

[0077] Wenn sich das Ventilelement **40** schließt, ist der Kraftstofffluss zwischen dem Kommunikationspfad **32** und dem Kommunikationspfad **33**, sowie zwischen den Verbindungslöchern **44** und der Stopperaussparung **351** eingeschränkt. Entsprechend ist der Kraftstoff, der in der Kraftstoffkammer **260** strömt, darin eingeschränkt, durch den Kommunikationspfad **32** die Kommunikationspfade **33**, die Verbindungslöcher **44**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352**, die Verbindungslöcher **38** und das Ansaugloch **232** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu strömen. Der Kraftstoff ist ebenfalls darin eingeschränkt, ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch das Ansaugloch **232**, die Verbindungslöcher **38**, die Stopperaussparung **352**, die Stopperaussparung **351**, die Verbindungslöcher **44**, die Kommunikationspfade **33** und den Kommunikationspfad **32** hin zu der Kraftstoffkammer **260** zu strömen.

[0078] Die Feder **39** ist zum Beispiel eine Spulenfeder, und ist auf der radialen Außenseite des Stoppervorsprungs **353** vorgesehen. Ein Ende der Feder **39** steht mit der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **352** in Kontakt, und das andere Ende steht mit der Oberfläche des Ventilelements **40**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, in Kontakt. Die Feder **39** spannt das Ventilelement **40** hin zu dem Sitzelement **31** vor.

[0079] Wie in **Fig. 5** gezeigt wird, steht die elektromagnetische Antriebseinheit **500** über den Abdeckungslochabschnitt **266** der Abdeckung **26** ausgehend von dem Ansauglochabschnitt **212** des oberen

Gehäuses **21** radial nach außen von der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung hervor.

[0080] Die elektromagnetische Antriebseinheit **500** beinhaltet ein zylindrisches Element **51**, ein Führungselement **52**, eine Nadel **53**, eine Feder **54** als ein Vorspannelement, einen beweglichen Kern **55**, einen magnetischen Drosselabschnitt **56**, einen festen Kern **57**, eine Spule **60**, ein Joch **641**, ein Joch **645**, einen Verbinder **65** und anderes.

[0081] Das zylindrische Element **51** beinhaltet einen ersten zylindrischen Abschnitt **511**, einen zweiten säulenförmigen Abschnitt **512** und einen dritten zylindrischen Abschnitt **513**. Sowohl der erste zylindrische Abschnitt **511**, der zweite säulenförmige Abschnitt **512** als auch der dritte zylindrische Abschnitt **513** sind zum Beispiel aus einem magnetischen Material hergestellt. Der erste zylindrische Abschnitt **511** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf.

[0082] Der zweite säulenförmige Abschnitt **512** weist eine Säulenform auf. Der zweite säulenförmige Abschnitt **512** ist derart im Wesentlichen koaxial und integral mit dem ersten zylindrischen Abschnitt **511** ausgebildet, dass ein Ende des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** mit einem Ende des ersten zylindrischen Abschnitts **511** verbunden ist. Der maximale Außendurchmesser des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** ist kleiner als der Außendurchmesser des Endes des ersten zylindrischen Abschnitts **511**, das dem zweiten säulenförmigen Abschnitt **512** zugewandt angeordnet ist.

[0083] Der dritte zylindrische Abschnitt **513** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der dritte zylindrische Abschnitt **513** ist derart im Wesentlichen koaxial und integral mit dem zweiten säulenförmigen Abschnitt **512** ausgebildet, dass ein Ende des dritten zylindrischen Abschnitts **513** mit dem Ende des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512**, das dem ersten zylindrischen Abschnitt **511** abgewandt angeordnet ist, verbunden ist. Ein Außendurchmesser des dritten zylindrischen Abschnitts **513** ist kleiner als der maximale Außendurchmesser des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512**.

[0084] Schraubengewinde sind in einer äußeren peripheren Wand des Endes des ersten zylindrischen Abschnitts **511** ausgebildet, das dem zweiten säulenförmigen Abschnitt **512** abgewandt angeordnet ist. Gewindenuten, die den Schraubengewinden des ersten zylindrischen Abschnitts **511** entsprechen, sind in einer inneren peripheren Wand des Endes des Ansauglochabschnitts **212** des oberen Gehäuses **21** ausgebildet, das von dem Ansauglochabschnitt **213** abgewandt angeordnet ist.

[0085] Das zylindrische Element **51** ist derart vorgesehen, dass die Gewinde des ersten zylindrischen

Abschnitts **511** in die Gewindenuten des oberen Gehäuses **21** geschraubt sind. Die Endoberfläche des ersten zylindrischen Abschnitts **511** des zylindrischen Elements **51**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, spannt das Sitzelement **31** und den Stopper **35** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vor. Entsprechend stehen das Sitzelement **31** und der Stopper **35** miteinander in Kontakt, um eine Bewegung des Sitzelements **31** und des Stoppers **35** in der axialen Richtung zu regulieren. Die Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser und dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser wird gegen die Stufenoberfläche zwischen dem Ansauglochabschnitt **213** und dem Ansauglochabschnitt **212** gedrückt. Entsprechend wirkt ausgehend von der Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser und dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** eine axiale Kraft auf die Stufenoberfläche zwischen dem Ansauglochabschnitt **213** und dem Ansauglochabschnitt **212**.

[0086] Die äußere periphere Wand des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** weist eine Säulenform mit flachen Oberflächen wie beispielsweise eine sechseckige Säulenform auf. Entsprechend kann zum Schrauben des zylindrischen Elements **51** in den Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** ein Werkzeug verwendet werden, das der äußeren peripheren Wand des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** entspricht, um das zylindrische Element **51** in relativ einfacher Weise in den Ansauglochabschnitt **212** zu schrauben.

[0087] Der erste zylindrische Abschnitt **511** des zylindrischen Elements **51** befindet sich innerhalb des Abdeckungslochabschnitts **266** der Abdeckung **26**. Entsprechend befindet sich das Ende des ersten zylindrischen Abschnitts **511**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, innerhalb des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**. Das Ende des ersten zylindrischen Abschnitts **511**, das von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, der zweite säulenförmige Abschnitt **512** und der dritte zylindrische Abschnitt **513** befinden sich außerhalb des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**. Das zylindrische Element **51** ist derart vorgesehen, dass eine Achse des zylindrischen Elements **51** orthogonal zu einer Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** verläuft.

[0088] Ein Innendurchmesser eines Abschnitts des zylindrischen Elements **51**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist größer als ein Innendurchmesser eines Abschnitts des zylindrischen Elements **51**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Ei-

ne Stufenoberfläche **514**, die eine im Wesentlichen ringförmige Form aufweist und der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist innerhalb des zylindrischen Elements **51** ausgebildet. Die Stufenoberfläche **514** ist in Hinblick auf einen Verbindungsabschnitt zwischen dem ersten zylindrischen Abschnitt **511** und dem zweiten säulenförmigen Abschnitt **512** in der axialen Richtung des zylindrischen Bauteils **51** etwas hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** positioniert, um eine ausreichende Wanddicke sicherzustellen.

[0089] Der erste zylindrische Abschnitt **511** beinhaltet Lochabschnitte **515**, die zwischen der inneren peripheren Wand und der äußeren peripheren Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** durch den ersten zylindrischen Abschnitt **511** durchtreten. Die Lochabschnitte **515** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des ersten zylindrischen Abschnitts **511** ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die sechs Lochabschnitte **515** ausgebildet. Die Lochabschnitte **515** befinden sich ungefähr zwischen der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses und der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung in der axialen Richtung des ersten zylindrischen Abschnitts **511**. Entsprechend wird ermöglicht, dass der Kraftstoff in der Kraftstoffkammer **260** über die Lochabschnitte **515** in den ersten zylindrischen Abschnitt **511** strömt, und über den Ansaugdurchlass **216** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt.

[0090] Ein Filter **510** mit einer rohrförmigen Form ist an einer Position vorgesehen, die den Lochabschnitten **515** innerhalb des ersten zylindrischen Abschnitts **511** entspricht. Der Filter **510** ist dazu in der Lage, Fremdstoffe zu sammeln, die in dem Kraftstoff enthalten sind, der ausgehend von der Kraftstoffkammer **260** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt. Ein Ende des Filters **510**, das dem äußeren peripheren Abschnitt der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, wird in die innere periphere Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** pressgepasst, und ein Ende des Filters **510**, das von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, steht mit dem Führungselement **52** in Kontakt. Entsprechend strömt der Kraftstoff, der in der Kraftstoffkammer **260** strömt, ferner erst, nachdem dieser durch den Filter **510** durchgetreten ist, in den Ansaugdurchlass **216**. Der Filter **510** wird zusammengebaut, indem dieser leicht gequetscht wird, um einen sicheren Kontakt mit dem Führungselement **52** zu erzielen.

[0091] Ein Schweißring **519** ist außerhalb der Abdeckung **26** auf der radialen Außenseite des ersten zylindrischen Abschnitts **511** des zylindrischen Elements **51** vorgesehen. Der Schweißring **519** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Der Schweißring **519**

ist derart ausgebildet, dass ein Ende des Schweißrings **519**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, sich radial nach außen erstreckt und mit einer Peripherie des Abdeckungslochabschnitts **266** des flachen Abschnitts **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung in Kontakt kommt. Das Ende des Schweißrings **519**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist im gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an den flachen Abschnitt **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung geschweißt. Ein Abschnitt des Schweißrings **519**, welcher der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, ist in dem gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an die äußere periphere Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** geschweißt. Diese Konfiguration reduziert eine Leckage des Kraftstoffs ausgehend von der Kraftstoffkammer **260** über einen Zwischenraum zwischen dem Abdeckungslochabschnitt **266** und der äußeren peripheren Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** zu der Außenseite der Abdeckung **26**. Eine Last während eines Hochdruckbetriebs wird durch eine Schraube des zylindrischen Bauteils **51** aufgenommen, somit wirkt keine Belastung auf dem Schweißring **519**.

[0092] Das Führungselement **52** ist innerhalb des ersten zylindrischen Abschnitts **511** vorgesehen. Das Führungselement **52** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Das Führungselement **52** ist derart an der Innenseite des ersten zylindrischen Abschnitts **511** fixiert, dass eine äußere periphere Wand des Führungselements **52** an einer inneren peripheren Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** eingepasst ist, und dass ein äußerer Rand der einen Endoberfläche des Führungselements **52** mit der Stufenoberfläche **514** des zylindrischen Elements **51** in Kontakt kommt. Ein Abschnitt **516** mit reduziertem Durchmesser ist in einem Abschnitt ausgebildet, der dem Führungselement **52** in der inneren peripheren Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** entspricht. Der Abschnitt **516** mit reduziertem Durchmesser steht ausgehend von der inneren peripheren Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** radial nach innen hervor. Entsprechend weist die innere periphere Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **516** an dem Abschnitt **511** mit reduziertem Durchmesser einen kleineren Innendurchmesser auf. Daher ist es möglich, dass das Führungselement **52** in den Abschnitt **516** mit reduziertem Durchmesser pressgepasst ist.

[0093] Das Führungselement **52** weist ein axiales Loch **521** und ein Verbindungsloch **522** auf. Das axiale Loch **521** tritt in der axialen Richtung durch einen Mittelpunkt des Führungselements **52** durch. Das axiale Loch **521** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Führungselement **52**.

[0094] Das Verbindungsloch **522** tritt zwischen einer Oberfläche des Führungselements **52**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Oberfläche des Führungselements **52**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durch das Führungselement **52** durch. Das Verbindungsloch **522** befindet sich radial außerhalb des axialen Lochs **521**. Das Verbindungsloch **522** steht mit einem Innenraum des ersten zylindrischen Abschnitts **511** ausgehend von dem Führungselement **52** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** und einem Innenraum des ersten zylindrischen Abschnitts **511**, der benachbart zu einem Ende des Führungselements **52** angeordnet ist, das von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, in Verbindung. Das Führungselement **52** beinhaltet einen zylindrischen Abschnitt **523**, der ausgehend von der Peripherie des axialen Lochs **521** auf der Endoberfläche des Führungselements **52**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervorsteht.

[0095] Die Nadel **53** ist innerhalb des zylindrischen Elements **51** vorgesehen. Die Nadel **53** ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Die Nadel **53** beinhaltet einen Nadelkörper **531** und einen Stoppabschnitt **532**. Der Nadelkörper **531** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Stoppabschnitt **532** ist integral mit dem Nadelkörper **531** ausgebildet und erstreckt sich ausgehend von der äußeren peripheren Wand des Nadelkörpers **531** zu der radialen Außenseite. Der Stopperabschnitt **532** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf.

[0096] Die Nadel **53** ist derart vorgesehen, dass der Nadelkörper **531** durch das axiale Loch **521** des Führungselements **52** eingesetzt wird, und dass der Stoppabschnitt **532** sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Führungselement **52** befindet. Ein Ende des Nadelkörpers **531**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, befindet sich innerhalb des Kommunikationspfads **32** des Sitzelements **31** und ist dazu konfiguriert, mit der Oberfläche des Ventilelements **40** in Kontakt zu kommen, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Das Ende des Nadelkörpers **531**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, befindet sich auf einer Seite der Endoberfläche des dritten zylindrischen Abschnitts **513**, die dem zweiten säulenförmigen Abschnitt **512** abgewandt angeordnet ist, gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**.

[0097] Ein Außendurchmesser eines Abschnitts des Nadelkörpers **531**, der dem axialen Loch **521** entspricht, ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des axialen Lochs **521**. Ein Außendurchmesser des Stoppabschnitts **532** ist größer als ein Außendurch-

messer des axialen Lochs **521**. Die Nadel **53** ist dazu in der Lage, sich in der axialen Richtung innerhalb des zylindrischen Elements **51** hin und her zu bewegen. Eine äußere periphere Wand des Nadelkörpers **531** ist dazu in der Lage, auf dem axialen Loch **521** zu gleiten. Entsprechend ist das Führungselement **52** dazu in der Lage, die Nadel **53** derart zu führen, dass diese sich in der axialen Richtung bewegt. Ein Überströmabschnitt ist an einem äußeren peripheren Ende des Führungselements **52** ausgebildet, um eine Verformung eines Endes des axialen Lochs **521** des Führungselements **52** zu verhindern. Der Überströmabschnitt wird nicht pressgepasst.

[0098] Die Feder **54** kann eine Spulenfeder sein und ist radial außerhalb des Nadelkörpers **531** vorgesehen. Ein Ende der Feder **54** steht mit der Oberfläche des Führungselements **52** in Kontakt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und das andere Ende der Feder **54** steht mit der Oberfläche des Stoppabschnitts **532**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, in Kontakt. Mit anderen Worten stoppt der Stoppabschnitt **532** das andere Ende der Feder **54**. Die Feder **54** spannt die Nadel **53** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vor. Die Vorspannkraft der Feder **54** ist größer eingestellt als die Vorspannkraft der Feder **39**. Entsprechend spannt die Feder **54** das Ventilelement **40** über die Nadel **53** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vor, um die Oberfläche des Ventilelements **40**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, gegen den Stoppvorsprung **353** zu drücken. In diesem Zustand ist das Ventilelement **40** von den Ventilsitzen **310** des Sitzelements **31** getrennt, um sich zu öffnen.

[0099] Der bewegliche Kern **55** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus einem magnetischen Material hergestellt. Der bewegliche Kern **55** beinhaltet ein axiales Loch **553** und ein Verbindungsloch **554**. Das axiale Loch **553** tritt in der axialen Richtung durch einen Mittelpunkt des beweglichen Kerns **55** durch. Das axiale Loch **553** ist im Wesentlichen koaxial zu dem beweglichen Kern **55**. Ein Innendurchmesser des axialen Lochs **553** ist kleiner als ein Außendurchmesser des Endes des Nadelkörpers **531**, das abgewandt von der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet ist.

[0100] Der bewegliche Kern **55** ist derart integral mit der Nadel **53** vorgesehen, dass eine innere periphere Wand des axialen Lochs **553** an dem Ende des Nadelkörpers **531**, das abgewandt von der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet ist, in eine äußere periphere Wand des Nadelkörpers **531** eingepasst ist. Der bewegliche Kern **55** ist in die Nadel **53** pressgepasst und darin eingeschränkt, sich relativ zu der Nadel **53** zu bewegen. Die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeauf-

schlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, befindet sich im Wesentlichen auf einer gemeinsamen Ebene wie die Endoberfläche des Nadelkörpers **531**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist.

[0101] Das Verbindungsloch **554** tritt zwischen der Endoberfläche **551**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, und der Endoberfläche **552**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, durch den beweglichen Kern **55** durch. Das Verbindungsloch **554** befindet sich radial außerhalb des axialen Lochs **553**. Das Verbindungsloch **554** reduziert einen Fluidwiderstand, der während einer Hin- und Herbewegung des beweglichen Kerns **55** erzeugt wird, und ermöglicht dadurch, dass sich der bewegliche Kern **55** mit einer guten Reaktion bewegt. Das Verbindungsloch **554** ermöglicht, dass der Kraftstoff in einem Raum zwischen dem beweglichen Kern **55** und dem festen Kern **57** strömt. Entsprechend wird eine dynamische Veränderung hinsichtlich von Druck eingeschränkt und dadurch wird eine Kavitationserosion reduziert. Der bewegliche Kern **55** beinhaltet einen zylindrischen Abschnitt, der ausgehend von der Peripherie des axialen Lochs **553** an der Endoberfläche **552** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervorsteht.

[0102] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich der Schwerpunkt von sowohl der Nadel **53** als auch dem beweglichen Kern **55**, welche integral vorgesehen sind, vom Öffnen bis zum Schließen des Ventils immer auf der Achse der Nadel **53** und innerhalb des Führungselements **52**. Entsprechend können die Bewegungen der Nadel **53** und des beweglichen Kerns **55** in der axialen Richtung stabilisiert werden.

[0103] Der magnetische Drosselabschnitt **56** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus einem nicht-magnetischen Element hergestellt. Ein Innendurchmesser und ein Außendurchmesser des magnetischen Drosselabschnitts **56** sind im Wesentlichen die gleichen wie der Innendurchmesser und der Außendurchmesser des dritten zylindrischen Abschnitts **513**. Der magnetische Drosselabschnitt **56** ist auf einer Seite des zylindrischen Elements **51** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** vorgesehen. Der magnetische Drosselabschnitt **56** ist im Wesentlichen koaxial zu dem dritten zylindrischen Abschnitt **513**. Der magnetische Drosselabschnitt **56** und der dritte zylindrische Abschnitt **513** sind zum Beispiel durch Schweißen aneinander festgemacht. Die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, befindet sich innerhalb des magnetischen Drosselabschnitts **56**.

[0104] Der feste Kern **57** ist zum Beispiel aus einem magnetischen Material hergestellt. Der feste Kern **57** beinhaltet einen Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns und einen Abschnitt **574** mit großem Durchmesser des festen Kerns. Der Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Ein Außendurchmesser des Abschnitts **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns ist etwas größer als ein Innendurchmesser des magnetischen Drosselabschnitts **56**. Der Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns ist in den magnetischen Drosselabschnitt **56** pressgepasst.

[0105] Der Abschnitt **574** mit großem Durchmesser des festen Kerns weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist integral mit dem Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns ausgebildet. Ein Ende des Abschnitts **574** mit großem Durchmesser des festen Kerns in der axialen Richtung ist derart mit einem Ende des Abschnitts **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns verbunden, dass der Abschnitt **574** mit großem Durchmesser des festen Kerns koaxial zu dem Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns ist. Ein Außendurchmesser des Abschnitts **574** mit großem Durchmesser des festen Kerns ist größer als ein Außendurchmesser des Abschnitts **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns, und ist im Wesentlichen gleich einem Außendurchmesser des magnetischen Drosselabschnitts **56**.

[0106] Der feste Kern **57** befindet sich derart an einer Seite des zylindrischen Elements **51** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, dass der Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns sich innerhalb des Endes des magnetischen Drosselabschnitts **56** befindet, das dem zylindrischen Element **51** abgewandt angeordnet ist. Der feste Kern **57** und der magnetische Drosselabschnitt **56** sind zum Beispiel durch Schweißen aneinander festgemacht. Eine ringförmige Stufenoberfläche zwischen dem Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns und dem Abschnitt **574** mit großem Durchmesser des festen Kerns steht mit der Endoberfläche des magnetischen Drosselabschnitts **56**, die dem zylindrischen Element **51** abgewandt angeordnet ist, in Kontakt. Eine Endoberfläche **571** des festen Kerns **57**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, befindet sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und der Endoberfläche des magnetischen Drosselabschnitts **56**, die dem zylindrischen Element **51** abgewandt angeordnet ist. Der feste Kern **57** ist im Wesentlichen koaxial zu dem magnetischen Drosselabschnitt **56**. In einem Zustand, in welchem das Ventilelement **40** von den Ventilsitzen **310** getrennt ist, wobei die Nadel **53** durch die Feder **54** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vorgespannt ist, wird zwischen der Endoberfläche **571** des festen

Kerns **57**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, ein Zwischenraum erzeugt.

[0107] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind das zylindrische Element **51**, das Führungselement **52**, die Feder **54**, die Nadel **53**, der bewegliche Kern **55**, der magnetische Drosselabschnitt **56**, der feste Kern **57** und der Filter **510** im Voraus in einen Körper zusammengesetzt, um eine Unterbaugruppe vorzusehen, die eine erste elektromagnetische Antriebseinheit **501** bildet.

[0108] Genauer gesagt sind die Feder **54** und die Nadel **53** anfänglich an dem Führungselement **52** zusammengesetzt, und der bewegliche Kern **55** ist in die Nadel **53** pressgepasst. Nachfolgend wird der magnetische Drosselabschnitt **56** an den Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns **57** pressgepasst und geschweißt, um den magnetischen Drosselabschnitt **56** und das zylindrische Element **51** zu schweißen. Danach wird das Führungselement **52** in dem vorstehend beschriebenen Zustand in das zylindrische Element **51** in dem vorstehend beschriebenen Zustand pressgepasst. Zu dieser Zeit wird der Filter **510** in die Innenseite des ersten zylindrischen Abschnitts **511** pressgepasst, bis das Ende des Filters **510** mit der Oberfläche des Führungselements **52** in Kontakt kommt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Ein Montieren der ersten elektromagnetischen Antriebseinheit **501** als Unterbaugruppe wird durch die vorhergehenden Schritte abgeschlossen.

[0109] Die Spule **60** beinhaltet einen Spulenkörper (spool) **61** und einen Wicklungsabschnitt **62**. Der Spulenkörper **61** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus Harz hergestellt. Der Spulenkörper **61** ist im Wesentlichen koaxial zu dem zylindrischen Element **51** und befindet sich radial außerhalb des Endes des zylindrischen Elements **51**, das von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, und der Enden des beweglichen Kerns **55**, des magnetischen Drosselabschnitts **56** und des festen Kerns **57**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet sind. Der Spulenkörper **61** weist in der axialen Richtung ein Teil auf, das sich auf der radialen Außenseite des beweglichen Kerns **55** befindet.

[0110] Der Wicklungsabschnitt **62** wird durch einen Draht **620** gebildet. Der Draht **620** weist eine lineare Form auf und ist aus einem elektrisch leitenden Material wie beispielsweise Kupfer hergestellt. Der Wicklungsabschnitt **62** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die ausgebildet wird, indem der Draht **620** um eine äußere periphere Wand des Spulenkörpers **61** gewickelt wird. Die Spule **60** beinhaltet

eine äußere zylindrische Oberfläche **600**, die eine virtuelle Oberfläche ist, die mit einer äußeren peripheren Oberfläche des Wicklungsabschnitts **62** in Kontakt steht, und eine innere zylindrische Oberfläche **601** und eine innere zylindrische Oberfläche **602**, welche virtuelle Oberflächen sind, die mit einer inneren peripheren Oberfläche des Wicklungsabschnitts **62** in Kontakt steht. Ein Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche **601** unterscheidet sich von dem der inneren zylindrischen Oberfläche **602**. Der Spulenkörper **61** entspricht einem „Wicklungs-Bildungsabschnitt“.

[0111] Die äußere zylindrische Oberfläche **600** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die innere zylindrische Oberfläche **601** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und befindet sich innerhalb eines Abschnitts der äußeren zylindrischen Oberfläche **600** positioniert, welche der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt abgeordnet ist. Die innere zylindrische Oberfläche **602** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und der inneren zylindrischen Oberfläche **601** innerhalb eines Abschnitts der äußeren zylindrischen Oberfläche **600** positioniert, welche der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Ein Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche **602** ist größer als ein Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche **601**. Die innere zylindrische Oberfläche **601** und die innere zylindrische Oberfläche **602** befinden sich auf der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61**. Mit anderen Worten weist der Abschnitt des Spulenkörpers **61**, welcher der Druckbeaufschlagungskammer **200** in der axialen Richtung zugewandt angeordnet ist, einen Außendurchmesser auf, der sich von einem Außendurchmesser des Abschnitts des Spulenkörpers **61** unterscheidet, welcher von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist.

[0112] Die Spule **60** beinhaltet eine Verbindungsoberfläche **605**, die eine virtuelle Oberfläche zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** und der inneren zylindrischen Oberfläche **602** ist. Die Verbindungsoberfläche **605** befindet sich auf der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61**, und zumindest ein Teil der Verbindungsoberfläche **605** verläuft senkrecht zu der Achse des Spulenkörpers **61**. Auf diese Weise wird der Draht **620** um die äußere periphere Wand des Spulenkörpers **61** gewickelt, um den Wicklungsabschnitt **62** mit einer zylindrischen Form zu bilden. Mit anderen Worten wird der Draht **620** um die innere zylindrische Oberfläche **601**, die innere zylindrische Oberfläche **602** und die Verbindungsoberfläche **605** radial nach außen gewickelt.

[0113] Sowohl das Joch **641** als auch das Joch **645** sind zum Beispiel aus einem magnetischen Material hergestellt. Das Joch **641** weist eine mit einem Boden

versehene zylindrische Form auf. Ein Jochlochabschnitt **642** weist eine im Wesentlichen kreisförmige Form auf und ist an einem Mittelpunkt des Bodens des Jochs **641** ausgebildet. Das Joch **641** weist zwischen dem Joch **641** und der äußeren peripheren Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** einen kleinen Zwischenraum auf. Dieser Zwischenraum ist so eingestellt, dass der Zwischenraum es ermöglicht, dass die innere periphere Wand des Jochlochabschnitts **642** in dem Bodenabschnitt des Jochs **641** die äußere periphere Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** kontaktiert, oder dass der Zwischenraum eine Anziehungskraft nicht verringert. Ein zylindrischer Abschnitt des Jochs **641** befindet sich auf der radialen Außenseite der Spule **60**. Ein Raum zwischen dem Joch **641** und der Spule **60** ist mit Harz gefüllt.

[0114] Das Joch **645** weist eine Plattenform auf und schließt ein Ende des zylindrischen Abschnitts des Jochs **641**, das von dem Bodenabschnitt abgewandt angeordnet ist. Ein äußerer Rand der Endoberfläche des Jochs **645**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, steht mit dem zylindrischen Abschnitt des Jochs **641** in Kontakt. Ein Mittelpunkt der Endoberfläche des Jochs **645**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, steht mit einer Endoberfläche **572** des festen Kerns **57** in Kontakt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, und wird an die Endoberfläche **572** des festen Kerns **57** geschweißt.

[0115] Der Verbinder **65** steht ausgehend von einer Kerbe, die in einem Teil des zylindrischen Abschnitts des Jochs **641** ausgebildet ist, in der Umfangsrichtung radial nach außen hervor (vergleiche **Fig. 2**). Der Verbinder **65** weist einen Anschluss **651** auf. Der Anschluss **651** ist elektrisch mit dem Draht **620** der Spule **60** verbunden. Ein Kabelbaum **6** ist mit dem Verbinder **65** verbunden. Diese Konfiguration ermöglicht eine Leistungszufuhr zu dem Wicklungsabschnitt **62** der Spule **60** über den Kabelbaum **6** und den Anschluss **651**.

[0116] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden die Spule **60**, das Joch **641** und der Verbinder **65** im Voraus in eine Unterbaugruppe zusammengesetzt, die eine zweite elektromagnetische Antriebseinheit **502** bildet.

[0117] Genauer gesagt wird der Anschluss **651** anfänglich in den Spulenkörper **61** pressgepasst. Nachfolgend ist der Draht **620** um den Spulenkörper **61** gewickelt und der Anschluss **651** und der Draht **620** sind geschweißt. Mit anderen Worten werden der Anschluss **651** und der Draht **620** vereinigt. In einem Zustand, in welchem der Spulenkörper **61** und anderes, die wie vorstehend beschrieben zusammengesetzt sind, in das Joch **641** eingesetzt worden sind,

wird Harz eingefüllt, um den Verbinder **65** zu bilden. Danach wird der äußere Rand des Jochs **645** an den zylindrischen Abschnitt des Jochs **641** geschweißt. Ein Montieren der zweiten elektromagnetischen Antriebseinheit **502** als Unterbaugruppe wird durch die vorhergehenden Schritte abgeschlossen.

[0118] Zwischen der Endoberfläche des Harzabschnitts innerhalb des Jochs **641**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, und der Endoberfläche des Jochs **645**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist ein Zwischenraum ausgebildet. Entsprechend wird ein Zusammenbau von dem Joch **641** und dem Joch **645** verbessert. Überdies ist der Zwischenraum klein genug, um Wasser daran zu hindern, hindurch zu strömen. Diese Konfiguration reduziert daher ein Eintreten von Wasser in das Joch **641**, wodurch eine Korrosion von Komponenten wie beispielsweise des festen Kerns **57** und des zylindrischen Elements **51** reduziert wird.

[0119] Die Spule **60** erzeugt eine elektromagnetische Kraft, wenn diese in Übereinstimmung mit einem Befehl ausgehend von der ECU über den Kabelbaum **6** und den Anschluss **651** erregt wird. Im Ergebnis ist ein magnetischer Kreis in Flächen des Jochs **641**, des Jochs **645**, des festen Kerns **57**, des beweglichen Kerns **55** und des zylindrischen Bauteils **51** außer dem magnetischen Drosselabschnitt **56** ausgebildet. In diesem Fall wird zwischen dem festen Kern **57** und dem beweglichen Kern **55** eine Anziehungskraft erzeugt, wodurch der bewegliche Kern **55** zusammen mit der Nadel **53** hin zu dem festen Kern **57** angezogen wird. Entsprechend bewegt sich das Ventilelement **40** durch eine Vorspannkraft der Feder **39** hin zu den Ventilsitzen **310** des Sitzelements **31**. Im Ergebnis kommt das Ventilelement **40** mit den Ventilsitzen **310** in Kontakt und ist geschlossen. Wie vorstehend beschrieben erzeugt die elektromagnetische Antriebseinheit **500** eine elektromagnetische Kraft, wenn die Spule **60** erregt wird. In diesem Fall wird zwischen dem festen Kern **57** und dem beweglichen Kern **55** eine Anziehungskraft erzeugt. Entsprechend bewegen sich der bewegliche Kern **55** und die Nadel **53** in der Schließrichtung des Ventilelements **40**, um das Ventilelement **40** zu schließen.

[0120] Auf diese Weise ist die Spule **60** dazu in der Lage, zwischen dem festen Kern **57** und dem beweglichen Kern **55** durch Erregung des Wicklungsabschnitts **62** eine Anziehungskraft zu erzeugen, und den beweglichen Kern **55** und die Nadel **53** in der Schließrichtung zu bewegen. Wenn der bewegliche Kern **55** und die Nadel **53** sich in der Schließrichtung bewegen, kommt der zylindrische Abschnitt **523** des Führungselements **52** mit dem Stoppabschnitt **532** der Nadel **53** in Kontakt. Entsprechend wird eine Bewegung des beweglichen Kerns **55** und der Nadel **53** in der Schließrichtung reguliert. Wenn eine Bewe-

gung des beweglichen Kerns **55** und der Nadel **53** in der Schließrichtung durch den Kontakt zwischen dem zylindrischen Abschnitt **523** und dem Stoppabschnitt **532** reguliert wird, sind der bewegliche Kern **55** und der feste Kern **57** voneinander getrennt angeordnet. Mit anderen Worten kommen der bewegliche Kern **55** und der feste Kern **57** gemäß der vorliegenden Ausführungsform nicht miteinander in Kontakt, selbst wenn der bewegliche Kern **55** und die Nadel **53** hin zu dem festen Kern **57** angezogen werden.

[0121] Das Verbindungsloch **522** weist eine Mündung auf, um eine Dämpferaktion auf einem Teil des Führungselements **52** zu bewirken, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Ein Unterdruck, der in einer entgegengesetzten Richtung der Dämpferwirkung erzeugt wird, kann eine Kollisionsgeschwindigkeit zu der Zeit einer Kollision zwischen dem zylindrischen Abschnitt **523** und dem Stoppabschnitt **532** reduzieren, wodurch **NV** reduziert wird.

[0122] Wenn die Spule **60** nicht erregt wird, ist das Ventilelement **40** offen bzw. geöffnet. In diesem Fall steht die Kraftstoffkammer **260** in Verbindung mit der Druckbeaufschlagungskammer **200**. Wenn der Stößel **11** sich in diesem Zustand weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt, nimmt das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu. Entsprechend strömt der Kraftstoff in der Kraftstoffkammer **260** durch den Lochabschnitt **515** in den ersten zylindrischen Abschnitt **511**. Der Kraftstoff wird anschließend durch das Ansaugloch **232** in die Druckbeaufschlagungskammer **200** gesaugt. Wenn der Stößel **11** sich in einem offenen Zustand des Ventilelements **40** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt, nimmt das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** ab. In diesem Fall strömt der Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch das Ansaugloch **232** hin zu dem Ventilelement **40**.

[0123] Wenn die Spule **60** während einer Bewegung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erregt wird, wird das Ventilelement **40** geschlossen und der Kraftstoff wird dadurch daran gehindert, zwischen der Kraftstoffkammer **260** und der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu strömen. Wenn der Stößel **11** sich in einem Zustand, in welchem das Ventilelement **40** geschlossen ist, weiter hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt, nimmt das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** weiter ab. In diesem Zustand wird der Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer **200** mit Druck beaufschlagt.

[0124] Auf diese Weise wird die Menge an Kraftstoff, der in der Druckbeaufschlagungskammer **200** beaufschlagt wird, gesteuert, indem das Ventilelement **40** unter Verwendung der elektromagnetischen An-

triebseinheit **500** zu irgendeinem Zeitpunkt während einer Bewegung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** geschlossen wird. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bilden die Ansaugventileinheit **300** und die elektromagnetische Antriebseinheit **500** eine normal offene Ventilvorrichtung.

[0125] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Verbindungslöcher **44** in dem Ventilelement **40** auf der radialen Innenseite eines Mittelpunkts jedes der Verbindungslöcher **38** des Stoppers **35** ausgebildet. Diese Konfiguration zweigt den Kraftstoff, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** rückgeführt wird, in Teile innerhalb und außerhalb des Ventilelements **40** ab, um eine Selbstschließung zu verhindern. Ein Rand des Ventilelements **40**, der dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, ist angefast. Diese Konfiguration ermöglicht, dass der Kraftstoff störungsfrei strömt, und verbessert eine Selbst-Schließungs-Grenze.

[0126] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird die Spule **60** nicht erregt, wenn die Kraftstoffeinspritzventile **138** den Kraftstoff nicht einspritzen. Mit anderen Worten wird die Spule **60** nicht erregt, wenn der Kraftstoff bzw. der Kraftstofffluss unterbrochen ist. In diesem Zustand ist der Kraftstoff, der aus der Hochdruckpumpe **10** abgeführt wird, null. Eine Last der Feder **54** in diesem Zustand ist eingestellt, um zu verhindern, dass das Ventilelement **40** sich eigenständig schließt.

[0127] Wenn die Spule **60** nicht erregt wird, d. h. die Spule in einem Nicht-Erregung-Zustand vorliegt, befindet sich die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, d. h. die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns, die dem festen Kern **57** zugewandt angeordnet ist, zwischen einem Mittelpunkt **Ci1** der inneren zylindrischen Oberfläche **601** in der axialen Richtung, welche eine innere zylindrische Oberfläche mit dem kleinstem Durchmesser ist, und einem Mittelpunkt **Co1** der äußeren zylindrischen Oberfläche **600** in der axialen Richtung, wie in **Fig. 5** gezeigt wird. Zusätzlich befindet sich eine Endoberfläche **552** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, zwischen dem festen Kern **57** und der Endoberfläche **621** des Wicklungsabschnitts **62**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist.

[0128] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die dem festen Kern **57** zugewandt angeordnet ist, zwischen dem Mittelpunkt **Ci1** und dem Mittelpunkt **Co1**, selbst wenn der bewegliche Kern **55** während einer Erregung der Spule **60** in einer nächstliegenden Position zu dem festen Kern **57** angeord-

net ist. Mit anderen Worten befindet sich die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die dem festen Kern **57** zugewandt angeordnet ist, ungeachtet des Erregungszustands der Spule **60** immer zwischen dem Mittelpunkt **Ci1** und dem Mittelpunkt **Co1**.

[0129] Wie in **Fig. 6** gezeigt wird, steht der Abführdurchlassabschnitt **700** über den Abdeckungslochabschnitt **267** der Abdeckung **26** ausgehend von dem Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** hin zu der radialen Außenseite der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung hervor.

[0130] Der Abführdurchlassabschnitt **700** beinhaltet einen Abführanschluss **70**, ein Abführsitzelement **71**, ein Zwischenelement **81**, ein Überströmsitzelement **85**, ein Abführventil **75**, eine Feder **79** als ein Abführventil-Vorspannelement, ein Überströmventil **91**, eine Feder **99** als ein Überströmventil-Vorspannelement, und ein Stoppelement **95**.

[0131] Der Abführanschluss **70** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt. Auf einer äußeren peripheren Wand eines Abschnitts des Abführanschlusses **70** sind mit einem vorgegebenen Abstand von einem Ende hin zu dem anderen Ende des Abführanschlusses **70** Schraubengewinde ausgebildet. Gewindenuten, die den Gewinden des Abführanschlusses **70** entsprechen, sind in einer inneren peripheren Wand des Endes des Abführlochabschnitts **214** des oberen Gehäuses **21** ausgebildet, das von dem Abführlochabschnitt **215** abgewandt angeordnet ist. Der Abführanschluss **70** ist derart vorgesehen, dass die Schraubengewinde in die Schraubennuten des oberen Gehäuses **21** geschraubt sind.

[0132] Der Abführanschluss **70** ist innerhalb des Abdeckungslochabschnitts **267** der Abdeckung **26** vorgesehen. Das Ende des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, befindet sich in dem Abführlochabschnitt **214** innerhalb des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**, d. h. in dem Abführdurchlass **217**, und das Ende des Abführanschlusses **70**, das von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, befindet sich außerhalb des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**. Der Abführanschluss **70** ist derart vorgesehen, dass eine Achse des Abführanschlusses **70** orthogonal zu der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** verläuft. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Abführanschluss **70** im Wesentlichen koaxial zu dem zylindrischen Element **51**.

[0133] Ein Innendurchmesser eines Abschnitts des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist grö-

ßer als ein Innendurchmesser eines Abschnitts des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Entsprechend ist eine Stufenoberfläche **701**, die eine im Wesentlichen ringförmige Form aufweist und der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, innerhalb des Abführanschlusses **70** ausgebildet. Eine Stufenoberfläche **701** befindet sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung.

[0134] Der Abführanschluss **70** weist darin einen Abführdurchlass **705** auf. Der Kraftstoff, der aus der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgeführt wird, strömt durch den Abführdurchlassabschnitt **705**. Der Abführanschluss **70** entspricht einem „Abführdurchlass- Bildungsabschnitt“ .

[0135] Der Abführanschluss **70** beinhaltet einen seitlichen Lochabschnitt **702**, der zwischen einer inneren peripheren Wand und einer äußeren peripheren Wand des Abführanschlusses **70** durch den Abführanschluss **70** tritt. Der Abführanschluss **70** kann eine Mehrzahl von seitlichen Lochabschnitten **702** beinhalten, die in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Abführanschlusses **70** ausgebildet sind. Bei dieser Ausführungsform beinhaltet der Abführanschluss **70** einen lateralen Lochabschnitt **702**. Der seitliche Lochabschnitt **702** befindet sich zwischen der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses und der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung in der axialen Richtung des Abführanschlusses **70**. Entsprechend wird ermöglicht, dass der Kraftstoff in dem Abführdurchlass **705** über das untenstehende beschriebene Überströmventil **91** und den seitlichen Lochabschnitt **702** hin zu der Kraftstoffkammer **260** strömt.

[0136] Das Abführsitzelement **71** beinhaltet einen Abführelementkörper **72**, ein Abführloch **73** und einen Abführventilsitz **74**. Der Abführelementkörper **72** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf und ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Ein Außendurchmesser des Abführelementkörpers **72** ist etwas größer als ein Innendurchmesser des Endes des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Der Abführelementkörper **72** ist derart in dem Abführdurchlass **705** vorgesehen, dass eine äußere periphere Wand des Abführelementkörpers **72** an dem Ende des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, in die innere periphere Wand pressgepasst ist.

[0137] Der Abführelementkörper **72** beinhaltet eine Abführaussparung **721**, einen inneren Vorsprung **722** und einen äußeren Vorsprung **723**. Die Abführaussparung **721** ist ausgehend von einem Mittelpunkt der Endoberfläche des Abführelementkörpers **72**, die

der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Die Abführaussparung **721** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der innere Vorsprung **722** steht ausgehend von der Endoberfläche des Abführelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervor. Der innere Vorsprung **722** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf. Der äußere Vorsprung **723** steht ausgehend von der Endoberfläche des Abführelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervor. Der äußere Vorsprung **723** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf und befindet sich radial außerhalb des inneren Vorsprungs **722**.

[0138] Das Abführloch **73** tritt durch das Abführsitzelement **71** zwischen der Endoberfläche des Abführelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und einer Bodenoberfläche der Abführaussparung **721** durch. Das Abführloch **73** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und befindet sich radial nach innerhalb des inneren Vorsprungs **722**. Der Abführventilsitz **74** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf und befindet sich um das Abführloch **73** auf der Bodenoberfläche der Abführaussparung **721**.

[0139] Die Abführaussparung **721**, der innere Vorsprung **722**, der äußere Vorsprung **723**, das Abführloch **73** und der Abführventilsitz **74** sind im Wesentlichen koaxial zu dem Abführelementkörper **72**. Der innere Vorsprung **722** und der äußere Vorsprung **723** stehen mit der Peripherie des Abführlochabschnitts **215** auf der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** des oberen Gehäuses **21** in Kontakt.

[0140] Das Zwischenelement **81** beinhaltet einen Zwischenelementkörper **82** und erste Durchlässe **83**. Der Zwischenelementkörper **82** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf und ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Der Zwischenelementkörper **82** in dem Abfuhrdurchlass **705** ist auf einer Seite des Abführsitzelements **71** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet. Ein Außendurchmesser des Zwischenelementkörpers **82** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des Endes des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Der Zwischenelementkörper **82** ist im Wesentlichen derart koaxial zu dem Abführelementkörper **72**, dass die Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, mit der Endoberfläche des Abführelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, in Kontakt kommt.

[0141] Eine Zwischenaussparung **821** ist in dem Zwischenelementkörper **82** ausgebildet. Die Zwischenaussparung **821** ist ausgehend von einem Mittelpunkt der Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Die Zwischenaussparung **821** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Zwischenelementkörper **82**.

[0142] Die ersten Durchlässe **83** treten durch den Zwischenelementkörper **82** zwischen der Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82**, die der Seite der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durch. Jeder der ersten Durchlässe **83** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und befindet sich radial außerhalb der Zwischenaussparung **821**. Die ersten Durchlässe **83** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Zwischenelementkörpers **82** ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Mehrzahl von ersten Durchlässen **83** die fünf ersten Durchlässe **83**. Die ersten Durchlässe **83** stehen jeweils über die Abführaussparung **721**, das Abführloch **73**, den Abführlochabschnitt **215** und das Abführloch **233** mit der Druckbeaufschlagungskammer **200** in Verbindung.

[0143] Das Überströmsitzelement **85** beinhaltet einen Überströmelementkörper **86**, ein Überströmloch **87**, einen Überströmventilsitz **88**, zweite Durchlässe **89**, eine äußere periphere Überströmaussparung **851**, ein laterales Überströmloch **852** und ein laterales Loch **853**. Der Überströmelementkörper **86** ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Der Überströmelementkörper **86** weist einen zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements und einen Überströmelement-Bodenabschnitt **862** auf.

[0144] Der zylindrische Abschnitt **861** des Überströmelements weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Überströmelement-Bodenabschnitt **862** ist derart integral mit dem zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements ausgebildet, dass der Überströmelement-Bodenabschnitt **862** ein Ende des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements schließt. Mit anderen Worten weist der Überströmelementkörper **86** eine mit einem Boden versehene zylindrische Form auf.

[0145] Der Überströmelementkörper **86** in dem Abfuhrdurchlass **705** befindet sich an einer Seite des Zwischenelements **81** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**. Ein Außendurchmesser des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser eines Abschnitts des Abführanschlusses **70**, die sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und

der Stufenoberfläche **701** befindet. Entsprechend ist der Überströmelementkörper **86** mit einer Zwischenraumpassung innerhalb des Abführanschlusses **70** vorgesehen. Der Überströmelementkörper **86** ist derart im Wesentlichen koaxial zu dem Zwischenelementkörper **82**, dass die Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, einen äußeren Rand der Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82** kontaktiert, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, und dass ein äußerer Rand der Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, die Stufenoberfläche **701** des Abführanschlusses **70** kontaktiert.

[0146] Das Überströmloch **87** tritt durch den Überströmelement-Bodenabschnitt **862** zwischen einem Mittelpunkt einer Oberfläche des Überströmelement-Bodenabschnitts **862**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Oberfläche des Überströmelement-Bodenabschnitts **862**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durch. Das Überströmloch **87** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Überströmventilsitz **88** befindet sich um das Überströmloch **87** auf der Oberfläche des Überströmsitzelement-Bodenabschnitts **862**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Der Überströmventilsitz **88** weist eine ringförmige Form auf. Der Überströmventilsitz **88** verjüngt sich in einer Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu einer Achse des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements. Das Überströmloch **87** und der Überströmventilsitz **88** sind im Wesentlichen koaxial zu dem Überströmelementkörper **86**.

[0147] Die zweiten Durchlässe **89** treten durch den zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements zwischen der Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch. Jeder der zweiten Durchlässe weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die zweiten Durchlässe **89** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Mehrzahl von zweiten Durchlässen **89** die vier zweiten Durchlässe **89**. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine Länge des Zwischenelementkörpers **82** in der axialen Richtung kleiner bzw. kürzer als eine Länge des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements in der axialen Richtung. Entsprechend ist die Länge jedes der ers-

ten Durchlässe **83** kleiner als die Länge jedes der zweiten Durchlässe **89**.

[0148] Die äußere periphere Überströmaussparung **851** ist ausgehend von der äußeren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements radial nach innen ausgespart und weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die äußere periphere Überströmaussparung **851** steht über den seitlichen Lochabschnitt **702** des Abführanschlusses **70** mit der Kraftstoffkammer **260** in Verbindung. Das laterale Überströmloch **852** tritt durch den zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements zwischen der äußeren peripheren Überströmaussparung **851** und einer inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements durch.

[0149] Das laterale Loch **853** tritt durch den zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements zwischen der äußeren peripheren Überströmaussparung **851** und der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements durch. Das seitliche Loch **853** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und befindet sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem seitlichen Überströmloch **852**. In diesem Fall steht ein Raum in dem Abfuhrdurchlass **705**, der benachbart zu dem Ende des Überströmelement-Bodenabschnitts **862** angeordnet ist, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durch das Überströmloch **87**, das seitliche Überströmloch **852**, die äußere periphere Überströmaussparung **851** sowie den seitlichen Lochabschnitt **702** mit der Kraftstoffkammer **260** in Verbindung.

[0150] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine ringförmige Aussparung **800** in dem Zwischenelement **81** ausgebildet. Die ringförmige Aussparung **800** ist ausgehend von der Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Mit anderen Worten ist die ringförmige Aussparung ausgehend von der Oberfläche des Zwischenelementkörpers **82**, die dem Überströmsitzelement **85** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Die ringförmige Aussparung weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf. Die ringförmige Aussparung **800** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Zwischenelementkörper **82**. Die ringförmige Aussparung **800** verbindet fluidmäßig die Enden aller der ersten Durchlässe **83**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet sind, und die Enden aller der zweiten Durchlässe **89**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet sind. Mit anderen Worten stehen die ersten Durchlässe **83** und die zweiten Durchlässe **89** durch die ringförmige Aussparung **800** miteinander in Verbindung. Die ersten Durchlässe **83** und die zweiten Durchlässe **89** ste-

hen ungeachtet einer Weise, auf die das Zwischenelement **81** und das Überströmsitzelement **85** sich relativ um die Achse drehen, durch die ringförmige Aussparung **800** miteinander in Verbindung.

[0151] Entsprechend steht die Druckbeaufschlagungskammer **200** durch das Abführloch **233**, den Abführlochabschnitt **215**, das Abführloch **73**, die Abführaussparung **721**, die ersten Durchlässe **83**, die ringförmige Aussparung **800** und die zweiten Durchlässe **89** mit dem Raum in dem Abfuhrdurchlass **705** auf einer Seite des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** in Verbindung.

[0152] Wenn der Kraftstoff über die ringförmige Aussparung **800** zwischen den ersten Durchlässen **83** und den zweiten Durchlässen **89** strömt, strömt der Kraftstoff in der radialen Richtung durch die ringförmige Aussparung **800**. Die Tiefe der ringförmigen Aussparung **800** ist derart eingestellt, dass diese gleich oder länger als ein Durchmesser jedes der ersten Durchlässe **83** ist, um eine Strömungspfadfläche sicherzustellen.

[0153] Wie vorstehend beschrieben ist der Abführanschluss **70** derart vorgesehen, dass die Schraubengewinde, die auf der äußeren peripheren Wand ausgebildet sind, in die Schraubennuten des oberen Gehäuses **21** geschraubt sind. Zwischen dem Ende des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** ist ein Zwischenraum ausgebildet. Die Stufenoberfläche **701** des Abführanschlusses **70** spannt das Überströmsitzelement **85**, das Zwischenelement **81** und das Abfuhrsitzelement **71** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vor. Entsprechend stehen das Überströmsitzelement **85**, das Zwischenelement **81** und das Abfuhrsitzelement **71** miteinander in Kontakt und Bewegungen der jeweiligen Elemente **85**, **81** und **71** in der axialen Richtung werden reguliert. Überdies werden der innere Vorsprung **722** und der äußere Vorsprung **723** des Abfuhrsitzelements **71** gegen die Stufenoberfläche zwischen dem Abführlochabschnitt **214** und dem Abführlochabschnitt **215**, d. h. die Peripherie des Abführlochabschnitts **215** in der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214**, gedrückt. Entsprechend wirkt eine axiale Kraft ausgehend von dem inneren Vorsprung **722** und dem äußeren Vorsprung **723** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die Peripherie des Abführlochabschnitts **215** auf der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214**.

[0154] Der Abführanschluss **70** beinhaltet eine polygonale säulenförmige Oberfläche **703**. Die polygonale säulenförmige Oberfläche **703** weist eine im Wesentlichen sechseckige Säulenform auf. Die polygonale säulenförmige Oberfläche **703** befindet sich in

der axialen Richtung der äußeren peripheren Wand des Abführanschlusses **70** im Wesentlichen an einer Position radial außerhalb der Stufenoberfläche **701**. Zum Schrauben des Abführanschlusses **70** in den Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** kann ein Werkzeug verwendet werden, das an die polygonale säulenförmige Oberfläche **703** des Abführanschlusses **70** angepasst ist. In diesem Fall wird der Abführanschluss **70** in relativ einfacher Weise in den Abführlochabschnitt **214** geschraubt.

[0155] Der Schweißring **709** befindet sich außerhalb der Abdeckung **26** und radial außerhalb des Abführanschlusses **70**. Der Schweißring **709** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Der Schweißring **709** ist derart ausgebildet, dass ein Ende des Schweißrings **709**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, sich radial nach außen erstreckt und mit einer Peripherie des Abdeckungslochabschnitts **267** des flachen Abschnitts **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung in Kontakt kommt. Das Ende des Schweißrings **709**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist in dem gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an den flachen Abschnitt **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung geschweißt. Ein Abschnitt des Schweißrings **709**, welcher der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, ist in dem gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an die äußere periphere Wand des Abführanschlusses **70** geschweißt. Diese Konfiguration reduziert eine Leckage des Kraftstoffs ausgehend von der Kraftstoffkammer **260** über einen Zwischenraum zwischen dem Abdeckungslochabschnitt **267** und der äußeren peripheren Wand des Abführanschlusses **70** zu der Außenseite der Abdeckung **26**.

[0156] Das Hochdruckkraftstoffrohr **8** ist mit dem Ende des Abführanschlusses **70** verbunden, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Bei dieser Konfiguration wird der Kraftstoff, der ausgehend von dem Zufuhrkraftstoffrohr **7** über den Zufuhrdurchlassabschnitt **29** der Hochdruckpumpe **10** in die Kraftstoffkammer **260** eingetreten ist, in der Druckbeaufschlagungskammer **200** beaufschlagt und über den Abfuhrdurchlass **705** innerhalb des Abführanschlusses **70** in das Hochdruckkraftstoffrohr **8** abgeführt. Der Hochdruckkraftstoff, der in das Hochdruckkraftstoffrohr **8** abgeführt wird, wird dem Kraftstoffverteiler **137** über das Hochdruckkraftstoffrohr **8** zugeführt.

[0157] Das Abfuhrventil **75** ist zwischen dem Abfuhrsitzelement **71** und dem Zwischenelement **81** angeordnet. Das Abfuhrventil **75** ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Das Abfuhrventil **75** beinhaltet einen Abfuhrventil-Kontaktabschnitt **76** und einen Abfuhrventil-Gleitabschnitt **77**.

[0158] Der Abführventil-Kontaktabschnitt **76** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf. Ein Außendurchmesser des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** ist kleiner als ein Innendurchmesser der Abführaussparung **721** und größer als ein Innendurchmesser der Zwischenaussparung **821**. Der Abführventil-Kontaktabschnitt **76** ist derart innerhalb der Abführaussparung **721** angeordnet, dass ein äußerer Rand einer Oberfläche des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** den Abführventilsitz **74** kontaktieren oder von dem Abführventilsitz **74** getrennt angeordnet sein kann.

[0159] Wenn der Abführventil-Kontaktabschnitt **76** von dem Abführventilsitz **74** getrennt ist, ist das Abführventil **75** geöffnet und ermöglicht dem Kraftstoff, in das Abführloch **73** zu strömen. Wenn der Abführventil-Kontaktabschnitt **76** den Abführventilsitz **74** kontaktiert, ist das Abführventil **75** geschlossen und schränkt den Kraftstofffluss in das Abführloch **73** ein.

[0160] Der Abführventil-Gleitabschnitts **77** ist integral mit dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76** ausgebildet. Der Abführventil-Gleitabschnitts **77** steht ausgehend von der anderen Oberfläche des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** hervor und weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Abführventil-Gleitabschnitts **77** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76**. Ein Außendurchmesser des Abführventil-Gleitabschnitts **77** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser der Zwischenaussparung **821**.

[0161] Das Abführventil **75** ist in der axialen Richtung beweglich, während eine äußere periphere Wand des Abführventil-Gleitabschnitts **77** auf einer inneren peripheren Wand der Zwischenaussparung **821** gleitet. Das Ende des Abführventil-Gleitabschnitts **77**, das dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76** abgewandt angeordnet ist, kann einen äußeren Rand einer Bodenoberfläche der Zwischenaussparung **821** kontaktieren oder von dem äußeren Rand der Bodenoberfläche der Zwischenaussparung **821** getrennt angeordnet sein. Das Zwischenelement **81** ist in der Lage, die Bewegung des Abführventils **75** in der Öffnungsrichtung zu regulieren, wenn der Abführventil-Gleitabschnitt **77** des Abführventils **75** die Bodenoberfläche der Zwischenaussparung **821** kontaktiert.

[0162] In dem Abführventil-Gleitabschnitt **77** sind Löcher **771** ausgebildet. Die Löcher **771** treten zwischen der inneren peripheren Wand und der äußeren peripheren Wand des Abführventil-Gleitabschnitts **77** durch den Abführventil-Gleitabschnitt **77** durch. Jedes der Löcher **771** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die Löcher **771** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Abführventil-Gleitabschnitts **77** ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Mehrzahl von Löchern **771** die vier Löcher **771**. Die Löcher **771** ver-

binden einem Raum innerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77** fluidmäßig mit einem Raum außerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77**. Entsprechend ist das Abführventil **75** dazu in der Lage, sich in der axialen Richtung störungsfrei hin und her zu bewegen. Zumindest ein Teil der Löcher **771** befindet sich selbst in einem Zustand, in welchem das Abführventil **75** mit der Bodenoberfläche der Zwischenaussparung **821** des Zwischenelements **81** in Kontakt steht, zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und der Endoberfläche des Zwischenelements **81**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Entsprechend befindet sich zumindest ein Teil der Löcher **771** zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und der Endoberfläche des Zwischenelements **81**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, um den Raum innerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77** und den Raum außerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77** ungeachtet der Position des Abführventils **75** in einem Bereich, in welchem das Abführventil **75** zwischen dem Abführsitzelement **71** und dem Zwischenelement **81** beweglich ist, fluidmäßig zu verbinden.

[0163] Die Feder **79** ist zum Beispiel eine Spulenfeder und ist innerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77** angeordnet. Ein Ende der Feder **79** steht mit einem ausgesparten Federsitz in Kontakt, der an dem Mittelpunkt einer Bodenoberfläche der Zwischenaussparung **821** ausgebildet ist, während das andere Ende mit der Endoberfläche des Ventilkontaktabschnitts **76** in Kontakt steht, die dem Abführventil-Gleitabschnitt **77** zugewandt angeordnet ist. Die Feder **79** spannt das Abführventil **75** hin zu dem Abführventilsitz **74** vor.

[0164] Wenn ein Kraftstoffdruck in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf einen vorgegebenen Wert oder mehr steigt, bewegt sich das Abführventil **75** hin zu dem Hochdruckkraftstoffrohr **8**, während dieses einer Vorspannkraft der Feder **79** standhält. In diesem Fall ist das Abführventil **75** von dem Abführventilsitz **74** getrennt und geöffnet. Entsprechend strömt der Kraftstoff, der zwischen dem Abführsitzelement **71** und der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt, durch das Abführloch **73**, den Abführventilsitz **74**, die Abführaussparung **721**, die ersten Durchlässe **83**, die ringförmige Aussparung **800** und die zweiten Durchlässe **89** hin zu dem Hochdruckkraftstoffrohr **8**.

[0165] Das Überströmventil **91** ist innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements angeordnet. Das Überströmventil **91** ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Das Überströmventil **91** beinhaltet einen Überströmventil-Kontaktabschnitt **92**, einen Überströmventil-Gleitabschnitt **93** und einen hervorstehenden Abschnitt **94** des Überströmventils.

[0166] Der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** weist derart eine verjüngte Form auf, dass eine äußere periphere Wand eines Endes des Überströmventil-Kontaktabschnitts **92** sich in der axialen Richtung hin zu der Achse verjüngt. Der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** ist derart angeordnet, dass das eine Ende den Überströmventilsitz **88** kontaktieren oder von dem Überströmventilsitz **88** getrennt sein kann.

[0167] Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** von dem Überströmventilsitz **88** getrennt ist, ist das Überströmventil **91** geöffnet und ermöglicht dem Kraftstoff, in dem Überströmloch **87** zu strömen. Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** den Überströmventilsitz **88** kontaktiert, ist das Überströmventil **91** geschlossen und schränkt den Kraftstofffluss in das Überströmloch **87** ein.

[0168] Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** ist derart integral mit dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** ausgebildet, dass ein Ende des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** mit dem anderen Ende des Überströmventil-Kontaktabschnitts **92** verbunden ist. Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92**. Ein Außendurchmesser des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements. Eine äußere periphere Wand des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** ist dazu in der Lage, auf einer inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements zu gleiten.

[0169] Wenn der Zwischenraum zwischen der äußeren peripheren Wand des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** und der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements übermäßig groß ist, kann der Kraftstoffdruck durch den Zwischenraum abgebaut werden. In diesem Fall kann das Überströmventil **91** geschlossen sein. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird die Größe des Zwischenraums daher derart eingestellt, dass der Kraftstoffdruck nicht durch den Zwischenraum abgebaut wird.

[0170] Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** weist derart eine verjüngte Form auf, dass eine äußere periphere Wand eines Endes des Überströmventil-Gleitabschnitts **93**, das dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** zugewandt angeordnet ist, sich in einer Richtung hin zu dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** hin zu der Achse verjüngt. Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** mit dem Überströmventilsitz **88** in Kontakt steht, wird das seitliche Überströmloch **852** des Überströmsitzelements **85**

durch die äußere periphere Wand des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** geschlossen (vergleiche **Fig. 6**).

[0171] Der hervorstehende Abschnitt **94** Überströmventils weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der hervorstehende Abschnitt **94** des Überströmventils ist derart integral mit dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** ausgebildet, dass ein Ende des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils mit dem Mittelpunkt der Endoberfläche des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** verbunden ist, die dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** abgewandt angeordnet ist. Der hervorstehende Abschnitt **94** des Überströmventils ist im Wesentlichen koaxial zu dem Gleitabschnitt **93** des Überströmventils ausgebildet. Ein Außendurchmesser des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils ist kleiner als ein Außendurchmesser des Überströmventil-Gleitabschnitts **93**. Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** mit dem Überströmventilsitz **88** in Kontakt steht, befindet sich die Endoberfläche des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, zwischen dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** und der Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist (vergleiche **Fig. 6**).

[0172] Das Stoppelement **95** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Ein Außendurchmesser des Stoppelements **95** ist etwas größer als ein Innendurchmesser des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements. Das Stoppelement **95** ist derart innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements angeordnet, dass eine äußere periphere Wand des Stoppelements **95** an eine innere periphere Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements eingepasst ist. Mit anderen Worten ist das Stoppelement **95** im Wesentlichen koaxial zu dem zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements. Das Stoppelement **95** ist in der axialen Richtung des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements in der Nähe des Endes des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements positioniert, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Zwischen dem Stoppelement **95** und dem Zwischenelement **81** ist ein Zwischenraum ausgebildet.

[0173] Ein Innendurchmesser des Stoppelements **95** ist größer als ein Außendurchmesser des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils. Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** mit dem Überströmventilsitz **88** in Kontakt steht, befindet sich die Endoberfläche des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, innerhalb des Stoppelements **95** (vergleiche

Fig. 6). Ein im Wesentlichen zylindrischer Zwischenraum ist zwischen der inneren peripheren Wand des Stoppelements **95** und der äußeren peripheren Wand des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils ausgebildet. Entsprechend gleiten die innere periphere Wand des Stoppelements **95** und die äußere periphere Wand des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils nicht aufeinander.

[0174] Das Überströmventil **91** ist derart angeordnet, dass die äußere periphere Wand des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** sich in der axialen Richtung hin und her bewegen kann, während diese auf der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements gleitet. Das Ende des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils, das dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** abgewandt angeordnet ist, kann die Endoberfläche des Zwischenelements **81** kontaktieren, die dem Überströmsitzelement **85** zugewandt angeordnet ist, oder von der Endoberfläche des Zwischenelements **81** getrennt angeordnet sein, die dem Überströmsitzelement **85** zugewandt angeordnet ist. Das Zwischenelement **81** ist dazu in der Lage, das Überströmventil **91** derart zu regulieren, dass dieses sich nicht in der Öffnungsrichtung bewegt, wenn der hervorstehende Abschnitt **94** des Überströmventils mit dem Zwischenelement **81** in Kontakt steht.

[0175] Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** um einen vorgegebenen Abstand von dem Überströmventilsitz **88** getrennt ist, ist die Schließung des seitlichen Überströmlochs **852** durch die äußere periphere Wand des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** aufgehoben. Entsprechend steht das Überströmloch **87** über das seitliche Überströmloch **852**, die äußere periphere Überströmaussparung **851** und den seitlichen Lochabschnitt **702** mit der Kraftstoffkammer **260** in Verbindung.

[0176] Wenn sich das Überströmventil **91** in der axialen Richtung innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements hin und her bewegt, ist es möglich, dass der Kraftstoff innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements über das laterale Loch **853** zwischen dem zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements und der äußeren peripheren Überströmaussparung **851** vor und zurück strömt. Entsprechend ist das Überströmventil **91** dazu in der Lage, sich in der axialen Richtung störungsfrei hin und her zu bewegen.

[0177] Die Feder **99** ist zum Beispiel eine Spulenfeder und ist radial außerhalb des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils angeordnet. Ein Ende der Feder **99** steht mit dem äußeren Rand der Endoberfläche des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** in Kontakt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und das andere Ende steht mit der Endoberfläche des

Stopperelements **95**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, in Kontakt. Entsprechend stoppt das Stoppelement **95** das andere Ende der Feder **99**. Die Feder **99** spannt das Überströmventil **91** hin zu dem Überströmventilsitz **88** vor.

[0178] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird ein innerer peripherer Abschnitt des einen Endes der Feder **99** durch eine äußere periphere Wand des Endes des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils geführt, welches dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** zugewandt angeordnet ist. Eine innere periphere Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ist derart ausgebildet, dass ein Innendurchmesser eines Abschnitts des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, der sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und einem Gleitabschnitt des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements auf dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** befindet, größer ist als ein Innendurchmesser des Gleitabschnitts (vergleiche **Fig. 6**). Diese Konfiguration reduziert einen Kontakt zwischen dem äußeren peripheren Abschnitt der Feder **99** und der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, wodurch Verhalten der Feder **99** und des Überströmventils **91** stabilisiert werden.

[0179] Wenn ein Kraftstoffdruck in dem Abfuhrdurchlass an einer Seite des Überströmelement-Bodenabschnitts **862**, welcher dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** zugewandt angeordnet ist, auf einen anomalen Wert steigt, bewegt sich das Überströmventil **91** hin zu einer Druckbeaufschlagungskammer **200**, während dieses der Vorspannkraft der Feder **99** standhält. Im Ergebnis wird das Überströmventil **91** von dem Überströmventilsitz **88** getrennt und geöffnet. Entsprechend wird der Kraftstoff in dem Abfuhrdurchlass **705** an einer Seite des Überströmelement-Bodenabschnitts **862**, die dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** zugewandt angeordnet ist, über das Überströmloch **87**, das seitliche Überströmloch **852**, die äußere periphere Überströmaussparung **851** sowie den seitlichen Lochabschnitt **702** hin zu der Kraftstoffkammer **260** rückgeführt. Dieser Betrieb des Überströmventils **91** verhindert eine anormale Erhöhung hinsichtlich des Kraftstoffdrucks, der in dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** strömt.

[0180] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird der Kraftstoff nicht hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** geschickt, welche eine Hochdruckseite ist, sondern hin zu der Kraftstoffkammer **260**, welche eine Niederdruckseite ist, wenn der Kraftstoff in dem Abfuhrdurchlass **705** an einer Seite des Überströmelement-Bodenabschnitts **862**, die dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** zugewandt ist, einen anomalen Druckwert aufweist, wie vorstehend beschrieben.

[0181] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Strömungspfadfläche des lateralen Lochabschnitts **702** größer als die Strömungspfadfläche des Überströmlochs **87** in dem Zustand, in welchem das Überströmventil **91** vollständig geöffnet ist. Die Strömungspfadfläche des seitlichen Überströmlochs **852** variiert in Übereinstimmung mit der Position des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** relativ zu dem seitlichen Überströmloch **852**. Entsprechend fungiert das seitliche Überströmloch **852** als eine variable Mündung. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Strömungspfadfläche des lateralen Lochabschnitts **702** auf der stromabwärtigen Seite des lateralen Überströmlochs **852**, das als eine variable Mündung fungiert, größer als die Strömungspfadfläche des Überströmlochs **87** auf der stromaufwärtigen Seite des lateralen Überströmlochs **852**. Entsprechend kann der Kraftstoffdruck schnell reduziert werden und auf einen niedrigeren Druckwert stabilisiert werden, wenn der Kraftstoffdruck an einer Seite des Abfuhrdurchlasses **705**, die dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** zugewandt angeordnet ist, zu einem anormalen Wert wird.

[0182] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind das Abfuhrsitzelement **71**, das Zwischenelement **81** und das Überströmsitzelement **85** in dieser Reihenfolge ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Außenseite angeordnet (vergleiche **Fig. 6**). In diesem Fall ist das Abfuhrventil **75** zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Überströmventil **91** angeordnet. Entsprechend kann ein Totvolumen, das mit der Druckbeaufschlagungskammer **200** in Verbindung steht, reduziert werden.

[0183] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der Abfuhranschluss **70**, das Abfuhrsitzelement **71**, das Zwischenelement **81**, das Überströmsitzelement **85**, das Abfuhrventil **75**, die Feder **79**, das Überströmventil **91**, die Feder **99** und das Stoppelement **95** im Voraus integral in die Unterbaugruppe zusammengebaut, die den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** bildet.

[0184] Hierbei werden untenstehend Schritte zum Zusammenbauen des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** beschrieben werden.

[0185] Das Überströmventil **91** und die Feder **99** werden anfänglich in das Überströmsitzelement **85** eingesetzt. Nachfolgend wird das Stoppelement **95** in die innere periphere Wand des Überströmsitzelements **85** gepasst oder gedrückt, um einen Ventilöffnungsdruck zu steuern.

[0186] Als nächstes wird das Überströmsitzelement **85**, an welchem das Überströmventil **91**, die Feder **99** und das Stoppelement **95** angebracht sind, in den Abfuhranschluss **70** eingesetzt. Nachfolgend ist das

Zwischenelement **81** in den Abfuhranschluss **70** eingefügt.

[0187] Danach sind die Feder **79** und das Abfuhrventil **75** in der Zwischenaussparung **821** des Zwischenelements **81** eingestellt. Nachfolgend wird das Abfuhrsitzelement **71** in die innere periphere Wand des Abfuhranschlusses **70** eingepasst oder pressgepasst.

[0188] Ein Zusammenbauen des Abfuhrdurchlassabschnitts **700**, d. h. eine Unterbaugruppe des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** wird auf die vorhergehende Weise abgeschlossen. In dem Zustand einer Unterbaugruppe des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** haust der Abfuhranschluss **70** innerhalb des Abfuhrsitzelements **71**, das Zwischenelement **81**, das Überströmsitzelement **85**, das Abfuhrventil **75**, die Feder **79**, das Überströmventil **91**, die Feder **99** und das Stoppelement **95** ein. Zusätzlich stehen die Stufenoberfläche **701** des Abfuhranschlusses **70**, das Überströmsitzelement **85**, das Zwischenelement **81** und das Abfuhrsitzelement **71** miteinander in Kontakt.

[0189] Wie in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** gezeigt wird, befinden sich eine Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und eine Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** auf der gemeinsamen Ebene. Diese Konfiguration reduziert eine Zunahme hinsichtlich der Größe der Hochdruckpumpe **10** in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23**. Die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** fällt mit der Achse des zylindrischen Elements **51** zusammen. Die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** fällt mit der Achse des Abfuhranschlusses **70** zusammen.

[0190] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet die Hochdruckpumpe **10** ferner einen Pulsationsdämpfer **15**, ein Stützelement **16**, eine obere Unterstützung **171** und eine untere Unterstützung **172**. Der Pulsationsdämpfer **15** wird zum Beispiel hergestellt, indem zwei dünne Metallplatten, die jeweils eine kreisförmige Scheibenform aufweisen, kombiniert werden und äußere Ränder der zwei Platten durch Schweißen zusammengefügt werden. Ein Gas wie beispielsweise Stickstoff oder Argon mit einem vorgegebenen Druck wird in den Pulsationsdämpfer **15** gefüllt.

[0191] Das Stützelement **16** weist eine mit einem Boden versehene zylindrische Form auf und ist zum Beispiel aus Metall hergestellt. Das Stützelement **16** ist derart in der Kraftstoffkammer **260** vorgesehen, dass ein äußerer Rand des Bodenabschnitts des Stützelements **16** mit einem äußeren Rand des Abdeckungsbodenabschnitts **262** in Kontakt kommt, und dass eine äußere periphere Wand eines zylindrischen Abschnitts des Stützelements **16** mit einer inneren pe-

riperen Wand des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** in Kontakt kommt. Ein Lochabschnitt, der an einem Mittelpunkt eines Bodenabschnitts des Stützelements **16** ausgebildet ist, tritt in der Plattendickenrichtung durch den Bodenabschnitt durch.

[0192] Sowohl die obere Unterstützung **171** als auch die untere Unterstützung **172** weisen eine Ringform auf und sind zum Beispiel aus Metall hergestellt. Der Pulsationsdämpfer **15** ist derart sandwichartig zwischen äußeren Rändern der oberen Unterstützung **171** und der unteren Unterstützung **172** eingefügt, dass die jeweiligen äußeren Ränder der oberen Unterstützung **171** und der unteren Unterstützung **172** mit einem äußeren Rand des Pulsationsdämpfers **15** in Kontakt kommen. Die äußeren Ränder der oberen Unterstützung **171** und der unteren Unterstützung **172** sind aneinander geschweißt. Auf diese Weise sind der Pulsationsdämpfer **15**, die obere Unterstützung **171** und die untere Unterstützung **172** im Voraus einer Unterbaugruppe, die eine Dämpfereinheit **170** bildet, in eine Einheit zusammengebaut.

[0193] Die Dämpfereinheit **170** ist derart zwischen dem oberen Gehäuse **21** und dem Stützelement **16** vorgesehen, dass die obere Unterstützung **171** den Boden des Stützelements **16** kontaktiert und dass die untere Unterstützung **172** eine Oberfläche des oberen Gehäuses **21** kontaktiert, die dem Abdeckungsabschnitt **262** zugewandt angeordnet ist. Das Stützelement **16**, die obere Unterstützung **171** und die untere Unterstützung **172** stützen den Pulsationsdämpfer **15** in der Kraftstoffkammer **260**. Die untere Unterstützung **172** ist in einer Aussparung angeordnet, die in der Endoberfläche des oberen Gehäuses **21** ausgebildet ist, die dem unteren Gehäuse **22** abgewandt angeordnet ist. Das Stützelement **16** erhöht eine Steifigkeit einer Abdeckung **26** und trägt zur Reduzierung von **NV** bei. Eine Mehrzahl von Löchern ist in der Umfangsrichtung in der unteren Unterstützung **172** ausgebildet, um Kraftstoff oberhalb und unterhalb des Pulsationsdämpfers **15** durch die Löcher zu verteilen.

[0194] Bei der vorliegenden Ausführungsform deckt die Abdeckung **26** die jeweiligen Zusammenfügeabschnitte derart ab, dass ein Zusammenfügeabschnitt zwischen dem Zylinder **23** und dem oberen Gehäuse **21**, das die Druckbeaufschlagungskammer **200** ausbildet, ein Zusammenfügeabschnitt zwischen dem oberen Gehäuse **21** und dem zylindrischen Element **51**, sowie ein Zusammenfügeabschnitt zwischen dem oberen Gehäuse **21** und dem Abführanschluss **70** sich in der Kraftstoffkammer **260** befinden. Entsprechend kann Hochdruckkraftstoff in der Kraftstoffkammer **260** gehalten werden, selbst wenn der Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausleckt.

[0195] Eine „Hochdruckkammer“, die durch Gleiten des Stößels **11** beaufschlagt wird und ausgehend von dem Ventilelement **40** zu dem Abführventil **75** reicht, ist durch den Zylinder **23**, das obere Gehäuse **21**, den Stopper **35**, das Ventilelement **40** und das Abführsitzelement **71** definiert. Eine „Niedrigdruckkammer“ ist durch das untere Gehäuse **22**, die Abdeckung **26**, die Schweißringe **519** und **709**, die äußere periphere Oberfläche des Abführanschlusses **70**, den Dichtungshalter **14** und die Dichtung **141** derart definiert, dass die Niedrigdruckkammer die „Hochdruckkammer“ abdeckt. Entsprechend strömt der Kraftstoff in der „Hochdruckkammer“ nicht durch Verbindung mit der „Niedrigdruckkammer“ zu der Außenseite, selbst wenn der Kraftstoff ausgehend von der „Hochdruckkammer“ ausleckt. Die „Niedrigdruckkammer“ und die Außenseite sind durch Schweißen abgedichtet. Entsprechend leckt kein Kraftstoff zu der Außenseite aus. Die „Hochdruckkammer“ ist durch eine Festziehkraft abgedichtet, die durch Schrauben des zylindrischen Elements **51** und des Abführanschlusses **70** hergestellt wird. Entsprechend wirkte eine exzessive externe Kraft, die durch den Hochdruck hergestellt wird, nicht auf einen geschweißten Abschnitt, welcher die „Niedrigdruckkammer“ und die Außenseite abdichtet.

[0196] Als nächstes wird der Zylinder **23** der vorliegenden Ausführungsform genauer beschrieben werden.

[0197] Wie in den **Fig. 7** bis **Fig. 9** gezeigt wird, weist der Zylinder **23** eine verjüngte Oberfläche **234**, eine äußere periphere Aussparung **235** und eine äußere periphere Aussparung **236** auf.

[0198] Die sich verjüngende Oberfläche **234** ist an dem Ende des Ansauglochs **232** ausgebildet, welches von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Die sich verjüngende Oberfläche **234** verjüngt sich in einer Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** weg von der Achse des Ansauglochs **232**.

[0199] Die zylindrische innere periphere Wand **230**, welche die innere periphere Wand des Zylinderlochabschnitts **231** ist, weist zusätzlich zu der Gleitoberfläche **230a** und der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser innere verjüngte Oberflächen **230c** und **230d** auf. Die innere verjüngte Oberfläche **230c** verbindet die Gleitoberfläche **230a** und die Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser. Die innere verjüngte Oberfläche **230c** verjüngt sich in einer Richtung ausgehend von der Gleitoberfläche **230a** hin zu der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser weg von der Achse **Ax1**.

[0200] Die innere verjüngte Oberfläche **230d** verbindet die Gleitoberfläche **230a** und eine Öffnung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230**. Die inne-

re verjüngte Oberfläche **230d** verjüngt sich in einer Richtung ausgehend von der Gleitoberfläche **230a** hin zu der Öffnung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** weg von der Achse **Ax1**.

[0201] Wie in **Fig. 9** gezeigt wird, befindet sich das Ende, das von dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** ungeachtet der Position des Stößels **11** in dem Bereich ausgehend von dem unteren Totpunkt zu dem oberen Totpunkt zwischen der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser und dem Ende der Gleitoberfläche **230a**, das der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser zugewandt angeordnet ist. Das Ende, das dem Abschnitt **112** mit kleinem Durchmesser zugewandt angeordnet ist, der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** befindet sich auf einer Seite des Endes der Gleitoberfläche **230a** gegenüber der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser, das der Oberfläche **230b** mit vergrößertem Durchmesser abgewandt angeordnet ist. Entsprechend ist die Gleitoberfläche **230a** dazu in der Lage, ungeachtet der Position des Stößels **11** in dem gesamten axialen Bereich auf der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser zu gleiten.

[0202] In einem Zustand, in welchem der Stößel **11** in der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** angeordnet ist, ist ein ringförmiger Zwischenraum zwischen der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** und der inneren verjüngten Oberfläche **230c** und der inneren verjüngten Oberfläche **230d** ausgebildet. Entsprechend wird der Kraftstoff in diesem Zwischenraum während einer Hin- und Herbewegung des Stößels **11** innerhalb der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** zwischen der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser und der Gleitoberfläche **230a** geführt. Diese Konfiguration bildet in einfacher Weise einen Ölfilm zwischen der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser und der Gleitoberfläche **230a** aus, wodurch eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb zwischen der äußeren peripheren Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser und der Gleitoberfläche **230a** reduziert werden.

[0203] Winkel, die durch jede der inneren verjüngten Oberflächen **230c** und **230d** und die Achse **Ax1** und die äußere periphere Wand des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser ausgebildet werden, sind zum Beispiel auf 10 Grad oder weniger eingestellt. Ecken an beiden Enden des Abschnitts **111** mit großem Durchmesser des Stößels **11** in der axialen Richtung sind angefast.

[0204] Die äußere periphere Aussparung **235** und die äußere periphere Aussparung **236** sind jeweils ausgehend von der äußeren peripheren Wand des Zylinders **23** mit einer vorgegebenen Tiefe radial nach innen ausgespart. Die äußere periphere Aussparung **235** ist in einem Bereich ausgebildet, der das ganze Ansaugloch **232**, d. h. die sich verjüngende Oberfläche **234** in der Umfangsrichtung des Zylinders **23** beinhaltet. Die äußere periphere Aussparung **235** ist um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird, in einem Bereich ausgehend von einer Position an einer Seite der Achse des Ansauglochs **232** etwas hin zu dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** zu einer Position ausgehend von einem unteren Ende der sich verjüngenden Oberfläche **234** weg von dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet. Die äußere periphere Aussparung **235** ist derart ausgebildet, dass diese eine im Wesentlichen rechteckige Form aufweist, so wie diese in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird. Zumindest ein Teil der äußeren peripheren Aussparung **235** ist in einem Bereich ausgebildet, der in einem unteren Abschnitt des Zylinders **23** in der axialen Richtung mit der Gleitoberfläche **230a** überlappt, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 7**).

[0205] Die äußere periphere Aussparung **236** ist in einem Bereich ausgebildet, der das ganze Abführloch **233** in der Umfangsrichtung des Zylinders **23** beinhaltet. Die äußere periphere Aussparung **236** ist um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird, in einem Bereich ausgehend von einer Position an einer Seite der Achse des Abführlochs **233** etwas hin zu dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** zu einer Position ausgehend von dem unteren Ende des Abführloch **233** weg von dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet. Die äußere periphere Aussparung **236** ist derart ausgebildet, dass diese eine im Wesentlichen rechteckige Form aufweist, so wie diese in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird. Zumindest ein Teil der äußeren peripheren Aussparung **236** ist in einem Bereich ausgebildet, der in einem unteren Abschnitt des Zylinders **23** in der axialen Richtung mit der Gleitoberfläche **230a** überlappt, so wie dieser in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 8**).

[0206] Die äußeren peripheren Aussparungen **235** und **236** lassen einen Abschnitt, der an das obere Gehäuse **21** angepasst ist, d. h. einen Schrumpfpassabschnitt, in einem axial oberen Abschnitt des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** oder des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche die **Fig. 7** und **Fig. 8**).

[0207] Wie vorstehend beschrieben wirkt eine axiale Kraft in einer Richtung ausgehend von der Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser und dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die gestufte Oberfläche zwischen dem Ansauglochabschnitt **213** und dem Ansauglochabschnitt **212**, wenn das zylindrische Element **51** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in den Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** geschraubt wird. Entsprechend kann die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** um den Ansauglochabschnitt **213** etwas radial nach innen verformt sein. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die äußere periphere Aussparung **235** im Gegensatz dazu an einer Position ausgebildet, die dem Ansauglochabschnitt **213** der äußeren peripheren Wand des Zylinders **23** entspricht. Entsprechend kann ein Oberflächendruck, der durch die Verformung erzeugt wird und auf die äußere periphere Wand des Zylinders **23** wirkt, reduziert werden, selbst wenn die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** radial nach innen verformt ist. Auf diese Weise kann eine Verformung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinderlochabschnitts **231** radial nach innen reduziert werden. Entsprechend kann ein konstanter Zwischenraum zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** beibehalten werden, weshalb eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert werden kann.

[0208] Außerdem ist die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** als eine vorstehend beschriebene Wirkung der axialen Kraft radial nach innen verformt. Entsprechend kann eine Erhöhung hinsichtlich des Drucks der Druckbeaufschlagungskammer **200** in einfacher Weise durch einen Anstieg des Oberflächendrucks, der an der Grenze der äußeren peripheren Aussparung **235** des Zylinders **23** erzeugt wird, bewältigt werden.

[0209] Wenn der Abführanschluss **70** des Abführdurchlassabschnitts **700** in den Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** geschraubt wird, wirkt eine axiale Kraft, die ausgehend von dem inneren Vorsprung **722** und dem äußeren Vorsprung **723** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erzeugt wird, auf die Peripherie des Abführlochabschnitts **215** in der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214**. Entsprechend kann die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** um den Abführlochabschnitt **215** etwas radial nach innen verformt sein. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die äußere periphere Aussparung **236** allerdings an einer Position ausgebildet, die dem Abführlochabschnitt **215** der äußeren peripheren Wand

des Zylinders **23** entspricht. Entsprechend kann ein Oberflächendruck, der durch die Verformung erzeugt wird und auf die äußere periphere Wand des Zylinders **23** wirkt, reduziert werden, selbst wenn die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** radial nach innen verformt ist. Auf diese Weise kann eine Verformung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinderlochabschnitts **231** radial nach innen reduziert werden. Entsprechend kann ein konstanter Zwischenraum zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** beibehalten werden, weshalb eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert werden kann.

[0210] Außerdem ist die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** als eine vorstehend beschriebene Wirkung der axialen Kraft radial nach innen verformt. Entsprechend kann eine Erhöhung hinsichtlich des Drucks der Druckbeaufschlagungskammer **200** in einfacher Weise durch einen Anstieg des Oberflächendrucks, der an der Grenze der äußeren peripheren Aussparung **236** des Zylinders **23** erzeugt wird, gehandhabt werden.

[0211] Als nächstes wird ein Zusammenbau der Hochdruckpumpe **10** beschrieben werden.

[0212] Die Hochdruckpumpe **10** wird zum Beispiel in den folgenden Schritten zusammengesetzt.

[0213] Der Zylinder **23** ist anfänglich in den Lochabschnitt **221** des unteren Gehäuses **22** eingesetzt.

[0214] Nachfolgend wird der Zylinder **23** zusammen mit dem unteren Gehäuse **22** derart in den Lochabschnitt **211** des oberen Gehäuses **21** eingesetzt, dass das Ansaugloch **232** an eine Position kommt, die dem Ansauglochabschnitt **213** entspricht, und dass das Abführloch **233** an eine Position kommt, die dem Abführlochabschnitt **215** entspricht. Der Zylinder **23** wird hierbei in einem Zustand, in welchem das obere Gehäuse **21** im Voraus erwärmt wird, um den Innendurchmesser des Lochabschnitts **211** zu vergrößern, in den Lochabschnitt **211** eingesetzt. Wenn das obere Gehäuse **21** abgekühlt wird, wird der Innendurchmesser des Lochabschnitts **211** reduziert, um eine Befestigung zwischen dem oberen Gehäuse **21** und dem Zylinder **23** zu ermöglichen. Auf ähnliche Weise ist ein Außendurchmesserabschnitt des unteren Gehäuses **22** auf der oberen Seite durch eine Verringerung hinsichtlich eines Innendurchmesserabschnitts des oberen Gehäuses **21** auf der unteren Seite an dem oberen Gehäuse **21** fixiert. Mit anderen Worten sind der Zylinder **23** und das untere Gehäuse **22** durch Schrumpfpassen oder Kaltpassen an dem oberen Gehäuse **21** fixiert. Zu dieser Zeit wird das untere Gehäuse **22** zwischen dem oberen Ende des äußers-

ten Durchmessers des Zylinders **23** und dem untersten Ende des oberen Gehäuses **21** gestoppt. In diesem Fall sind Positionen des oberen Gehäuses **21**, des unteren Gehäuses **22** und des Zylinders **23** in der vertikalen Richtung definiert, und das obere Gehäuse **21**, das untere Gehäuse **22** und der Zylinder **23** werden in einen Körper zusammengesetzt.

[0215] Nachfolgend wird der Stopper **35** in den Ansauglochabschnitt **213** und den Ansauglochabschnitt **212** eingesetzt. Nachfolgend ist die Feder **39** in der Stopperaussparung **352** angeordnet und das Ventilelement **40** ist in der Stopperaussparung **351** angeordnet. Danach wird das Sitzelement **31** an einer Seite des Stoppers **35** des Ansauglochabschnitts **212**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, pressgepasst, und beide Endoberflächen des Stoppers **35** werden mit einer Aussparung des oberen Gehäuses **21** und des Sitzelements **31** in Kontakt gebracht. Der Gleitabschnitt **430** des Ventilelements **40** überlappt in einem Zustand, in welchem die Feder **39** eine natürliche Länge aufweist, mit der inneren peripheren Wand der Stopperaussparung **351**. Entsprechend wird der Zusammenbau verbessert.

[0216] Nachfolgend ist die Dämpfereinheit **170**, die den Pulsationsdämpfer **15**, die obere Unterstützung **171** und die untere Unterstützung **172** beinhaltet, in der Aussparung des oberen Gehäuses **21**, d.h. an einer Seite des oberen Gehäuses, die dem unteren Gehäuse **22** abgewandt angeordnet ist, angeordnet.

[0217] Nachfolgend ist die Abdeckung **26**, auf welcher im Voraus das Stützelement **16** vorgesehen wurde, angebracht, um das obere Gehäuse **21** abzudecken. Die Abdeckung **26** ist derart angeordnet, dass der Abdeckungslochabschnitt **266** an eine Position kommt, die dem Ansauglochabschnitt **212** entspricht, und der Abdeckungslochabschnitt **267** an eine Position kommt, die dem Abführlochabschnitt **214** entspricht.

[0218] Nachfolgend wird die erste elektromagnetische Antriebseinheit **501** in einem Zustand einer Unterbaugruppe in den Abdeckungslochabschnitt **266** eingesetzt, und das zylindrische Element **51** wird in den Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** geschraubt. Zu dieser Zeit wird das zylindrische Element **51** unter Verwendung eines nicht näher dargestellten Werkzeugs, das dem zweiten säulenförmigen Abschnitt **512** des zylindrischen Elements **51** entspricht, in den Ansauglochabschnitt **212** geschraubt. In diesem Fall wirkt zwischen dem Ansauglochabschnitt **212** und dem Ansauglochabschnitt **213** des oberen Gehäuses **21** ausgehend von dem zylindrischen Element **51** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** eine axiale Kraft auf das Sitzelement **31**, den Stopper **35** und die Stufenoberfläche des oberen Gehäuses.

[0219] Nachfolgend wird der Abführdurchlassabschnitt **700** in einem Unterbaugruppenzustand in den Abdeckungslochabschnitt **267** eingefügt, und der Abführanschluss **70** wird in den Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** geschraubt. Zu dieser Zeit wird der Abführanschluss **70** unter Verwendung eines nicht näher dargestellten Werkzeugs, das der polygonalen säulenförmigen Oberfläche **703** des Abführanschlusses **70** entspricht, in den Abführlochabschnitt **214** geschraubt. In diesem Fall wirkt eine axiale Kraft ausgehend von der Stufenoberfläche **701** des Abführanschlusses **70** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf das Überströmsitzelement **85**, das Zwischenelement **81**, das Abführsitzelement **71** und die Stufenoberfläche zwischen dem Abführlochabschnitt **214** und dem Abführlochabschnitt **215** des oberen Gehäuses **21**.

[0220] Nachfolgend werden das Ende des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**, das von dem Abdeckungsbodenabschnitt **262** abgewandt angeordnet ist, und das untere Gehäuse **22** in der Umfangsrichtung des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** gänzlich aneinander geschweißt. Der Schweißring **709** ist anschließend auf der radialen Außenseite des Abführanschlusses **70** angeordnet. Der Schweißring **709**, die äußere periphere Wand **280** der Abdeckung und die äußere periphere Wand des Abführanschlusses **70** sind in der Umfangsrichtung des Schweißrings **709** gänzlich an einander geschweißt. Der Schweißring **519** ist nachfolgend auf der radialen Außenseite des ersten zylindrischen Abschnitts **511** des zylindrischen Elements **51** angeordnet. Der Schweißring **519**, die äußere periphere Wand **280** der Abdeckung und die äußere periphere Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** sind in der Umfangsrichtung des Schweißrings **519** gänzlich an einander geschweißt.

[0221] Danach werden die Dichtung **141**, das säulenförmige Zwischenelement **241** und der Stößel **11** in dieser Reihenfolge in den Dichtungshalter **14** eingesetzt und in der Umfangsrichtung gänzlich aneinander geschweißt, nachdem der Dichtungshalter **14** an der Innenseite der Halterunterstützung **24** zusammengebaut ist. Die Öldichtung **142** ist an dem Dichtungshalter **14** montiert.

[0222] Danach wird das Dichtungselement **240** an die Halterunterstützung **24** zusammengebaut. Der Abstandshalter **140** ist auf dem Dichtungshalter **14** angeordnet. Die Feder **13** ist an einer Seite des Dichtungshalters **14** gegenüber dem oberen Gehäuse **21** angeordnet. Der Federsitz **12** wird an den Stößel **11** zusammengebaut.

[0223] Nachfolgend ist ein Ende des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** an einer Position angeordnet, die mit dem äußeren peripheren Abschnitt des Abdeckungslochabschnitts **265** des Abdeckungsbodenab-

schnitts **262** in Kontakt steht. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** und der Abdeckungsbodenabschnitt **262** werden in der Umfangsrichtung des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** gänzlich aneinander geschweißt.

[0224] Danach ist die zweite elektromagnetische Antriebseinheit **502** in einem Unterbaugruppenzustand derart an dem Ende der ersten elektromagnetischen Antriebseinheit **501** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** vorgesehen, dass sich der magnetische Drosselabschnitt **56** und der feste Kern **57** innerhalb der Spule **60** befinden. Die zweite elektromagnetische Antriebseinheit **502** ist hierbei derart angeordnet, dass der Verbinder **65** von dem festen Abschnitt **25** abgewandt angeordnet ist und im Wesentlichen parallel zu der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** wird.

[0225] Nachfolgend wird der Mittelpunkt des Jochs **645** an die Endoberfläche **572** des festen Kerns **57** geschweißt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Ein Zusammenbau der Hochdruckpumpe **10** wird durch die vorhergehenden Schritte abgeschlossen.

[0226] Als nächstes wird eine Anbringung der Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** beschrieben werden.

[0227] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Hochdruckpumpe **10** derart an der Maschine **1** angebracht, dass die Halterunterstützung **24** in den Anbringungslochabschnitt **3** des Maschinenkopfes **2** eingefügt ist (vergleiche **Fig. 2**). Die Hochdruckpumpe **10** ist durch Befestigung des festen Abschnitts **25** an dem Maschinenkopf **2** unter Verwendung der Bolzen **100** an der Maschine **1** fixiert. Die Hochdruckpumpe **10** wird hierbei in einer derartigen Haltung an der Maschine **1** angebracht, dass die Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** sich in der vertikalen Richtung erstreckt.

[0228] Die Hochdruckpumpe **10** wird zum Beispiel durch die folgenden Schritte an der Maschine **1** angebracht. Anfänglich ist der Heber **5** in den Anbringungslochabschnitt **3** des Maschinenkopfes **2** eingefügt. Nachfolgend ist die Halterunterstützung **24** der Hochdruckpumpe **10** in den Anbringungslochabschnitt **3** des Maschinenkopfes **2** eingefügt. Die Position jedes der Bolzenlöcher **250** des festen Abschnitts **25** ist derart eingestellt, dass diese der Position des entsprechenden fixierenden Lochabschnitts **120** des Maschinenkopfs **2** entspricht.

[0229] Nachfolgend werden die Bolzen **100** in die Bolzenlöcher **250** eingesetzt, um die Bolzen **100** in die fixierenden Lochabschnitte **120** zu schrauben. Zu dieser Zeit werden Bolzen **100** unter Verwendung eines nicht näher dargestellten Werkzeugs, das den Kopfabschnitten **102** der Bolzen **100** entspricht, in die

Befestigungslochabschnitte **120** geschraubt. Auf diese Weise ist der feste Abschnitt **25** an dem Maschinenkopf **2** fixiert. Eine Anbringung der Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** wird durch die vorhergehenden Schritte abgeschlossen.

[0230] Als nächstes wird ein Betrieb der Hochdruckpumpe **10** der vorliegenden Ausführungsform unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** bis **Fig. 6** beschrieben werden.

„Ansaugschritt“

[0231] Während eines Stopps einer Zufuhr von Leistung zu der Spule **60** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** wird das Ventilelement **40** durch die Feder **54** und die Nadel **53** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vorgespannt. Entsprechend ist das Ventilelement **40** von den Ventilsitzen **310** getrennt, d. h. das Ventil ist offen. Wenn der Stößel **11** sich in diesem Zustand weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt, nimmt das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu. In diesem Fall wird der Kraftstoff an einer Seite der Ventilsitze **310** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, d.h. der Kraftstoff in der Kraftstoffkammer **260**, über den Kommunikationspfad **33** in die Druckbeaufschlagungskammer **200** gesaugt.

„Mengen-Steuerungsprozess“

[0232] Wenn der Stößel **11** sich in dem offenen Zustand des Ventilelements **40** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt, nimmt das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** ab. In diesem Fall wird der Kraftstoff zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und den Ventilsitzen **310** ausgehend von den Ventilsitzen **310** hin zu der Kraftstoffkammer **260** rückgeführt. Wenn der Spule **60** während eines Mengensteuerungsschritts Leistung zugeführt wird, wird der bewegliche Kern **55** zusammen mit der Nadel **53** hin zu dem festen Kern **57** angezogen. In diesem Fall wird das Ventilelement **40** durch die Feder **39** vorgespannt, um mit den Ventilsitzen **310** in Kontakt zu kommen, und ist geschlossen. Eine Menge an Kraftstoff, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Kraftstoffkammer **260** rückgeführt wird, wird gesteuert, indem das Ventilelement **40** in Übereinstimmung mit einer Bewegung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** geschlossen wird. Im Ergebnis wird die Menge an Kraftstoffs bestimmt, der in der Druckbeaufschlagungskammer **200** mit Druck beaufschlagt wird. Der Mengen-Steuerungsprozess zum Rückführen des Kraftstoffs ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Kraftstoffkammer **260** wird durch Schließen des Ventilelements **40** abgeschlossen.

[0233] Wenn die Kraftstoffeinspritzventile **138** den Kraftstoff nicht einspritzen, d. h. während eines Unterbrechens des Kraftstoffflusses, wird die Spule **60** nicht erregt. Entsprechend wird kein Kraftstoff aus der Hochdruckpumpe **10** abgeführt. Das Ventilelement **40** liegt zu dieser Zeit in dem offenen Zustand vor. Entsprechend bewegt sich der Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer **200** zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und der Kraftstoffkammer **260** in Übereinstimmung mit einer Hin- und Herbewegung des Stößels **11** vor und zurück.

„Druckbeaufschlagungsprozess“

[0234] Wenn der Stößel **11** sich ferner hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt, wobei das Ventilelement **40** geschlossen ist, nimmt das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** ab. Im Ergebnis wird der Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer **200** komprimiert und mit Druck beaufschlagt. Wenn der Druck des Kraftstoffs in der Druckbeaufschlagungskammer **200** größer gleich einem Öffnungsdruck des Abführventils **75** wird, wird das Abführventil **75** geöffnet. In diesem Fall wird der Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu dem Hochdruckkraftstoffrohr **8**, d. h. dem Kraftstoffverteiler **137**, abgeführt.

[0235] Wenn der Stößel **11** sich in diesem Zustand weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt, indem die Leistungszufuhr zu der Spule **60** gestoppt wird, öffnet sich das Ventilelement **40** wieder. Auf diese Weise wird der Druckbeaufschlagungsprozess zum Beaufschlagen des Kraftstoffs mit Druck abgeschlossen, und der Ansaugprozess zum Ansaugen des Kraftstoffs ausgehend von der Kraftstoffkammer **260** zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** wird erneut gestartet.

[0236] Durch Wiederholen des vorstehenden „Ansaugprozesses“, „Betrags-Steuerungsprozesses“ und „Druckbeaufschlagungsprozesses“ beaufschlagt die Hochdruckpumpe **10** den Kraftstoff, der ausgehend von der Kraftstoffkammer **260** in die Druckbeaufschlagungskammer **200** gesaugt wird, mit Druck und führt diesen ab, und dieser wird dem Kraftstoffverteiler **137** zugeführt. Die Menge an Kraftstoff, der ausgehend von der Hochdruckpumpe **10** dem Kraftstoffverteiler **137** zugeführt wird, wird gesteuert, indem der Zeitpunkt oder dergleichen, zu dem der Spule **60** eine Leistung zugeführt wird, durch die elektromagnetische Antriebseinheit **500** gesteuert wird.

[0237] Wenn sich der Stößel **11** in dem offenen Zustand des Ventilelements **40** wie beispielsweise dem vorstehend beschriebenen „Ansaugprozess“ und „Betrags-Steuerungsprozess“ hin und her bewegt, kann in dem Kraftstoff innerhalb der Kraftstoffkammer **260** in Übereinstimmung mit einer Erhöhung und Verringerung des Volumens der Druckbe-

aufschlagungskammer **200** eine Druckpulsation hergestellt werden. Der Pulsationsdämpfer **15**, der in der Kraftstoffkammer **260** vorgesehen ist, ist dazu in der Lage, eine Druckpulsation des Kraftstoffs in der Kraftstoffkammer **260** durch eine elastische Verformung in Übereinstimmung mit einer Veränderung des Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffkammer **260** zu reduzieren.

[0238] Überdies kann während einer Hin- und Herbewegung des Stößels **11** in Übereinstimmung mit einer Zunahme und Abnahme hinsichtlich des Volumens der Kammer **201** mit variablem Volumen eine Druckpulsation hergestellt werden. In diesem Fall ist der Pulsationsdämpfer **15**, der in der Kraftstoffkammer **260** vorgesehen ist, auf ähnliche Weise dazu in der Lage, eine Druckpulsation des Kraftstoffs in der Kraftstoffkammer **260** durch eine elastische Verformung in Übereinstimmung mit einer Veränderung des Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffkammer **260** zu reduzieren.

[0239] Wenn der Stößel **11** sich weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abwärts bewegt, nimmt das Volumen der Kammer **201** mit variablem Volumen in Übereinstimmung mit einer sich absenkenden Geschwindigkeit des Stößels **11** ab. In diesem Fall wird der Kraftstoff hin zu der Kraftstoffkammer **260** gedrückt. Im Ergebnis wird der Kraftstoff in der Kraftstoffkammer **260** während eines Absenkens des Stößels **11** in einfacher Weise in die Druckbeaufschlagungskammer **200** eingeführt. Wenn der Stößel **11** sich hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** aufwärts bewegt, nimmt das Volumen der vorstehend beschriebenen Kammer **201** mit variablem Volumen zu. In diesem Fall wird der Kraftstoff, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** rückgeführt wird, während einer Mengensteuerung in einfacher Weise in die Kammer **201** mit variablem Volumen abgeführt. Eine Pulsation der Kraftstoffkammer **260** nimmt durch die vorstehend beschriebenen Funktionen ab.

[0240] Wenn sich der Stößel **11** hin und her bewegt, nimmt ein Volumen der Kammer **201** mit variablem Volumen zu oder ab. In diesem Fall strömt der Kraftstoff zwischen der Kraftstoffkammer **260** und dem Lochabschnitt **222**, dem ringförmigen Raum **202** und der Kammer **201** mit variablem Volumen vor und zurück. Entsprechend kann ein Kraftstoff mit niedriger Temperatur den Zylinder **23** und den Stößel **11** kühlen, die jeweils durch Wärme, die durch Gleiten zwischen dem Stößel **11** und dem Zylinder **23** erzeugt wird, und Wärme, die erzeugt wird, indem der Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer **200** mit Druck beaufschlagt wird, auf eine hohe Temperatur erwärmt werden. Der Abrieb des Stößels **11** und des Zylinders **23** können daher reduziert werden.

[0241] Ein Teil des Kraftstoffs, der in der Druckbeaufschlagungskammer **200** einen Hochdruck aufweist, strömt über den Zwischenraum zwischen dem Stößel **11** und dem Zylinder **23** in die Kammer **201** mit variablem Volumen. Auf diese Weise ist zwischen dem Stößel **11** und dem Zylinder **23** ein Ölfilm ausgebildet und reduziert einen Abrieb des Stößels **11** und des Zylinders **23** effektiv. Der Kraftstoff, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** in die Kammer **201** mit variablem Volumen strömt, wird über den ringförmigen Raum **202** und den Lochabschnitt **222** zu der Kraftstoffkammer **260** rückgeführt.

[0242] <A-1> Als nächstes wird die Ansaugventileinheit **300** detailliert beschrieben werden.

[0243] Wie in den **Fig. 10** und **Fig. 11** gezeigt wird, weist das Sitzelement **31** im Wesentlichen eine Scheibenform auf. Das Sitzelement **31** ist derart in dem Ansaugdurchlass **216** innerhalb des Ansauglochabschnitts **212** angeordnet, dass das Sitzelement **31** im Wesentlichen koaxial zu dem Ansauglochabschnitt **212** ist. Eine äußere periphere Wand des Sitzelements **31** ist in eine innere periphere Wand des Ansauglochabschnitts **212** pressgepasst.

[0244] Das Sitzelement **31** beinhaltet den Kommunikationspfad **32**, die Kommunikationspfade **33** und Ventilsitze **310**. Der Kommunikationspfad **32** tritt an einem Mittelpunkt des Sitzelements **31** zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch. Der Kommunikationspfad **32** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Sitzelement **31**. Ein Innendurchmesser des Kommunikationspfads **32** ist größer als ein Außendurchmesser des Endes des Nadelkörpers **531**, welcher der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Entsprechend ist ein im Wesentlichen zylindrischer Zwischenraum zwischen der inneren peripheren Wand des Kommunikationspfads **32** und der äußeren peripheren Wand des Nadelkörpers **531** derart hergestellt, dass der Kraftstoff durch den Zwischenraum strömen kann.

[0245] Jeder der Kommunikationspfade **33** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und tritt zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch das Sitzelement **31** durch. Die Kommunikationspfade **33** befinden sich radial außerhalb des Kommunikationspfads **32**. Bei dieser Ausführungsform sind die zwölf Kommunikationspfade **33** in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Sitzelements **31** ausgebildet. Die Anordnung der Kommunikationspfade **33**, die in gleichen Intervallen ausgebildet sind, stabilisieren eine Strömung des Kraftstoffs und Verhalten des Ventilelements **40**. Die Kommunikationspfade **33** sind auf einem virtuellen Kreis **VC11** angeordnet, der an der Achse des Sitzelements **31** zentriert ist (vergleiche **Fig. 11**). Ein Innendurchmesser jedes der Kommuni-

kationspfade **33** ist kleiner als ein Innendurchmesser des Kommunikationspfads **32**.

[0246] Der Kommunikationspfad **32** entspricht einem „inneren Kommunikationspfad“, während jeder der Kommunikationspfade **33** einem „äußeren Kommunikationspfad“ entspricht.

[0247] Die Ventilsitze **310** sind auf einer Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ringförmig um den Kommunikationspfad **32** und die Mehrzahl von Kommunikationspfaden **33** ausgebildet. Mit anderen Worten ist die Ventilsitze **310** auf der Oberfläche des Sitzelements **31** ausgebildet, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Genauer gesagt ist einer der Ventilsitze **310** zwischen dem Kommunikationspfad **32** und den Verbindungslöchern **44** angeordnet, einer der Ventilsitze **310** ist zwischen den Verbindungslöchern **44** und den Kommunikationspfaden **33** angeordnet, und einer der Ventilsitze **310** ist radial außerhalb der Kommunikationspfade **33** vorgesehen. Entsprechend beträgt die Mehrzahl von Ventilsitzen drei Ventilsitze **310**. Die drei Ventilsitze **310** sind konzentrisch vorgesehen.

[0248] Das Sitzelement **31** beinhaltet eine ringförmige Aussparung **311**. Die ringförmige Aussparung **311** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf und ist ausgehend von der Endoberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, hin zu dem zylindrischen Element **51** ausgespart. Die ringförmige Aussparung **311** befindet sich in der radialen Richtung des Sitzelements **31** nach außerhalb der Kommunikationspfade **33**. Die ringförmige Aussparung **311** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Sitzelement **31** (vergleiche die **Fig. 10** und **Fig. 11**). Auf diese Weise befindet sich die ringförmige Aussparung **311** in der radialen Richtung des Sitzelements **31** nach außerhalb der Kommunikationspfade **33**. Entsprechend verbessert sich eine Fließfähigkeit des Kraftstoffs während einer Mengensteuerung. Ein Druck eines Kraftstoffs in der ringförmigen Aussparung **311** wird in der Ventilöffnungsrichtung auf das Ventilelement **40** angewendet. Entsprechend kann eine Schließung des Ventils durch einen dynamischen Druck reduziert werden.

[0249] Wie in den **Fig. 10** und **Fig. 12** gezeigt wird, weist der Stopper **35** den Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser, den Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352**, den Stoppervorsprung **353**, die Verbindungslöcher **38** und anderes auf.

[0250] Der Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des Ansauglochabschnitts **213**.

Der Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser ist größer als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser, und ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des Ansauglochabschnitts **212**. Der Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser ist integral mit dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser ausgebildet, um koaxial zu einem Abschnitt des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser zu sein, der von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist.

[0251] Der Stopper **35** ist derart in dem Ansaugdurchlass **216** angeordnet, dass der Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser sich innerhalb des Ansauglochabschnitts **213** befindet, und dass der Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser sich innerhalb des Ansauglochabschnitts **212** befindet. Eine ringförmige Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser und dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser steht mit einer ringförmigen Stufenoberfläche zwischen dem Ansauglochabschnitt **212** und dem Ansauglochabschnitt **213** in Kontakt. Auf diese Weise wird eingeschränkt, dass der Stopper **35** sich hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt.

[0252] Die Oberfläche des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser des Stoppers **35**, die von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, steht mit der Oberfläche des Sitzelements **31** in Kontakt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Auf diese Weise wird eingeschränkt, dass der Stopper **35** sich weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt.

[0253] Die Stopperaussparung **351** ist ausgehend von der Oberfläche des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Die Stopperaussparung weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die Stopperaussparung **351** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser. Ein Innendurchmesser der Stopperaussparung **351** ist kleiner als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser, und ist größer als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser.

[0254] Die Stopperaussparung **352** ist ausgehend von einer Bodenoberfläche der Stopperaussparung **351** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart. Die Stopperaussparung **352** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die Stopperaussparung **352** ist im Wesentlichen koaxial zu der Stopperaussparung **351**. Ein Innendurchmesser

der Stopperaussparung **352** ist kleiner als ein Innendurchmesser der Stopperaussparung **351** und als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser. Es ist zu beachten, dass die Bodenoberfläche der Stopperaussparung **352** sich näher an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet als die Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser und dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser.

[0255] Der Stoppervorsprung **353** steht ausgehend von dem Mittelpunkt der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **352** hin zu dem Sitzelement **31** hervor und weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Stoppervorsprung **353** ist im Wesentlichen koaxial zu der Stopperaussparung **352**. Die Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353**, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, befindet sich zwischen dem Sitzelement **31** und der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **351**.

[0256] Jedes der Verbindungslöcher **38** treten zwischen der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **352** und der Oberfläche des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, durch den Stopper **35** durch. Die Verbindungslöcher **38** befinden sich radial außerhalb des Stoppervorsprungs **353**. Die vier Verbindungslöchern **38** sind in gleichen Intervallen in einer Umfangsrichtung des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser ausgebildet. Die Verbindungslöcher **38** sind auf einem virtuellen Kreis **VC12** um eine Achse des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser angeordnet (vergleiche **Fig. 12**). Ein Durchmesser des virtuellen Kreises **VC12** ist kleiner als ein Durchmesser des virtuellen Kreises **VC11**.

[0257] Der Ansaugdurchlass **216** ist in dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** des Sitzelements **31**, der Stopperaussparung **351** und der Stopperaussparung **352** des Stoppers **35** sowie den Verbindungslöchern **38** definiert. Entsprechend wird ermöglicht, dass Kraftstoff in der Kraftstoffkammer **260** über den Ansaugdurchlass **216**, der in dem Kommunikationspfad **32** ausgebildet ist, die Kommunikationspfade **33**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352** und die Verbindungslöcher **38** sowie das Ansaugloch **232** in die Druckbeaufschlagungskammer **200** eintritt. Sowohl das Sitzelement **31** als auch der Stopper **35** entsprechen einem „Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt“.

[0258] Wie in **Fig. 10** gezeigt wird, ist das Ventilelement **40** innerhalb der Stopperaussparung **351** angeordnet. Mit anderen Worten befindet sich das Ventilelement in dem Ansaugdurchlass **216** zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Sitzelement **31**. Wie in den **Fig. 10** und **Fig. 13** bis **Fig. 16** gezeigt wird, beinhaltet das Ventilelement **40**

den Ventilkörper **41**, die verjüngten Abschnitte **42**, die Führungsabschnitte **43** und die Verbindungslöcher **44**.

[0259] Der Ventilkörper **41**, die verjüngten Abschnitte **42** und die Führungsabschnitte **43** sind aus einem Metall wie beispielsweise Edelstahl hergestellt und integral miteinander ausgebildet. Der Ventilkörper **41** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf.

[0260] Jeder der verjüngten Abschnitte **42** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf und ist integral mit dem Ventilkörper **41** auf der radialen Außenseite des Ventilkörpers **41** ausgebildet. Jeder der verjüngten Abschnitte **42** weist derart eine verjüngte Form auf, dass die Oberfläche des verjüngten Abschnitts **42**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, sich in einer Richtung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer hin zu der Achse **Ax2** verjüngt (vergleiche die **Fig. 10**, **Fig. 15** und **Fig. 16**).

[0261] Jeder der Führungsabschnitte **43** steht ausgehend von dem Ventilkörper **41** radial nach außen hervor, um die verjüngten Abschnitte **42** in der Umfangsrichtung zu aufzuteilen, und ist integral mit dem Ventilkörper **41** und den verjüngten Abschnitten **42** ausgebildet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die drei Führungsabschnitte **43** in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Ventilkörpers **41** ausgebildet, um die drei verjüngten Abschnitte **42** in der Umfangsrichtung zu teilen. Das Ende jedes der Führungsabschnitte **43**, das von dem Ventilkörper **41** abgewandt angeordnet ist, befindet sich auf der radialen Außenseite eines äußeren Rands des verjüngten Abschnitts **42** (vergleiche die **Fig. 13** und **Fig. 14**). Der Führungsabschnitt **43** ist dazu in der Lage, eine axiale Bewegung des Ventilelements **40** zu führen, indem ein Gleitabschnitt **430**, der an dem Ende des Führungsabschnitts **43** ausgebildet ist, der von dem Ventilkörper **41** abgewandt angeordnet ist, gleitet und auf einer inneren peripheren Wand der Stopperausparung **351** des Stoppers **35** als Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt gleitet.

[0262] Jedes der Verbindungslöcher **44** tritt zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Ventilkörpers **41** durch den Ventilkörper **41** durch. Die neun Verbindungslöcher **44** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Ventilkörpers **41** ausgebildet. Die Verbindungslöcher **44** werden auf einem virtuellen Kreis **VC1** angeordnet, der an der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** zentriert ist (vergleiche die **Fig. 13** und **Fig. 14**).

[0263] Wie in **Fig. 13** gezeigt wird, ist eine Grenzlinie **B1** zwischen inneren Rändern der drei verjüngten Abschnitte **42** und einem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** entlang des konzentrischen Kreises **CC1**,

der einem virtuellen Kreis **VC1** entspricht, ausgebildet.

[0264] Wie in **Fig. 3** gezeigt wird, definieren drei Geraden **L11** ausgehend von einem Mittelpunkt des Ventilkörpers **41** zu jeweiligen Mittelpunkten der drei Führungsabschnitte **43** eine erste Region **T1**, eine zweite Region **T2** und eine dritte Region **T3**. Die drei Verbindungslöcher **44** sind in sowohl der ersten Region **T1**, der zweiten Region **T2** als auch der dritten Region **T3** des Ventilkörpers **41** angeordnet.

[0265] Unter der Annahme, dass die Anzahl h der Verbindungslöcher **44** neun beträgt ($h = 9$), und dass die Anzahl g der Führungsabschnitte **43** drei beträgt ($g = 3$), beträgt die Anzahl der Verbindungslöcher **44**, die einem inneren Rand eines der verjüngten Abschnitte **42** zugewandt angeordnet sind, die durch die Führungsabschnitte **43** getrennt sind, drei ($h/g = 9/3 = 3$).

[0266] Unter der Annahme, dass die drei Verbindungslöcher **44**, die in sowohl der ersten Region **T1**, der zweiten Region **T2** als auch der dritten Region **T3** ausgebildet sind, ein Verbindungsloch **441**, ein Verbindungsloch **442** und ein Verbindungsloch **443** sind, die in dieser Reihenfolge in der Umfangsrichtung des virtuellen Kreises **VC1** angeordnet sind, befindet sich die Grenzlinie **B1** in der ersten Region **T1** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** zwischen einer Berührungslinie **LT11**, die bei zwei Berührungslinien zwischen dem äußeren Rand des Verbindungslochs **441** der ersten Region **T1** und dem äußeren Rand des Verbindungslochs **443** in der zweiten Region **T2**, die in Hinblick auf eine Gerade **L11** zwischen der ersten Region **T1** und der zweiten Region **T2** liniensymmetrisch zu dem Verbindungsloch **441** in der ersten Region **T1** ist, näher an der dritten Region **T3** angeordnet ist, und einer Berührungslinie **LT11**, die bei zwei Berührungslinien zwischen dem äußeren Rand des Verbindungslochs **443** in der ersten Region **T1** und dem äußeren Rand des Verbindungslochs **441** in der dritten Region **T3**, die in Hinblick auf eine Gerade **L11** zwischen der ersten Region **T1** und der dritten Region **T3** liniensymmetrisch zu dem Verbindungsloch **443** in der ersten Region **T1** ist, näher an der zweiten Region **T2** angeordnet ist.

[0267] Die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** in der zweiten Region **T2** des Ventilkörpers **41** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** und die Grenzlinie **B1** in der dritten Region **T3** des Ventilkörpers **41** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** werden ähnlich wie die vorstehende Grenzlinie **B1** ausgebildet.

[0268] Mit anderen Worten ist gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Grenzlinie **B1** zwischen

dem inneren Rand des einen verjüngten Abschnitts **42**, der sandwichartig zwischen den zwei Führungsabschnitten **43** eingefügt ist, und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** in einem Bereich zwischen den zwei Berührungslinien **LT11** zwischen den äußeren Rändern der Endverbindungsöffnungen (**441**, **443**), die zwei der Verbindungsöffnungen **44** sind, die sich an beiden Enden befinden, die dem inneren Rand von einem der verjüngten Abschnitte **42** zugewandt angeordnet sind, und den äußeren Rändern der Verbindungsöffnungen **44** (**443**, **441**), die in Hinblick auf eine Gerade **L11**, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers **41** in dem Mittelpunkt des Führungsabschnitts **43** erstreckt, liniensymmetrisch zu den jeweiligen Endverbindungsöffnungen (**441**, **443**) ist, ausgebildet.

[0269] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist sowohl eine Oberfläche **401** (eine Oberfläche **401**) des Ventilelements **40**, d. h. die Oberfläche des Ventilkörpers **41**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, die Oberfläche des Führungsabschnitts **43**, die von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, als auch die Oberfläche des verjüngten Abschnitts **42**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, eine flache Form auf und ist auf der gemeinsamen Ebene ausgebildet, wie in **Fig. 10** gezeigt wird. Sowohl eine Oberfläche (die andere Oberfläche) **402** des Ventilelements **40**, d. h. die Oberfläche des Ventilkörpers **41**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, als auch die Oberfläche des Führungsabschnitts **43**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, weisen eine flache Form auf und sind auf der gemeinsamen Ebene ausgebildet.

[0270] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Plattendicke des Ventilkörpers **41** und des Führungsabschnitts **43** des Ventilelements **40**, d. h. der Abstand zwischen der einen Oberfläche **401** und der anderen Oberfläche **402** des Ventilelements **40**, kleiner als der Abstand zwischen der Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt ist, und einer Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353**, die dem Sitzelement **31** zugewandt ist, wie in **Fig. 10** gezeigt wird.

[0271] Die eine Oberfläche **401**, welche die Oberfläche des Ventilelements **40** ist, welche dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, ist dazu konfiguriert, mit der Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, (d. h. der Mehrzahl von Ventilsitzen **310**) in Kontakt zu kommen. Der Mittelpunkt der anderen Oberfläche **402**, welche die Oberfläche des Ventilelements **40** ist, welche dem Stopper **35** zugewandt angeordnet ist, ist dazu konfiguriert, mit der Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353** in Kontakt zu kom-

men, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist.

[0272] Das Ventilelement **40** ist dazu in der Lage, sich in der axialen Richtung in einem Bereich einer Differenz **DD1** zwischen der Plattendicke des Ventilkörpers **41** und dem Führungsabschnitt **43**, d. h. dem Abstand zwischen der einen Oberfläche **401** und der anderen Oberfläche **402** und dem Abstand zwischen der Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt ist, und einer Endoberfläche des Stoppervorsprungs **353**, die der Seitenendoberfläche des Sitzelements **31** des Stoppervorsprungs **353** zugewandt ist, hin und her zu bewegen.

[0273] Wenn die eine Oberfläche **401**, welche die Oberfläche des Ventilelements **40** ist, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, von der Oberfläche des Sitzelements **31** getrennt ist, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, d. h. den Ventilsitzen **310**, ist das Ventilelement **40** geöffnet, um zu ermöglichen, dass der Kraftstoff in dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** strömt. Wenn die eine Oberfläche **401**, welche die Oberfläche des Ventilelements **40** ist, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, mit den Ventilsitzen **310** in Kontakt kommt, ist das Ventilelement **40** geschlossen, um den Kraftstofffluss in den Kommunikationspfaden **33** einzuschränken.

[0274] Wenn das Ventilelement **40** geöffnet wird, ist es dem Kraftstoff möglich, zwischen dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** sowie der Stopperaussparung **351** zu strömen. Entsprechend wird ermöglicht, dass der Kraftstoff ausgehend von der Seite der Kraftstoffkammer **260** über den Kommunikationspfad **32**, die Kommunikationspfade **33**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352**, die Verbindungsöffnungen **38** und das Ansaugloch **232** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt. Es wird ebenfalls ermöglicht, dass der Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** über das Ansaugloch **232**, die Verbindungsöffnungen **38**, die Stopperaussparung **352**, die Stopperaussparung **351**, die Kommunikationspfade **33** und den Kommunikationspfad **32** hin zu der Kraftstoffkammer **260** strömt. Zu dieser Zeit strömt der Kraftstoff durch die Verbindungsöffnungen **44** des Ventilelements **40**, die Peripherie des Ventilelements **40**, die Oberfläche des Ventilelements **40** und die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41**.

[0275] Wenn das Ventilelement **40** geschlossen wird, ist der Kraftstofffluss zwischen dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** sowie der Stopperaussparung **351** eingeschränkt.

Entsprechend wird eingeschränkt, dass der Kraftstoff ausgehend von der Seite der Kraftstoffkammer **260** über den Kommunikationspfad **32**, die Kommunikationspfade **33**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352**, die Verbindungslöcher **38** und das Ansaugloch **232** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt. Der Kraftstoff ist ebenfalls darin eingeschränkt, ausgehend von der Seite der Druckbeaufschlagungskammer **200** über das Ansaugloch **232**, die Verbindungslöcher **38**, die Stopperaussparung **352**, die Stopperaussparung **351**, die Kommunikationspfade **33** und den Kommunikationspfad **32** hin zu der Kraftstoffkammer **260** zu strömen.

[0276] Wie in **Fig. 10** gezeigt wird, ist die Feder **39** auf der radialen Außenseite des Stoppervorsprungs **353** angeordnet. Ein Ende der Feder **39** steht mit der Bodenoberfläche der Stopperaussparung **352** in Kontakt, und das andere Ende steht mit der anderen Oberfläche **402**, welche die Oberfläche des Ventilelements **40** ist, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, in Kontakt. Die Feder **39** spannt das Ventilelement **40** hin zu dem Sitzelement **31** vor.

[0277] Das Ventilelement **40** beinhaltet eine Mehrzahl von Dichtungsabschnitten **410**, die an Positionen ausgebildet sind, die den Ventilsitzen **310** entsprechen, die sich auf dem Sitzelement **31** befinden. Jeder der Dichtungsabschnitte **410** beinhaltet einen ersten Dichtungsabschnitt **411**, der eine ringförmige Form aufweist und zwischen dem Kommunikationspfad **32** als dem inneren Kommunikationspfad und den Verbindungslöchern **44** abdichtet, einen zweiten Dichtungsabschnitt **412**, der eine ringförmige Form aufweist und zwischen den Kommunikationspfaden **33** als dem äußeren Kommunikationspfad und den Verbindungslöchern **44** abdichtet, und einen dritten Dichtungsabschnitt **413**, der eine ringförmige Form aufweist und zwischen den Kommunikationspfaden **33** und einem Strömungspfad **45** radial nach außen, der sich von dem Ventilkörper **41** des Ventilelements **40** radial nach außen erstreckt und zwischen dem Ventilkörper **41** und der Stopperaussparung **351** ausgebildet ist, abdichtet.

[0278] Hierin wird eine Beziehung zwischen Strömungspfadflächen des Kommunikationspfads **32** und der Kommunikationspfade **33**, die in dem Sitzelement **31** ausgebildet sind, und den Verbindungslöchern **44**, die in dem Ventilelement **40** ausgebildet sind, beschrieben werden.

[0279] In einem Zustand eines Kontakts zwischen dem Ventilelement **40** und dem Stopper **35**, d. h. während eines Vollhubs, unter der Annahme, dass eine Fläche eines ringförmigen Strömungspfads, der zwischen einer Wandoberfläche, die durch einen minimalen Kreis definiert ist, der alle der Kommunikationspfade **33** abdeckt, die auf der Wandoberfläche

des Sitzelements **31** ausgebildet sind, die dem Ventilelement **40** zugewandt angeordnet ist, und einer Wandoberfläche (dritter Dichtungsabschnitt **413**) des Ventilelements **40** ausgebildet ist, eine erste Durchlassfläche **S1** ist, dass eine Gesamt-Strömungspfadfläche der Kommunikationspfade **33** eine zweite Durchlassfläche **S2** ist, und eine Fläche eines ringförmigen Strömungspfads zwischen einer Wandoberfläche (zweiter Dichtungsabschnitt **412**), die durch einen minimalen Kreis definiert ist, der alle der Verbindungslöcher **44** abdeckt, die auf der Oberfläche des Ventilelements **40** ausgebildet sind, die dem Sitzelement **31** zugewandt angeordnet ist, und der Wandoberfläche des Sitzelements **31** eine dritte Strömungspfadfläche **S3** ist, die zweite Durchlassfläche **S2** größer ist als die Gesamtfläche der ersten Durchlassfläche **S1** und der dritten Strömungspfadfläche **S3**, wie in den **Fig. 10** und **Fig. 11** gezeigt wird.

[0280] Unter der Annahme, dass die Fläche des ringförmigen Strömungspfads zwischen der Öffnung des Kommunikationspfads **32**, die der Wandoberfläche des Ventilelements **40** zugewandt angeordnet ist, und der Wandoberfläche (dem ersten Dichtungsabschnitt **411**) des Ventilelements **40** eine vierte Strömungspfadfläche **S4** ist, und dass eine Gesamt-Strömungspfadfläche der Verbindungslöcher **44**, die in dem Ventilelement **40** ausgebildet ist, eine fünfte Strömungspfadfläche **S5** ist, ist die fünfte Strömungspfadfläche **S5** größer als die Gesamtfläche der dritten Strömungspfadfläche **S3** und der vierten Strömungspfadfläche **S4**.

[0281] Außerdem ist die sechste Strömungspfadfläche **S6** unter der Annahme, dass eine Strömungspfadfläche des Kommunikationspfads **32** in dem Sitzelement **31** eine sechste Strömungspfadfläche **S6** ist, größer als die vierte Strömungspfadfläche **S4**.

[0282] Indem die Beziehung zwischen den Strömungspfadflächen des Kommunikationspfads **32** und der Kommunikationspfade **33**, die in dem Sitzelement **31** ausgebildet sind, und den Verbindungslöchern **44**, die in dem Ventilelement **40** ausgebildet sind, auf die vorhergehende Beziehung eingestellt wird, wird der Strömungspfad, der zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31** ausgebildet ist, zu einem Drosselpfad.

[0283] Als nächstes wird die Plattendicke des Ventilelements **40** beschrieben werden.

[0284] Wie in **Fig. 10** gezeigt wird, ist die Plattendicke des Ventilkörpers **41** des Ventilelements **40** kleiner als die Plattendicke des Sitzelements **31**. In diesem Fall verformt sich der Ventilkörper **41** in Übereinstimmung mit dem Sitzelement **31**, weshalb eine Dichtfähigkeit verbessert wird. Es ist vorzuziehen, dass der Ventilkörper **41** eine derartige Form aufweist, die dazu in der Lage ist, selbst während ei-

ner Druckaufnahme einen Oberflächendruck herzustellen, der auf das Sitzelement **31** angewendet wird.

[0285] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beträgt der maximale Einspritzdruck des Kraftstoffs, der durch die Kraftstoffeinspritzventile **138** eingespritzt wird, d. h. den System-Kraftstoffdruck des Kraftstoffzufuhrsystems **9**, **20** MPa oder mehr. Entsprechend kann der Druck der Druckbeaufschlagungskammer **200** aufgrund eines Druckverlusts auf ungefähr 40 MPa zunehmen bzw. steigen. Um eine ausreichende Festigkeit und Dichtfähigkeit des Ventilelements **40** unter einer derartigen Hochdruckumgebung sicherzustellen, wird ein Plattendickenverhältnis t/D vorzugsweise durch folgende Formel 1 ausgedrückt.

$$0,06 \leq t/D \leq 0,13 \quad \text{Formel 1}$$

[0286] In der vorstehenden Formel 1 ist **D** ein Durchmesser des dritten Dichtungsabschnitts **413**, der zwischen dem Strömungspfad **45** radial nach außen und den Kommunikationspfaden **33** abdichtet (vergleiche die **Fig. 11** und **Fig. 14**). Zusätzlich ist **t** eine Plattendicke des Ventilkörpers **41** (vergleiche **Fig. 10**). Bei der vorliegenden Ausführungsform ist **t** zum Beispiel 1 mm.

[0287] Die Bedeutung eines Einstellens des Plattendickenverhältnisses t/D auf den Wert, der als eine vorstehende Formel 1 ausgedrückt wird, wird unter Bezugnahme auf **Fig. 17** beschrieben werden. Ein Graph von **Fig. 17** zeigt eine Beziehung zwischen dem Plattendickenverhältnis t/D , einen Dichtoberflächendruck (Strich-Zweipunktlinie) und einen Grenzdruck (Materialfestigkeit, Strich-Punktlinie).

[0288] Wenn das Plattendickenverhältnis t/D 0,06 oder größer ist, kann die gewünschte Materialfestigkeit, d. h. ungefähr 40 MPa, welche ein Spitzenkraftstoffdruck der Druckbeaufschlagungskammer **200** ist, sichergestellt werden, wie in **Fig. 17** gezeigt wird. Wenn das Plattendickenverhältnis t/D 1,13 oder kleiner ist, kann ein gewünschter Dichtoberflächendruck (40 MPa oder höher) sichergestellt werden.

[0289] Der Ventilkörper **41** verformt sich in einer Hochkraftstoffdruck-Umgebung, weshalb die Plattendicke **t** des Ventilkörpers **41** vorzugsweise groß ist, um eine Festigkeit zu erhöhen. Allerdings muss die Mehrzahl von Strömungspfaden nicht abgedichtet werden, wenn das Ventilelement **40** wie bei der vorliegenden Ausführungsform die Mehrzahl von Dichtungsabschnitten **410** aufweist. In diesem Fall muss auch eine ausreichende Dichtungsfähigkeit sichergestellt werden. Um eine Dichtfähigkeit zu verbessern, muss die Dicke **t** reduziert werden. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Plattendickenverhältnis t/D daher auf Grundlage des Graphen, der in **Fig. 17** gezeigt wird, auf den Wert eingestellt, der

als vorstehende Formel 1 ausgedrückt wird, um eine Dichtfähigkeit zu verbessern, während eine Festigkeit des Ventilelements **40** sichergestellt wird. Zur weiteren Verbesserung einer Dichtfähigkeit wird das Plattendickenverhältnis t/D vorzugsweise als folgende Formel 2 ausgedrückt, um den Dichtoberflächendruck zum Beispiel auf 60 MPa oder mehr einzustellen.

$$0,06 \leq t/D \leq 0,12 \quad \text{Formel 2}$$

[0290] Wie vorstehend beschrieben (**A1**) beinhalten die Hochdruckpumpe **10** der vorliegenden Ausführungsform den Zylinder **23** als den Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt, das obere Gehäuse **21** und den Stopper **35** als den Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt, das Sitzelement **31** und das Ventilelement **40**.

[0291] Der Zylinder **23** definiert die Druckbeaufschlagungskammer **200**, in welcher Kraftstoff beaufschlagt wird. Das obere Gehäuse **21** und der Stopper **35** definieren den Ansaugdurchlass **216**, durch welchen Kraftstoff strömt, der in die Druckbeaufschlagungskammer **200** angesaugt wird.

[0292] Das Sitzelement **31** ist in dem Ansaugdurchlass **216** angeordnet und beinhaltet den Kommunikationspfad **32**, der zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch das Sitzelement **31** durchtritt, und die Kommunikationspfade **33**, die zwischen der einen Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch das Sitzelement **31** durchtreten. Die Kommunikationspfade **33** befinden sich radial außerhalb des Kommunikationspfads **32**. Das Ventilelement **40** ist zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Sitzelement **31** angeordnet. Das Ventilelement **40** ist dazu in der Lage, den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad **32** zu ermöglichen, indem dieses von dem Sitzelement **31** zum Öffnen des Kommunikationspfads **32** getrennt wird, und den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad **32** einzuschränken, indem dieses das Sitzelement **31** zum Schließen des Kommunikationspfads **32** kontaktiert.

[0293] Das Ventilelement **40** beinhaltet den Ventilkörper **41**, der eine Plattenform aufweist, die Verbindungslöcher **44**, die verjüngten Abschnitte **42** und die Führungsabschnitte **43**. Die Verbindungslöcher **44** treten zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Ventilkörpers **41** durch den Ventilkörper **41** durch. Die Verbindungslöcher **44** befinden sich in der radialen Richtung zwischen den Kommunikationspfaden **33** und dem Kommunikationspfad **32**. Die verjüngten Abschnitte **42** befinden sich radial außerhalb des Ventilkörpers **41** und beinhalten jeweils die Oberfläche, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und verjüngen sich in einer Richtung hin zu der Druckbeaufschla-

gungskammer **200** hin zu der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41**. Die Führungsabschnitte **43** stehen ausgehend von dem Ventilkörper **41** radial nach außen hervor, um die verjüngten Abschnitte **42** in der Umfangsrichtung zu teilen, und sind dazu in der Lage, das Ventilelement **40** derart zu führen, dass dieses sich durch Gleiten auf den Stopperausparungen **351** des Stoppers **35** bewegt. Die Verbindungs Löcher **44** werden auf dem virtuellen Kreis **VC1** angeordnet, der an der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** zentriert ist.

[0294] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet das Sitzelement **31** den Kommunikationspfad **32**, der radial innerhalb des Sitzelements **31** angeordnet ist, und die Kommunikationspfade **33**, die radial außerhalb des Kommunikationspfads **32** angeordnet sind. Das Ventilelement **40** ist dazu konfiguriert, um mit dem Sitzelement **31** in Kontakt zu kommen und von diesem getrennt zu sein, und weist die Verbindungs Löcher **44** auf, die in der radialen Richtung zwischen dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** positioniert sind. Der Kraftstoff strömt in einer Route, die radial außerhalb des Ventilelements **40** angeordnet ist, die zwischen dem Ventilelement **40** und der Stopperausparung **351** durchtritt, und die Kommunikationspfade **33** des Sitzelements **31** erreicht, einer Route, die durch das Verbindungsloch **44** des Ventilelements **40** und den Kommunikationspfad **32** des Sitzelements **31** durchtritt, und einer Route, die durch die Verbindungs Löcher **44** des Ventilelements **40** und die Kommunikationspfade **33** des Sitzelements **31** durchtritt.

[0295] In diesem Fall kann eine Strömungspfadfläche, die äquivalent zu einer Strömungspfadfläche der Konfiguration ist, die nur den Strömungspfad zwischen dem Ventilelement **40** und der Stopperausparung **351** aufweist, sichergestellt werden, selbst wenn der Hubbetrag des Ventilelements **40** ausgehend von dem Sitzelement **31** stärker reduziert ist als ein Betrag einer Konfiguration, die nur einen Strömungspfad zwischen dem Ventilelement **40** und der Stopperausparung **351** aufweist. Entsprechend kann der Hubbetrag des Ventilelements **40** ausgehend von dem Sitzelement **31** reduziert werden. Im Ergebnis kann eine Antriebskraft zum Heben des Ventilelements **40** von dem Sitzelement **31** auf eine kleine Kraft eingestellt sein, und der maximale Ausgang ausgehend von der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** kann reduziert werden. Daher wird eine Größenreduktion der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** erzielt. Überdies kann ein Kollisionsrauschen zwischen dem Ventilelement **40** und dem Nadelkörper **531** durch eine Reduzierung des Hubbetrags reduziert werden. Außerdem kann eine Ansprechempfindlichkeit der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** erhöht werden, indem der Hubbetrag reduziert wird. Auf diese Weise kann eine exzessive Kraftstoffrückströmung während einer Mengensteuerung reduziert werden, weshalb eine Abführef-

fizienz während eines Hochgeschwindigkeitsbetriebs zunimmt.

[0296] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Grenzlinie **B1** zwischen inneren Rändern der sich verjüngenden Abschnitte **42** und den äußeren Rändern des Ventilkörpers **41** entlang des konzentrischen Kreises **CC1**, der dem virtuellen Kreis **VC1** entspricht, ausgebildet. Diese Konfiguration reduziert den Abstand zwischen beiden Enden jeder der Grenzlinien **B1** und den Verbindungs Löchern **44**. In diesem Fall stellen Abschnitte in der Nähe beider Enden jeder der Grenzlinien **B1** keinen Widerstand für einen Kraftstoff her, der auf der Oberfläche des Ventilelements **40** strömt. Entsprechend kann eine ausreichende Menge an Kraftstoff sichergestellt werden, der in die Druckbeaufschlagungskammer **200** angesaugt wird. Auf eine ähnliche Weise kann eine ausreichende Menge an Kraftstoff, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Kraftstoffkammer **260** rückgeführt wird, sichergestellt werden.

[0297] (A2) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Anzahl der Verbindungs Löcher **44**, die dem inneren Rand eines der verjüngten Abschnitte **42** zugewandt angeordnet sind, die durch die Führungsabschnitte **43** aufgeteilt sind, unter der Annahme, dass die Anzahl der Verbindungs Löcher **44** h ist, und dass die Anzahl der Führungsabschnitte **43** g ist, einheitlich auf einen Wert von h/g eingestellt. In diesem Fall können die Verbindungs Löcher **44** in Übereinstimmung mit jedem der verjüngten Abschnitte **42** auf eine ausgeglichene Weise angeordnet werden. Entsprechend kann eine Kraftstoffströmung, die durch das Ventilelement **40** durchtritt, stabilisiert werden.

[0298] (A3) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des einen verjüngten Abschnitts **42**, der sandwichartig zwischen den zwei Führungsabschnitten **43** eingefügt ist, und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** in einem Bereich zwischen den zwei Berührungslinien **LT1** zwischen den äußeren Rändern der Endverbindungs Löchern (**441**, **443**), welche sich an beiden Enden der Verbindungs Löcher **44** befinden, die dem inneren Rand von einem der verjüngten Abschnitte **42** zugewandt angeordnet sind, und den äußeren Rändern der Verbindungs Löcher **44** (**443**, **441**), die in Hinblick auf eine Gerade **L11**, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers **41** an dem Mittelpunkt des Führungsabschnitts **43** erstreckt, liniensymmetrisch zu den Endverbindungs Löchern (**441**, **443**) ist, ausgebildet. In diesem Fall kann der Abstand zwischen beiden Enden jeder der Grenzlinien **B1** und den Verbindungs Löchern **44** reduziert werden, während die Länge jeder der Grenzlinien **B1** sichergestellt wird. Entsprechend stellen Abschnitte in der Nähe beider Enden jeder der Grenzlinien **B1** keinen Widerstand für eine Kraftstoffströmung her.

[0299] (A9) Die Hochdruckpumpe **10** bei der vorliegenden Ausführungsform wird auf das Kraftstoffzufuhrsystem **9** angewendet, das die Kraftstoffeinspritzventile **138** zum Zuführen des Kraftstoffs zu der Maschine **1** beinhaltet. Das Ventilelement **40** beinhaltet den dritten Dichtungsabschnitt **413**, der eine ringförmige Form aufweist, und dichtet zwischen den Kommunikationspfaden **33** und dem Strömungspfad **45** radial nach außen, der sich auf der radialen Außenseite des Ventilelements **40** in dem Kraftstoffzufuhrsystem **9** befindet, in welchem ein maximaler Einspritzdruck des Kraftstoffs, der durch die Kraftstoffeinspritzventile **138** eingespritzt wird, 20 MPa oder höher ist, ab. Unter der Annahme, dass der Durchmesser des dritten Dichtungsabschnitts **413** D ist, dass die Plattendicke des Ventilelements **40** t ist, fällt das Plattendickenverhältnis t/D in einen Bereich, der in $0,06 \leq t/D \leq 0,13$ gezeigt wird.

[0300] Entsprechend verbessert sich die Dichtungsfähigkeit in einer Hochkraftstoffdruck-Umgebung, während eine Festigkeit des Ventilelements **40**, das Dichtungsabschnitte **410** aufweist, sichergestellt wird.

[0301] <B-1> Als nächstes wird die elektromagnetische Antriebseinheit **500** detailliert beschrieben werden.

[0302] Wie in **Fig. 18** gezeigt wird, weist die äußere periphere Wand des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** des zylindrischen Elements **51** eine im Wesentlichen sechseckige Säulenform auf. Genauer gesagt weisen die sechs Ecken der äußeren peripheren Wand des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** in der Umfangsrichtung, die sich auf einer virtuellen zylindrischen Oberfläche befinden, die an der Achse des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** zentriert ist, eine gekrümmte Form auf. Zwischen einem flachen Abschnitt der äußeren peripheren Wand des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** und der inneren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** ist ein Zwischenraum ausgebildet.

[0303] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird zum Schrauben des zylindrischen Elements **51** in den Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** durch eine Schraubenverbindung eine Wandoberfläche eines Werkzeugs auf die äußere periphere Wand des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** angewendet und gedreht, um das zylindrische Element **51** in den Ansauglochabschnitt **212** zu schrauben.

[0304] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich der zweite säulenförmige Abschnitt **512** des zylindrischen Elements **51** innerhalb der inneren zylindrischen Oberfläche **602** der Spule **60**, d. h. innerhalb des Endes des Spulenkörpers **61**, welcher der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt

angeordnet ist, wie in den **Fig. 5** und **Fig. 18** gezeigt wird. In diesem Fall können Längen des zylindrischen Elements **51** und der Nadel **53** in der axialen Richtung stärker verkürzt werden als diese Längen einer Konfiguration, bei welcher eine sechseckige säulenförmige äußere periphere Wand, auf welche eine Wandoberfläche eines Werkzeugs angewendet wird, um das zylindrische Element **51** in den Ansauglochabschnitt **212** zu schrauben, in der äußeren peripheren Wand des zylindrischen Elements **51** zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Spulenkörper **61** ausgebildet. In diesem Fall nimmt eine träge Masse ab, weshalb eine Verbesserung der Ansprechempfindlichkeit und eine Reduzierung von **NV** erzielt wird.

[0305] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist die Spule **60** die innere zylindrische Oberfläche **601** und die innere zylindrische Oberfläche **602** auf, die unterschiedliche Durchmesser aufweisen. Der Draht **620** wird um die innere zylindrische Oberfläche **601** und die innere zylindrische Oberfläche **602** radial nach außen gewickelt. Wie vorstehend beschrieben befindet sich der zweite säulenförmige Abschnitt **512** des zylindrischen Elements **51** innerhalb der inneren zylindrischen Oberfläche **602** der Spule **60**. In diesem Fall wird ermöglicht, dass die Dicke des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** in der radialen Richtung zunimmt, weshalb der zweite säulenförmige Abschnitt **512** nicht zu einer magnetischen Drossel wird.

[0306] Falls die Spule **60** nicht die innere zylindrische Oberfläche **601**, sondern nur die innere zylindrische Oberfläche **602** beinhaltet, und der Draht **620** bei der vorliegenden Ausführungsform beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche **602** genauso oft in der radialen Richtung gewickelt ist, nimmt eine Länge des Wicklungsabschnitts **62** in der axialen Richtung zu. Zusätzlich nehmen die Längen des festen Kerns **57** und der Nadel **53** in der axialen Richtung zu. Entsprechend nimmt **NV** zu, und ein Widerstand des Wicklungsabschnitts **62** nimmt ebenfalls zu, weshalb ein Leistungsverbrauch der Spule **60** zunehmen kann.

[0307] Falls die Spule **60** nicht die innere zylindrische Oberfläche **602**, sondern nur die innere zylindrische Oberfläche **601** aufweist, und der Draht **620** bei der vorliegenden Ausführungsform genauso oft in der radialen Richtung gewickelt ist, können die gleichen Probleme auftreten, wie vorstehend beschrieben. Überdies kann die Dicke des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** des zylindrischen Elements **51** in der radialen Richtung abnehmen, weshalb der zweite säulenförmige Abschnitt **512** zu einer magnetischen Drossel werden kann. In diesem Fall ist eine Anziehungskraft zwischen dem festen Kern **57** und dem beweglichen Kern **55** unzureichend, weshalb ei-

ne erforderliche Ansprechempfindlichkeit nicht erhalten werden kann.

[0308] Fig. 19 zeigt schematisch einen Teil der Spule 60 bei der vorliegenden Ausführungsform. Entsprechend unterscheiden sich relative Längen, Größen und anderes von jeweiligen Elementen und Teilen, welche die Spule 60 bilden, von den tatsächlichen. Zusätzlich ist der Draht 620 zur Vereinfachung weniger oft als tatsächlich um die äußere periphere Wand des Spulenkörpers 61 gewickelt.

[0309] Wie in Fig. 19 gezeigt wird, beinhaltet die Spule 60 eine Verbindungsoberfläche 605, die eine virtuelle Oberfläche ist, welche die innere zylindrische Oberfläche 601 und die innere zylindrische Oberfläche 602 verbindet. Die Verbindungsoberfläche 605 weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf. Die innere zylindrische Oberfläche 601, die innere zylindrische Oberfläche 602 und die Verbindungsoberfläche 605 befinden sich auf der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers 61. Die Verbindungsoberfläche 605 weist einen Teil auf, der sich in einer Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer 200 hin zu der Achse pf des Spulenkörpers 61 verjüngt.

[0310] Noch genauer gesagt weist die Verbindungsoberfläche 605 zwei Verbindungsabschnitte auf, die mit der inneren zylindrischen Oberfläche 601 verbunden sind, die den kleinsten Durchmesser aufweist, und mit der inneren zylindrischen Oberfläche 602 verbunden sind, die den größten Durchmesser aufweist. Der Verbindungsabschnitt, der mit der inneren zylindrischen Oberfläche 602 verbunden ist, weist eine verjüngte Form auf. Der andere Teil der Verbindungsoberfläche 605 außer dem Verbindungsabschnitt, der mit der inneren zylindrischen Oberfläche 602 verbunden ist, d. h. dem Verbindungsabschnitt, der mit der inneren zylindrischen Oberfläche 601 verbunden ist, verläuft senkrecht zu der Achse des Spulenkörpers 61. Der sich verjüngende Verbindungsabschnitt der Verbindungsoberfläche 605, der mit der inneren zylindrischen Oberfläche 601 verbunden ist, wird als ein sich verjüngender Oberflächenabschnitt 691 bezeichnet, und der linke Abschnitt des Verbindungsabschnitts, der senkrecht zu der Achse des Spulenkörpers 61 verläuft, wird als ein vertikaler Oberflächenabschnitt 692 bezeichnet.

[0311] Wie in Fig. 19 gezeigt wird, beträgt ein Winkel, der durch die innere zylindrische Oberfläche 601 und die Verbindungsoberfläche 605 ausgebildet wird, d. h. ein kleiner Winkel θ , der durch die innere zylindrische Oberfläche 601 und den sich verjüngenden Oberflächenabschnitt 691 ausgebildet wird, in einem Querschnitt, der entlang einer virtuellen Ebene VP1 vorgenommen wird, auf welcher sich die Achse des Spulenkörpers 61 erstreckt, 120 Grad.

[0312] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform verjüngt sich eine Endoberfläche 621 des Wicklungsabschnitts 62, die der Druckbeaufschlagungskammer 200 zugewandt angeordnet ist, an einem Verbindungsabschnitt mit der inneren zylindrischen Oberfläche 602. Der Verbindungsabschnitt und die innere zylindrische Oberfläche 602 bilden einen Winkel von 120 Grad aus.

[0313] Wie in Fig. 19 gezeigt wird, ist der Draht 620 beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche 601 gewickelt, um N Schichten auszubilden, die in einer radialen Richtung gestapelt sind. Die innere zylindrische Oberfläche 601 weist den kleinsten Durchmesser der zwei inneren zylindrischen Oberflächen 601 und 602 auf. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist N eine gerade Zahl. In Fig. 19 gilt $N = 10$, das heißt, der Draht wird beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche 601 10-mal in der radialen Richtung gewickelt, um N Schichten auszubilden.

[0314] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Draht 620 für die erste Schicht in der axialen Richtung des Spulenkörpers 61 hin zu der Druckbeaufschlagungskammer 200, für die zweite Schicht in der axialen Richtung des Spulenkörpers 61 weg von der Druckbeaufschlagungskammer 200, für die dritte Schicht in der axialen Richtung des Spulenkörpers 61 hin zu der Druckbeaufschlagungskammer 200 um die äußere periphere Wand des Spulenkörpers 61 gewickelt, und wird wiederholt so gewickelt, um N Schichten auszubilden. Wie vorstehend beschrieben können ein Startende des Drahts 620 und das andere Ende des Drahts 620 an dem Ende des Spulenkörpers 61 angeordnet sein, das in der axialen Richtung von der Druckbeaufschlagungskammer 200 abgewandt angeordnet ist, wenn N eine gerade Zahl ist. Diese Konfiguration erleichtert eine Verbindung des Drahts 620 mit dem Anschluss 651 (vergleiche die Fig. 22 und Fig. 23).

[0315] Wie in Fig. 19 gezeigt wird, ist der Draht 620 für die erste Schicht und die zweite Schicht gleich oft in der axialen Richtung gewickelt. Die erste Schicht befindet sich radial nach innerhalb der zweiten Schicht. Fig. 19 zeigt einen im Vergleich zum tatsächlichen Zustand vereinfachten Zustand der einen Fall darstellt, in dem der Draht 620 für die erste Schicht und die zweite Schicht fünf Mal in der axialen Richtung gewickelt ist. In diesem Fall befindet sich der Draht 620 für die zweite Schicht zwischen dem Draht 620, der für die erste Schicht in der radialen Richtung gewickelt wird.

[0316] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform steht der sich verjüngende Oberflächenabschnitt 691 mit Abschnitten des Drahts 620, der für die erste Schicht gewickelt ist und sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers 61 in der ersten Schicht am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer 200

befindet, und der für die zweite Schicht gewickelt ist und sich in der axialen Richtung in der zweiten Schicht am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, in Kontakt. Ein Verbindungsabschnitt des vertikalen Oberflächenabschnitts **692**, der mit dem sich verjüngenden Oberflächenabschnitt **691** verbunden ist, steht mit einem Abschnitt des Drahts **620** in Kontakt, der für die zweite Schicht gewickelt ist und sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet. Entsprechend befindet sich die Grenze zwischen dem sich verjüngenden Oberflächenabschnitt **691** und dem vertikalen Oberflächenabschnitt **692** in der zweiten Schicht des Drahts **620**, der beginnend von der inneren zylindrischen Oberfläche **601** in der radialen Richtung gewickelt ist.

[0317] Wie in **Fig. 19** gezeigt wird, ist der Draht **620** für jede Schicht in einem Bereich **TB1** zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** mit dem kleinsten Durchmesser und der inneren zylindrischen Oberfläche **602** mit dem größten Durchmesser der zwei inneren zylindrischen Oberflächen **601** und **602** in der axialen Richtung genauso oft gewickelt. **Fig. 19** zeigt einen Fall, bei welchem vier Schichten des Drahts **620** in der radialen Richtung in dem Bereich **TB1** zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** und der inneren zylindrischen **602** ausgebildet sind. Der Draht **620** ist für alle Schichten in dem Bereich **TB1** von der ersten bis zur vierten Schicht fünf Mal in der axialen Richtung gewickelt. In diesem Fall befindet sich der Draht **620** für die $(m + 1)$ te Schicht zwischen dem Draht **620** für die m -te Schicht, die in der axialen Richtung zueinander benachbart angeordnet sind.

[0318] Als nächstes wird ein Vergleich zwischen der Spule **60** bei der vorliegenden Ausführungsform und der Spule **60** bei einem Vergleichsbeispiel anhand von bei der vorliegenden Ausführungsform gegenüber dem Vergleichsbeispiel überlegenen Punkten beschrieben werden.

[0319] **Fig. 20** zeigt die Spule **60** gemäß einem ersten Vergleichsbeispiel, während **Fig. 21** die Spule **60** gemäß einem zweiten Vergleichsbeispiel zeigt.

[0320] Wie in **Fig. 20** gezeigt wird, unterscheidet sich die Spule **60** gemäß dem ersten Vergleichsbeispiel hinsichtlich der Form der Verbindungsoberfläche **605** von der Spule **60** gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Gemäß der Spule **60** des ersten Vergleichsbeispiels weist die Verbindungsoberfläche **605** eine flache Form auf, die derart ausgebildet ist, dass das ganze Teil senkrecht zu der Achse des Spulenkörpers **61** verläuft. Ein kleiner Winkel θ , der durch die innere zylindrische Oberfläche **601** und die Verbindungsoberfläche **605** ausgebildet ist, beträgt 90 Grad. Entsprechend ist zwischen der Verbindungsoberfläche **605** und dem Draht **620** für die

erste Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, ein Zwischenraum **Sp1** ausgebildet. In diesem Fall kann der Draht **620** für die erste Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, hin zu dem Zwischenraum **Sp1** verschoben werden. Im Ergebnis kann der Draht **620** für die zweite Schicht, der mit dem Draht **620** für die erste Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, in Kontakt steht, in der radialen Richtung des Spulenkörpers **61** verschoben werden. Entsprechend kann der Zustand des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist, instabil werden.

[0321] Gemäß der Spule **60** der vorliegenden Ausführungsform, beträgt ein Winkel, der durch die innere zylindrische Oberfläche **601** und die Verbindungsoberfläche **605** ausgebildet wird, d. h. ein kleiner Winkel θ , der durch die innere zylindrische Oberfläche **601** und den sich verjüngenden Oberflächenabschnitt **691** ausgebildet wird, in einem Querschnitt einer virtuellen Ebene **VP1**, auf welcher sich die Achse des Spulenkörpers **61** erstreckt, im Gegensatz dazu 120 Grad, wie in **Fig. 19** gezeigt wird. In diesem Fall steht der sich verjüngende Oberflächenabschnitt **691** mit dem Teil des Drahts **620** für die erste Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, und dem Teil des Drahts **620** für die zweite Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, in Kontakt. Entsprechend beinhaltet die Spule **60** der vorliegenden Ausführungsform nicht den Zwischenraum **Sp1**, der in der Spule **60** des ersten Vergleichsbeispiels ausgebildet ist. Der Verbindungsabschnitt des vertikalen Oberflächenabschnitts **692**, der mit dem sich verjüngenden Oberflächenabschnitt **691** verbunden ist, steht mit dem Draht **620** für die zweite Schicht in Kontakt, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet. Diese Konfiguration der Spule **60** bei der vorliegenden Ausführungsform reduziert eine Positionsabweichung des Teils des Drahts **620** für die erste Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, und des Drahts **620** für die zweite Schicht, die mit Teil des Drahts **620** in Kontakt steht, wodurch der Zustand des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist, stabilisiert wird.

[0322] Gemäß der Spule **60** des zweiten Vergleichsbeispiels ist der Draht **620** für Schichten in dem Bereich **TB1** zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** und der inneren zylindrischen **602** in der axialen Richtung unterschiedlich oft gewickelt, wie in

Fig. 21 gezeigt wird, dieser Punkt unterscheidet sich von der vorliegenden Ausführungsform. In der Spule **60** bei dem zweiten Vergleichsbeispiel ist der Draht **620** für die erste Schicht und die dritte Schicht in der axialen Richtung **5** Mal gewickelt, während der Draht **620** für die zweite Schicht und die vierte Schicht in der axialen Richtung **4** Mal gewickelt ist. Entsprechend ist zwischen der Verbindungsoberfläche **605** und dem Draht **620** für die zweite Schicht, die in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet ist, ein Zwischenraum **Sp2** ausgebildet. Überdies ist zwischen der Verbindungsoberfläche **605** und dem Draht **620** für die vierte Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, ein Zwischenraum **Sp3** ausgebildet. In diesem Fall kann der Draht **620** für die dritte Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, hin zu dem Zwischenraum **Sp2** verschoben werden. Überdies kann der Draht **620** für die fünfte Schicht, die dem Zwischenraum **Sp3** zugewandt angeordnet ist, hin zu dem Zwischenraum **Sp3** verschoben werden. Entsprechend kann der Zustand des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist, instabil werden.

[0323] Im Gegensatz dazu ist in dem Fall der Spule **60** bei der vorliegenden Ausführungsform der Draht **620** für jede Schicht in dem Bereich **TB1** zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** und der inneren zylindrischen **602** in der axialen Richtung genauso oft gewickelt, wie in **Fig. 19** gezeigt wird. Entsprechend beinhaltet die Spule **60** der vorliegenden Ausführungsform nicht den Zwischenraum **Sp2** und den Zwischenraum **Sp3**, die in der Spule **60** des zweiten Vergleichsbeispiels ausgebildet sind. Diese Konfiguration der Spule **60** bei der vorliegenden Ausführungsform reduziert eine Positionsabweichung des Drahts **620** für die dritte Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, und des Drahts **620** für die fünfte Schicht, wodurch der Zustand des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist, stabilisiert wird.

[0324] Wie in **Fig. 24** gezeigt wird, sind die Spulenkörpernuten **611** und **612** in der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** ausgebildet. Ein oberer Teil von **Fig. 24** zeigt eine entwickelte Ansicht der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61**, während ein unterer Teil von **Fig. 24** eine Querschnittsansicht des Spulenkörpers **61** zeigt.

[0325] Die Spulenkörpernut **611** ist ausgehend von der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** radial nach innen ausgespart und erstreckt sich in der Umfangsrichtung des Spulenkörpers **61**. Der Spulenkörper ist an einer Position des Spulenkörpers ausge-

bildet, die der inneren zylindrischen Oberfläche **601** entspricht. Die Spulenkörpernut **611** ist im Wesentlichen in dem gesamten Bereich des Spulenkörpers **61** in der Umfangsrichtung ausgebildet, außer für ein Teil in der Umfangsrichtung des Spulenkörpers **61**.

[0326] Die Spulenkörpernut **612** erstreckt sich in der Umfangsrichtung des Spulenkörpers **61**, während diese ausgehend von einem Abschnitt, welcher der inneren zylindrischen Oberfläche **602** in der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** entspricht, radial nach innen ausgespart ist. Die Spulenkörpernut **612** ist in der Umfangsrichtung des Spulenkörpers **61** ungefähr in einem Bereich von 90 Grad bis 360 Grad ausgebildet. Entsprechend ist die Spulenkörpernut **612** nicht in einer Region in der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** und entsprechend der inneren zylindrischen Oberfläche **602** (in einem Bereich von 0 bis ungefähr 90 Grad) in der Umfangsrichtung ausgebildet.

[0327] Die Spulenkörpernut **611** in einem Teil in der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** und entsprechend der inneren zylindrischen Oberfläche **601** (in einem Bereich von 0 bis ungefähr 90 Grad) in der Umfangsrichtung ist zu einem Teil der Spulenkörpernut **611** (in einem Bereich von 90 bis ungefähr 360 Grad), welcher ein anderer als der vorhergehende Teil in der Umfangsrichtung ist, geneigt angeordnet.

[0328] Der Draht **620** ist um den Spulenkörper **61** gewickelt, wobei ein Teil des Drahts **620** in die Spulenkörpernuten **611** und **612** eingesetzt ist. Auf diese Weise kann der Draht **620** in dem Spulenkörper **61** stabilisiert werden. Die Positionen des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist, kann zu der Zeit eines Umschaltens des Drahts **620** ausgehend von einem Abschnitt, welcher der inneren zylindrischen Oberfläche **601** entspricht, zu einem Abschnitt, welcher der inneren zylindrischen Oberfläche **602** entspricht, in der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** variieren. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Spulenkörpernut **612** nicht in einem Teil eines Abschnitts in der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** und entsprechend der inneren zylindrischen Oberfläche **602** in der Umfangsrichtung ausgebildet, wie vorstehend beschrieben. Entsprechend können die vorstehend beschriebenen Variationen hinsichtlich der Position des Drahts **620** durch den Abschnitt absorbiert werden, bei welchem die Spulenkörpernut **612** nicht in der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61** ausgebildet ist.

[0329] Wie vorstehend beschrieben (**B1**) beinhaltet die Hochdruckpumpe **10** der vorliegenden Ausführungsform den Zylinder **23** als den Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt, das obere Gehäuse **21** als den Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt,

das Sitzelement **31**, das Ventilelement **40**, das zylindrische Element **51**, die Nadel **53**, den beweglichen Kern **55** und die Feder **54** als das Vorspannelement, den festen Kern **57** und die Spule **60**. Der Zylinder **23** definiert die Druckbeaufschlagungskammer **200**, in welcher der Kraftstoff beaufschlagt wird.

[0330] Das obere Gehäuse **21** definiert den Ansaugdurchlass **216**, durch welchen der Kraftstoff strömt, der in die Druckbeaufschlagungskammer **200** angesaugt wird. Das Sitzelement **31** ist in dem Ansaugdurchlass **216** angeordnet und beinhaltet den Kommunikationspfad **32** und die Kommunikationspfade **33**, die zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch das Sitzelement **31** durchtreten. Das Ventilelement **40** ist zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Sitzelement **31** angeordnet und dazu in der Lage, den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** zu ermöglichen, indem dieses von dem Sitzelement **31** getrennt wird, um den Kommunikationspfad **32** und die Kommunikationspfade **33** zu öffnen, und den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** einzuschränken, indem dieses das Sitzelement **31** kontaktiert, um den Kommunikationspfad **32** und die Kommunikationspfade **33** zu schließen.

[0331] Das zylindrische Element **51** ist auf einer Seite des Sitzelements **31** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet. Die Nadel **53** ist in der axialen Richtung in dem zylindrischen Element **51** beweglich. Die Nadel **53** weist ein Ende auf, das dazu in der Lage ist, die Oberfläche des Ventilelements **40** zu kontaktieren, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Der bewegliche Kern **55** ist an dem anderen Ende der Nadel **53** angeordnet.

[0332] Die Feder **54** spannt die Nadel **53** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vor. Der feste Kern **57** ist auf einer Seite des zylindrischen Elements **51** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet. Die Spule **60** weist den Wicklungsabschnitt **62** auf, der in eine zylindrische Form ausgebildet ist, indem der Draht **620** um den Spulenkörper **61** gewickelt wird. Die Spule **60** erzeugt zwischen dem festen Kern **57** und dem beweglichen Kern **55** eine Anziehungskraft, um den beweglichen Kern **55** und die Nadel **53** in der Schließrichtung zu bewegen, wenn der Wicklungsabschnitt erregt wird.

[0333] Die Spule **60** beinhaltet die äußere periphere Oberfläche **600**, die mit der äußeren peripheren Oberfläche des Wicklungsabschnitts **62** in Kontakt steht, und die innere zylindrische Oberfläche **601** und die innere zylindrische Oberfläche **602**, die mit der inneren peripheren Oberfläche des Wicklungsabschnitts **62** in Kontakt steht. Der Durchmesser der

inneren zylindrischen Oberfläche **601** unterscheidet sich von dem der inneren zylindrischen Oberfläche **602**. Die inneren zylindrischen Oberflächen **601** und **602** sind angeordnet, um einen Durchmesser in einer Richtung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu erhöhen.

[0334] Während einer Nicht-Erregung von zumindest der Spule **60** befindet sich die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die dem festen Kern **57** zugewandt angeordnet ist, zwischen dem Mittelpunkt **Ci1** der inneren zylindrischen Oberfläche **601** in der axialen Richtung, welche eine innere zylindrische Oberfläche mit dem kleinstem Durchmesser ist, und dem Mittelpunkt **Co1** der äußeren zylindrischen Oberfläche **600** in der axialen Richtung. Diese Konfiguration kann die Anziehungskraft erhöhen, die während einer Erregung der Spule **60** auf den beweglichen Kern **55** wirkt. Entsprechend verbessert sich die Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns **55**. Überdies kann bei einer hohen Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns **55** der Strom, der durch die Spule **60** fließt, reduziert werden, ohne dass die Anziehungskraft reduziert wird, die auf den beweglichen Kern **55** wirkt. Entsprechend kann ein Leistungsverbrauch der elektromagnetischen Antriebseinheit, welche die Spule **60** beinhaltet, reduziert werden.

[0335] (B2) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich die Endoberfläche **552** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, zwischen dem festen Kern **57** und der Endoberfläche **621** des Wicklungsabschnitts **62**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Diese Konfiguration kann die axiale Länge des beweglichen Kerns **55** reduzieren, wodurch das Gewicht des beweglichen Kerns **55** reduziert wird. Entsprechend können eine Verbesserung einer Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns **55** und eine Reduzierung von **NV** erzielt werden.

[0336] (B3) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet die Spule **60** die Verbindungsoberfläche **605**, welche die innere zylindrische Oberfläche **601** und die innere zylindrische Oberfläche **602** verbindet. Die innere zylindrische Oberfläche **601**, die innere zylindrische Oberfläche **602** und die Verbindungsoberfläche **605** befinden sich auf der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61**. Die Verbindungsoberfläche **605** ist derart konfiguriert, dass zumindest ein Teil der Verbindungsoberfläche **605**, d. h. der vertikale Oberflächenabschnitt **692**, senkrecht zu der Achse des Spulenkörpers **61** wird. Diese Konfiguration kann eine Positionsabweichung des Drahts **601** reduzieren, der radial außerhalb der inneren zylindrischen Oberfläche **620** gewickelt ist. Entsprechend erleichtert diese Konfiguration eine Herstellung der Spule **60**.

[0337] (B4) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform verjüngt sich zumindest ein Teil der Verbindungsoberfläche **605**, d. h. des sich verjüngenden Oberflächenabschnitts **691** in der Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Achse des Spulenkörpers **61**. Entsprechend kann der sich verjüngende Oberflächenabschnitt **691** der Verbindungsoberfläche **605** mit dem Draht **620** für jede der Schichten in Kontakt gebracht werden, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befinden. Diese Konfiguration reduziert eine Positionsabweichung des Drahts **620**.

[0338] (B5) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist der Verbindungsabschnitt der Verbindungsoberfläche **605**, der mit der inneren zylindrischen Oberfläche **601** mit dem kleinsten Durchmesser, d.h. dem sich verjüngenden Oberflächenabschnitt **691**, verbunden ist, eine sich verjüngende Form auf. In einem Querschnitt, der entlang der virtuellen Ebene **VP1** vorgenommen wird, auf welchem sich die Achse des Spulenkörpers **61** erstreckt, beträgt der Winkel, der durch die innere zylindrische Oberfläche **601** und den sich verjüngenden Oberflächenabschnitt **691** der Verbindungsoberflächen **605** ausgebildet wird, 120 Grad. In diesem Fall kann der sich verjüngende Oberflächenabschnitt **691** der Verbindungsoberfläche **605** mit dem Draht **620** für die erste Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, und dem Draht **620** für die zweite Schicht, die sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, in Kontakt gebracht werden. Diese Konfiguration reduziert eine Positionsabweichung des Drahts **620** insbesondere an dem Verbindungsabschnitt zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** und der Verbindungsoberfläche **605**. Diese Konfiguration stabilisiert daher den Zustand des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist.

[0339] (B7) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Draht **620** beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche **601** mit dem kleinsten Durchmesser für **N** Schichten in der radialen Richtung gewickelt. In diesem Fall ist **N** eine gerade Zahl. Die Wicklung-Startposition und die Wicklungs-Endposition des Drahts **620** sind daher zum Beispiel an dem axialen Ende des Spulenkörpers **61** angeordnet, das von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Diese Konfiguration kann den Draht **620** entlang des Spulenkörpers **61** fixieren. Entsprechend reduziert diese Konfiguration eine exzessive Spannung, die auf den Draht **620** angewendet wird, wodurch eine Trennung des Drahts **620** reduziert wird, die durch eine thermische Ermüdung verursacht wird, selbst wenn der Spulenkörper **61** durch Wärme verformt wird. Überdies wird eine Verbindung

zwischen dem Anschluss **651** und dem Draht **620** erleichtert, indem **N** auf eine gerade Anzahl eingestellt wird.

[0340] (B8) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Draht **620** beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche **601** mit dem kleinsten Durchmesser für die erste Schicht und die zweite Schicht gleich oft in der axialen Richtung gewickelt. Entsprechend kann der Draht **620** für die zweite Schicht zwischen dem Draht **620**, der axial dazu angeordnet ist, für die erste Schicht benachbart angeordnet sein. Überdies können die Verbindungsoberfläche **605** und der Draht **620**, der sich am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** in dem Draht **620** der zweiten Schicht miteinander in Kontakt gebracht werden. Diese Konfiguration kann eine Positionsabweichung des Drahts **620** reduzieren, der sich in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** in dem Draht **620** am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, insbesondere in der dritten Schicht. Diese Konfiguration stabilisiert daher den Zustand des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist.

[0341] (B9) In dem Fall des Drahts **620** ist bei der vorliegenden Ausführungsform der Draht **620** für jede Schicht in dem Bereich **TB1** zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** mit dem kleinsten Durchmesser und der inneren zylindrischen **602** mit dem größten Durchmesser in der axialen Richtung genauso oft gewickelt. Entsprechend kann der Draht **620** in der $(N + 1)$ ten Schicht zwischen dem Draht **620**, der axial dazu in der N ten Schicht benachbart angeordnet ist, angeordnet sein. Überdies können die Verbindungsoberfläche **605** und der Draht **620**, der sich am nächsten an der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet, in der axialen Richtung des Spulenkörpers **61** in dem Draht **620** der geradzahligen Schicht miteinander in Kontakt gebracht werden. Diese Konfiguration reduziert eine Positionsabweichung des Drahts **620**. Diese Konfiguration stabilisiert daher den Zustand des Drahts **620**, der um den Spulenkörper **61** gewickelt ist.

[0342] <C-1> Als nächstes werden der Abführanschluss **70**, das Abführsitzelement **71**, das Zwischenelement **81**, das Überströmsitzelement **85**, das Abführventil **75**, das Überströmventil **91**, die Feder **79** und die Feder **99**, die den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** bilden, einzeln beschrieben werden.

[0343] Wie in den **Fig. 25** bis **Fig. 27** gezeigt wird, weist der Abführanschluss **70** eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die Stufenoberfläche **701**, die eine im Wesentlichen ringförmige Form aufweist, ist innerhalb des Abführanschlusses **70** ausgebildet. Der Abführanschluss **70** weist innerhalb einen Abfuhrdurchlass **705** auf. Der Abführanschluss **70** be-

inhalte einen seitlichen Lochabschnitt **702**, der zwischen einer inneren peripheren Wand und einer äußeren peripheren Wand des Abführanschlusses **70** durch den Abführanschluss **70** tritt. Der eine seitliche Lochabschnitt **702** ist in der Umfangsrichtung des Abführanschlusses **70** ausgebildet. Der Abführanschluss **70** beinhaltet die polygonale säulenförmige Oberfläche **703**, die eine im Wesentlichen sechseckige Säulenform aufweist. Die polygonale säulenförmige Oberfläche **703** befindet sich in der axialen Richtung der äußeren peripheren Wand des Abführanschlusses **70** im Wesentlichen an einer Position radial außerhalb der Stufenoberfläche **701**.

[0344] Wie in den **Fig. 28** bis **Fig. 30** gezeigt wird, beinhaltet das Abführsitzelement **71** den Abführelementkörper **72**, das Abführloch **73** und den Abführventilsitz **74**. Der Abführelementkörper **72** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf. Ein Außendurchmesser des Abführelementkörpers **72** ist etwas größer als ein Innendurchmesser eines Endes des Abführanschlusses **70**. Der Abführelementkörper **72** ist derart innerhalb des Abführanschlusses **70** vorgesehen, dass eine äußere periphere Wand des Abführelementkörpers **72** an dem einen Ende des Abführanschlusses **70** an die innere periphere Wand eingepasst ist.

[0345] Der Abführelementkörper **72** beinhaltet eine Abführaussparung **721**, einen inneren Vorsprung **722** und einen äußeren Vorsprung **723**. Die Abführaussparung **721** ist in einer im Wesentlichen zylindrischen Form ausgehend von dem Mittelpunkt der einen Endoberfläche des Abführelementkörpers **72** hin zu der anderen Endoberfläche ausgespart. Der innere Vorsprung **722** steht in einer im Wesentlichen ringförmigen Form ausgehend von der anderen Endoberfläche des Abführelementkörpers **72** hervor. Der äußere Vorsprung **723** steht in einer im Wesentlichen ringförmigen Form ausgehend von der anderen Endoberfläche des Abführelementkörpers **72** auf der radialen Außenseite des inneren Vorsprungs **722** hervor.

[0346] Das Abführloch **73** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und tritt durch das Abführsitzelement **71** zwischen der Endoberfläche des Abführelementkörpers **72** und der Bodenoberfläche der Abführaussparung **721** durch. Das Abführloch **73** befindet sich auf der radialen Innenseite des inneren Vorsprungs **722**. Der Abführventilsitz **74** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf und ist auf der Bodenoberfläche der Abführaussparung **721** um das Abführloch **73** angeordnet. Die Abführaussparung **721**, der innere Vorsprung **722**, der äußere Vorsprung **723**, das Abführloch **73** und der Abführventilsitz **74** sind im Wesentlichen koaxial zu dem Abführelementkörper **72**.

[0347] Wie in den **Fig. 31** bis **Fig. 33** gezeigt wird, beinhaltet das Zwischenelement **81** den Zwischenelementkörper **82** und die ersten Durchlässe **83**. Der Zwischenelementkörper **82** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf. Der Zwischenelementkörper **82** ist in Kontakt mit dem Abführsitzelement **71** innerhalb des einen Endes des Abführanschlusses **70** vorgesehen. Ein Außendurchmesser des Zwischenelementkörpers **82** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des einen Endes des Abführanschlusses **70**.

[0348] Eine Zwischenaussparung **821** ist in dem Zwischenelementkörper **82** ausgebildet. Die Zwischenaussparung **821** ist in einer im Wesentlichen zylindrischen Form ausgehend von dem Mittelpunkt der einen Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82** hin zu der anderen Endoberfläche ausgespart. Die Zwischenaussparung **821** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Zwischenelementkörper **82**.

[0349] Die ersten Durchlässe **83** weisen jeweils eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und treten durch den Zwischenelementkörper **82** zwischen der einen Endoberfläche und der anderen Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82** durch. Die ersten Durchlässe **83** befinden sich auf der radialen Außenseite der Zwischenaussparung **821**. Die fünf ersten Durchlässe **83** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Zwischenelementkörpers **82** ausgebildet.

[0350] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine ringförmige Aussparung **800** in dem Zwischenelement **81** ausgebildet. Die ringförmige Aussparung **800** weist eine im Wesentlichen ringförmige Form auf, die ausgehend von der anderen Endoberfläche hin zu der einen Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82** ausgespart ist. Die ringförmige Aussparung **800** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Zwischenelementkörper **82**. Die ringförmige Aussparung **800** ist mit Enden aller der ersten Durchlässe **83** verbunden.

[0351] Wie in den **Fig. 34** bis **Fig. 36** gezeigt wird, beinhaltet das Überströmsitzelement **85** den Überströmelementkörper **86**, das Überströmloch **87**, den Überströmventilsitz **88**, die zweiten Durchlässe **89**, die äußere periphere Überströmaussparung **851**, das laterale Überströmloch **852** und das laterale Loch **853**. Der Überströmelementkörper **86** weist einen zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements und einen Überströmelement-Bodenabschnitt **862** auf. Der zylindrische Abschnitt **861** des Überströmelements weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Überströmelement-Bodenabschnitt **862** ist in einer derartigen Form integral mit dem zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements ausgebildet, um ein Ende des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements zu schließen.

[0352] Die innere periphere Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ist derart ausgebildet, dass ein Innendurchmesser eines Abschnitts **806**, der sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Gleitabschnitt **805** befindet, der auf dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** gleitet, größer ist als ein Innendurchmesser des Gleitabschnitts **805**. Die innere periphere Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ist derart ausgebildet, dass ein Innendurchmesser eines Abschnitts **807**, der sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Gleitabschnitt **806** befindet, größer ist als ein Innendurchmesser des Gleitabschnitts **806** (vergleiche **Fig. 34**).

[0353] Der Überströmelementkörper **86** ist innerhalb des Abführanschlusses **70** vorgesehen und befindet sich auf einer Seite des Zwischenelements **81** gegenüber dem Abführsitzelement **71**. Ein Außendurchmesser des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ist im Wesentlichen äquivalent zu einem Innendurchmesser eines Abschnitts, der sich zwischen dem Abführsitzelement **71** und der Stufenoberfläche **701** des Abführanschlusses **70** befindet. Der Überströmelementkörper **86** ist derart innerhalb des Abführanschlusses **70** vorgesehen, dass die Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, die von dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** abgewandt angeordnet ist, mit einem äußeren Rand der Endoberfläche des Zwischenelementkörpers **82** in Kontakt steht, und dass ein äußerer Rand der Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, die von dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** abgewandt angeordnet ist, mit der Stufenoberfläche **701** des Abführanschlusses **70** in Kontakt steht.

[0354] Das Überströmloch **87** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und tritt zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche an dem Mittelpunkt des Bodenabschnitts **862** des Überströmelements durch den Bodenabschnitt **862** des Überströmelements durch. Der Überströmventilsitz **88** ist in einer ringförmigen Form auf einer der Oberflächen des Überströmelement-Bodenabschnitts **862** um das Überströmloch **87** ausgebildet. Der Überströmventilsitz **88** verjüngt sich in einer Richtung von einer Seite zu der anderen Seite in der axialen Richtung des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements hin zu der Achse des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements. Das Überströmloch **87** und der Überströmventilsitz **88** sind im Wesentlichen koaxial zu dem Überströmelementkörper **86**.

[0355] Jeder der zweiten Durchlässe **89** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und tritt zwischen einer Endoberfläche und der anderen Endoberfläche an dem Mittelpunkt des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements durch den zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements

durch. Die vier zweiten Durchlässe **89** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ausgebildet.

[0356] Die äußere periphere Überströmaussparung **851** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, welche ausgehend von der äußeren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements radial nach innen ausgespart ist. Das laterale Überströmloch **852** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und tritt durch den zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements zwischen der äußeren peripheren Überströmaussparung **851** und einer inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements durch. Die zwei lateralen Überströmlöcher **852** sind mit Intervallen von 90 Grad in einer Umfangsrichtung des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ausgebildet (vergleiche **Fig. 35**). Indem die zwei seitlichen Überströmlöcher **852** mit ungleichen Intervallen in der Umfangsrichtung positioniert werden, kann eine stabile Strömung erzielt werden, wobei das Überströmventil **91** während eines Betriebs des offenen Ventils zu einer Seite versetzt ist. Falls die zwei lateralen Überströmlöcher **852** in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung angeordnet sind, ist die Richtung des Versatzes nicht durch Variationen hinsichtlich eines Unterdruck-Gleichgewichts festgelegt. In diesem Fall können Verhalten des Überströmventils **91** instabil werden.

[0357] Das laterale Loch **853** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und tritt durch den zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements zwischen der äußeren peripheren Überströmaussparung **851** und der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements durch. Das seitliche Loch **853** befindet sich auf der Seite des seitlichen Überströmlochs gegenüber dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862**. Das eine seitliche Loch **853** ist in der Umfangsrichtung des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements ausgebildet. Ein Innendurchmesser des horizontalen Lochs **853** ist gleich einem Innendurchmesser des seitlichen Überströmlochs **852**.

[0358] Die ringförmige Aussparung **800** verbindet die ersten Durchlässe **83** des Zwischenelements **81** und die zweiten Durchlässe **89** des Überströmsitzelements **85** in einem Zustand, in welchem der Überströmelementkörper **86** auf der Seite des Zwischenelements **81** gegenüber dem Abführsitzelement **71** innerhalb des Abführanschlusses **70** vorgesehen ist. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die axiale Länge des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, in welchem die zweiten Durchlässe **89** ausgebildet sind, größer als die axiale Länge des Zwischenelementkörpers **82**, in welchem die ersten Durchlässe **83** ausgebildet sind.

[0359] Wie in den **Fig. 37** bis **Fig. 39** gezeigt wird, weist das Abführventil **75** den Abführventil-Kontaktabschnitt **76** und den Abführventil-Gleitabschnitt **77** auf. Der Abführventil-Kontaktabschnitt **76** weist im Wesentlichen eine Scheibenform auf. Ein Außendurchmesser des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** ist kleiner als ein Innendurchmesser der Abführaussparung **721** des Abführsitzelements **71** und größer als ein Innendurchmesser der Zwischenaussparung **821** des Zwischenelements **81**. Der Abführventil-Kontaktabschnitt **76** ist derart innerhalb der Abführaussparung **721** vorgesehen, dass der äußere Rand einer Oberfläche des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** den Abführventilsitz **74** kontaktieren oder von dem Abführventilsitz **74** getrennt angeordnet sein kann.

[0360] Der Abführventil-Gleitabschnitts **77** ist integral mit dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76** in einer derartigen Form ausgebildet, dass dieser ausgehend von der anderen Oberfläche des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** in einer im Wesentlichen zylindrischen Form hervorsteht. Der Abführventil-Gleitabschnitts **77** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76**. Ein Außendurchmesser des Abführventil-Gleitabschnitts **77** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser der Zwischenaussparung **821**. Das Abführventil **75** ist derart vorgesehen, dass die äußere periphere Wand des Abführventil-Gleitabschnitts **77** sich in der axialen Richtung hin und her bewegen kann, während diese entlang der inneren peripheren Wand der Zwischenaussparung **821** gleitet.

[0361] In dem Abführventil-Gleitabschnitt **77** sind Löcher **771** ausgebildet. Die Löcher **771** weisen jeweils eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und treten zwischen der inneren peripheren Wand und der äußeren peripheren Wand des Abführventil-Gleitabschnitts **77** durch den Abführventil-Gleitabschnitt **77** durch. Die vier Löcher **771** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Abführventil-Gleitabschnitts **77** ausgebildet. Die Löcher **771** sind fluidmäßig mit einem Raum innerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77** und einem Raum außerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77** verbunden.

[0362] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform verjüngt sich die innere periphere Wand des Abführventil-Gleitabschnitts **77** derart, dass der Innendurchmesser in einer Richtung weg von dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76** und von dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76** zunimmt (vergleiche **Fig. 37**). Diese Konfiguration reduziert einen Kontakt zwischen dem äußeren peripheren Abschnitt der Feder **79** und der inneren peripheren Wand des Abführventil-Gleitabschnitts **77**. Zusätzlich weist diese Konfiguration auf der inneren peripheren Wand des Abführventil-Gleitabschnitts **77** keine Stufe auf und vereinfacht daher ein Entgraten. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform

sind die Endoberfläche des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** und die Löcher **771** unter dem Gesichtspunkt der Bearbeitbarkeit voneinander getrennt angeordnet.

[0363] Wie in den **Fig. 40** bis **Fig. 42** gezeigt wird, beinhaltet das Überströmventil **91** den Überströmventil-Kontaktabschnitt **92**, den Überströmventil-Gleitabschnitt **93** und den hervorstehenden Abschnitt **94** des Überströmventils. Der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** weist eine verjüngte Form auf, die derart ausgebildet ist, dass eine äußere periphere Wand eines Endes des Überströmventil-Kontaktabschnitts **92** sich ausgehend von der anderen Seite hin zu der Achse zu der einen Seite verjüngt. Der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** ist derart innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements vorgesehen, dass das eine Ende des Überströmventil-Kontaktabschnitts **92** den Überströmventilsitz **88** kontaktieren oder von dem Überströmventilsitz **88** getrennt sein kann.

[0364] Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** ist derart integral mit dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** ausgebildet, dass ein Ende des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** mit dem anderen Ende des Überströmventil-Kontaktabschnitts **92** verbunden ist. Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92**. Ein Außendurchmesser des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements. Die äußere periphere Wand des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** kann auf der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements in einem Zustand gleiten, in welchem der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements vorgesehen ist.

[0365] Der Überströmventil-Gleitabschnitt **93** weist derart eine verjüngte Form auf, dass eine äußere periphere Wand des Endes des Überströmventil-Gleitabschnitts **93**, das dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** zugewandt angeordnet ist, sich in einer Richtung hin zu dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** weg von dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** hin zu der Achse verjüngt. Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** mit dem Überströmventilsitz **88** in Kontakt steht, wird das seitliche Überströmloch **852** des Überströmsitzelements **85** durch die äußere periphere Wand des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** geschlossen (vergleiche **Fig. 6**).

[0366] Der hervorstehende Abschnitt **94** Überströmventils weist eine im Wesentlichen zylindrische Form

auf. Der hervorstehende Abschnitt **94** des Überströmventils ist derart integral mit dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** ausgebildet, dass ein Ende des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils mit dem Mittelpunkt der Endoberfläche des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** gegenüber dem Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** verbunden ist. Der hervorstehende Abschnitt **94** des Überströmventils ist im Wesentlichen koaxial zu dem Gleitabschnitt **93** des Überströmventils. Ein Außendurchmesser des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils ist kleiner als ein Außendurchmesser des Überströmventil-Gleitabschnitts **93**. Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** mit dem Überströmventilsitz **88** in Kontakt steht, befindet sich die Endoberfläche des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils gegenüber dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** zwischen dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** und der Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements, die dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** abgewandt angeordnet ist (vergleiche **Fig. 6**).

[0367] Wie in **Fig. 6** gezeigt wird, weist das Stoppelement **95** im Wesentlichen eine Scheibenform auf. Ein Außendurchmesser des Stoppelements **95** ist etwas größer als ein Innendurchmesser des Abschnitts **807** der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements. Das Stoppelement **95** ist innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements derart pressgepasst, dass die äußere periphere Wand des Stoppelements **95** an den Abschnitt **807** auf der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements eingepasst ist. Mit anderen Worten ist das Stoppelement **95** im Wesentlichen koaxial zu dem zylindrischen Abschnitt **861** des Überströmelements. Das Stoppelement **95** ist in der axialen Richtung des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements in der Nähe des Endes des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements auf der Seite gegenüber dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** positioniert.

[0368] Ein Innendurchmesser des Stoppelements **95** ist größer als ein Außendurchmesser des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils. Wenn der Überströmventil-Kontaktabschnitt **92** mit dem Überströmventilsitz **88** in Kontakt steht, befindet sich die Endoberfläche des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils, die dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** abgewandt angeordnet ist, innerhalb des Stoppelements **95**. Der Zwischenraum **Sq1**, der eine im Wesentlichen zylindrische Form aufweist, ist hierbei zwischen der inneren peripheren Wand des Stoppelements **95** und der äußeren peripheren Wand des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils ausgebildet. Entsprechend gleiten die innere periphere Wand des Stoppelements **95** und die äußere periphere Wand

des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils nicht aufeinander.

[0369] Wie in den **Fig. 43** und **Fig. 44** gezeigt wird, ist die Feder **79** in eine Spulenform ausgebildet, indem das Drahtbauteil **790** gewickelt wird, das aus Metall hergestellt ist. Die Feder **79** beinhaltet eine Federendoberfläche **791** und eine Federendoberfläche **792**. Die Federendoberfläche **791**, die eine flache Form aufweist, ist an dem einen axialen Ende der Feder **79** ausgebildet. Die Federendoberfläche **792**, die eine flache Form aufweist, ist an dem anderen axialen Ende der Feder **79** ausgebildet.

[0370] Die Feder **79** ist derart innerhalb des Abführventil-Gleitabschnitts **77** vorgesehen, dass die Federendoberfläche **791** mit der Bodenoberfläche der Zwischenaussparung **821** des Zwischenelements **81** in Kontakt kommt, und dass die Federendoberfläche **792** mit der Seitenendoberfläche des Abführventil-Gleitabschnitts **77** des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** des Abführventils **75** in Kontakt kommt. In diesem Zustand kann die Feder **79** das Abführventil **75** zu der Seite gegenüber dem Zwischenelement **81** vorspannen. Ein Drahtdurchmesser des Drahtelements **790** ist kleiner als ein Innendurchmesser des lateralen Loches **853** des Überströmsitzelements **85**.

[0371] Wie in den **Fig. 45** und **Fig. 46** gezeigt wird, ist die Feder **99** in eine Spulenform ausgebildet, indem das Drahtbauteil **990** gewickelt wird, das aus Metall hergestellt ist. Ein Drahtdurchmesser des Drahtelements **990** ist hierbei größer als ein Drahtdurchmesser des Drahtelements **790**. Die Feder **99** beinhaltet eine Federendoberfläche **991** und eine Federendoberfläche **992**. Die Federendoberfläche **991**, die eine flache Form aufweist, ist an dem einen axialen Ende der Feder **99** ausgebildet. Die Federendoberfläche **992**, die eine flache Form aufweist, ist an dem anderen axialen Ende der Feder **99** ausgebildet.

[0372] Die Feder **99** ist derart innerhalb des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements vorgesehen, dass die Federendoberfläche **991** mit der Endoberfläche des Überströmventil-Gleitabschnitts **93** in Kontakt kommt, die dem hervorstehenden Abschnitt **94** des Überströmventils zugewandt angeordnet ist, und dass die Federendoberfläche **992** mit der Endoberfläche des Stoppelements **95** in Kontakt kommt, die dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** zugewandt angeordnet ist. In diesem Zustand kann die Feder **99** das Überströmventil **91** hin zu dem Überströmelement-Bodenabschnitt **862** vorspannen. Die Vorspannkraft der Feder **99** kann gesteuert werden, indem die axiale Position des Stoppelements **95** in Hinblick auf den Abschnitt **807** der inneren peripheren Wand des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements gesteuert wird.

[0373] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet das Zwischenelement **81** fünf, d. h. eine ungerade Anzahl der ersten Durchlässe **83**, die in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung ausgebildet sind, wie vorstehend beschrieben. Das Überströmsitzelement **85** beinhaltet vier, d. h. eine gerade Anzahl der zweiten Durchlässe **89**, die in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung ausgebildet sind. Die Anzahl der ersten Durchlässe **83** und die Anzahl der zweiten Durchlässe **89** sind relativ prim. Diese Konfiguration kann Variationen hinsichtlich einer Überlappungsfläche der ersten Durchlässe **83** und der zweiten Durchlässe **89**, so wie diese in der axialen Richtung des Zwischenelements **81** betrachtet werden, bei irgendwelchen relativen Drehungen des Zwischenelements **81** und des Überströmsitzelements **85** um die Achse reduzieren. Diese Konfiguration reduziert daher Variationen hinsichtlich der Kraftstoffströmung in Übereinstimmung mit einer relativen Positionsbeziehung zwischen dem Zwischenelement **81** und dem Überströmsitzelement **85** in der Drehrichtung. Entsprechend kann eine Reduzierung von Variationen hinsichtlich der Abführmenge für jedes Produkt erzielt werden.

[0374] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet das Abführventil **75** den Abführventil-Kontaktabschnitt **76**, der dazu in der Lage ist, den Abführventilsitz **74** zu kontaktieren, und den Abführventil-Gleitabschnitt **77**, der zwischen dem Zwischenelement **81** und dem Abführventil-Kontaktabschnitt **76** ausgebildet ist und auf dem Zwischenelement **81** gleitbar ist bzw. gleiten kann. Ein Außendurchmesser des Abführventil-Gleitabschnitts **77** ist kleiner als ein Außendurchmesser des Abführventil-Kontaktabschnitts **76**.

[0375] In dem geöffneten Zustand des Abführventils **75** strömt der Kraftstoff in der Abführaussparung **721** hin zu dem Abführloch **73**, wenn das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch eine Verschiebung des Stößels **11** weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zunimmt. Die Kraftstoffströmung in diesem Zustand stößt mit dem äußeren Rand der Seitenoberfläche des Abführventil-Gleitabschnitts **77** des Abführventil-Kontaktabschnitts **76** zusammen. Entsprechend kann das Abführventil **75** rasch geschlossen werden.

[0376] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet das Abführsitzelement **71** den inneren Vorsprung **722** und den äußeren Vorsprung **723**. Der innere Vorsprung **722** steht ringförmig ausgehend von der Oberfläche des Abführelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervor und kontaktiert die Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** des oberen Gehäuses **21**, die den Abführdurchlass-Bildungsabschnitt bildet. Das Abführelement **71** befindet sich auf der radia-

len Außenseite des Abführlochs **73**. Der äußere Vorsprung **723** steht ringförmig ausgehend von der Oberfläche des Abführelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervor und kontaktiert die Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** des oberen Gehäuses **21**. Der äußere Vorsprung **723** befindet sich auf der radialen Außenseite des inneren Vorsprungs **722**.

[0377] Falls der innere Vorsprung **722** nicht ausgebildet ist, sondern nur der äußere Vorsprung **723** ausgebildet ist, wird zwischen der Endoberfläche des Abführelementkörpers **72**, die dem inneren Rand der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** ein Zwischenraum ausgebildet. In diesem Fall ist der innere Rand des Abführelementkörpers **72** derart geneigt angeordnet, dass dieser sich zu der Zeit eines Kontakts zwischen dem Abführventil **75** und dem Abführventilsitz **74** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** verformt. Im Ergebnis kann zwischen dem Abführsitzelement **71** und dem Abführventil **75** ein Rutschen hervorgerufen werden und Abrieb verursachen.

[0378] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der innere Vorsprung **722** allerdings radial innerhalb des äußeren Vorsprungs **723** ausgebildet. In diesem Fall kann eine Neigung des inneren Rands des Abführelementkörpers **72** mit einer Verformung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Zeit eines Kontakts zwischen dem Abführventil **75** und dem Abführventilsitz **74** reduziert werden. Entsprechend kann ein Abrieb zwischen dem Abführsitzelement **71** und dem Abführventil **75** reduziert werden.

[0379] Eine Verformung des Abführsitzelements **71** kann reduziert werden, indem der innere Vorsprung **722** an einer Position vorgesehen ist, die den Dichtungsabschnitt axial überlappt, der durch das Abführventil **75** hergestellt wird (vergleiche **Fig. 6**).

[0380] Das Ende des Abführelementkörpers **72**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, wird nicht mit der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** in Kontakt gebracht, sondern der innere Vorsprung **722** und der äußere Vorsprung **723** stehen mit der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** in Kontakt. Diese Konfiguration stellt einen ausreichenden Oberflächendruck des Abführsitzelements **71** für die Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** sicher.

[0381] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weisen das Abführsitzelement **71**, das Zwischenelement **81** und das Überströmsitzelement **85** den gleichen Härtegrad auf. Der Härtegrad des Zwischenelements **81** kann hierbei niedriger sein als der Härte-

grad des Abführsitzelements **71** und des Überströmsitzelements **85**. In diesem Fall verbessert sich die Dichtfähigkeit.

[0382] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet das Überströmventil **91** den Überströmventil-Kontaktabschnitt **92**, der dazu in der Lage ist, den Überströmventilsitz **88** zu kontaktieren, und den Überströmventil-Gleitabschnitt **93**, der auf der Seite des Überströmventil-Kontaktabschnitts **92** ausgebildet ist, die dem Zwischenelement **81** zugewandt angeordnet ist, und auf dem Überströmelementkörper **86** gleiten kann. Der Schwerpunkt des Überströmventils **91** ist an dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** eingestellt. In diesem Fall ist das Überströmventil **91** während eines Schleifens des Gleitabschnitts des Überströmventil-Gleitabschnitts **93**, der auf dem Überströmelementkörper **86** gleitet, nicht in einfacher Weise geneigt angeordnet. Entsprechend wird in einfacher Weise ein Schleifen durchgeführt. Zusätzlich wird eine Kraft auf einen Abschnitt angewendet, der den Schwerpunkt enthält, wenn der Schwerpunkt an dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** eingestellt ist, welcher ein Abschnitt ist, der auf dem Überströmelementkörper **86** gleitet. Entsprechend wird die Bewegung des Überströmventils **91** stabilisiert.

[0383] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist der Überströmelementkörper **86** eine zylindrische Form auf. Das Überströmsitzelement **85** beinhaltet das laterale Loch **853**, das durch den Überströmelementkörper **86** zwischen der inneren peripheren Wand und der äußeren peripheren Wand des Überströmelementkörpers **86** durchtritt. Die vorliegende Ausführungsform beinhaltet ferner die Feder **99**, die ein Überströmventil-Vorspannelement bildet. Die Feder **99** ist in eine Spulenform ausgebildet, indem das Drahtbauteil **990** gewickelt wird, ist innerhalb des Überströmelementkörpers **86** vorgesehen und spannt das Überströmventil **91** hin zu dem Überströmventilsitz **88** vor. Ein Drahtdurchmesser des Drahtelements **990** ist kleiner als ein Innendurchmesser des lateralen Loches **853**. Entsprechend kann eine Schließung des seitlichen Loches **853** durch das Drahtelement **990** der Feder **99** vermieden werden.

[0384] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist der Überströmelementkörper **86** eine zylindrische Form auf. Das Überströmventil **91** beinhaltet den Überströmventil-Kontaktabschnitt **92**, der dazu in der Lage ist, den Überströmventilsitz **88** zu kontaktieren, den Überströmventil-Gleitabschnitt **93**, der auf der Seite des Überströmventil-Kontaktabschnitts **92** ausgebildet ist, die dem Zwischenelement **81** zugewandt angeordnet ist und auf der inneren peripheren Wand des Überströmelementkörpers **86** gleiten kann, und den hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils, welcher ausgehend von dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** hin zu dem Zwischenelement **81** hervorsteht. Gemäß der vorliegen-

den Ausführungsform sind ferner die Feder **99** und das Stoppelement **95** vorgesehen, die ein Überströmventil-Vorspannelement bilden. Die Feder **99** ist innerhalb des Überströmelementkörpers **86** vorgesehen und spannt das Überströmventil **91** hin zu dem Überströmventilsitz **88** vor. Das Stoppelement **95** weist eine zylindrische Form auf und ist derart innerhalb des Überströmelementkörpers **86** vorgesehen, dass ein Teil des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils sich innerhalb befindet, um ein Ende der Feder **99** zu stoppen. Der Zwischenraum **Sq1**, der eine zylindrische Form aufweist, ist zwischen der äußeren peripheren Wand des hervorstehenden Abschnitts **94** des Überströmventils und der inneren peripheren Wand des Stoppelements **95** ausgebildet. Entsprechend wird ermöglicht, dass der Kraftstoff zwischen dem Stoppelement **95** und dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** über den Zwischenraum **Sq1** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** strömt, wenn sich das Überströmventil **91** öffnet und hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** bewegt. In diesem Fall wird eine Dämpferwirkung auf den Kraftstoff in dem Raum zwischen dem Stoppelement **95** und dem Überströmventil-Gleitabschnitt **93** angewendet und reduziert einen Widerstand gegen eine Bewegung des Überströmventils **91** in der Öffnungsrichtung.

[0385] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Zwischenelement **81** in dem Zustand eines Kontakts mit dem Überströmventil **91** dazu in der Lage, eine Bewegung des Überströmventils **91** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu regulieren. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Druck in dem Seitenraum der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Abfuhrdurchlasses **705** in Hinblick auf das Zwischenelement **81** höher als der Druck in dem Seitenraum des Überströmsitzelements **85** des Abfuhrdurchlasses **705** in Hinblick auf das Zwischenelement **81**, wenn der Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgeführt wird. In diesem Fall wird in der Richtung ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu dem Überströmsitzelement **85** ein Druck auf das Zwischenelement **81** angewendet. Im Ergebnis nimmt eine Belastung der Kontaktfläche des Zwischenelements **81**, die das Überströmventil **91** kontaktiert, zu. Entsprechend kann eine Bewegung des Zwischenelements **81** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** reduziert werden, selbst wenn das Überströmventil **91** mit dem Zwischenelement **81** in Kontakt kommt.

[0386] Wie vorstehend beschrieben (**C1**) beinhaltet die Hochdruckpumpe **10** der vorliegenden Ausführungsform den Zylinder **23**, der den Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt bildet, und das obere Gehäuse **21**, das Abführsitzelement **71**, das Zwischenelement **81**, das Überströmsitzelement **85**, das

Abführventil **75** und das Überströmventil **91**, das den Abfuhrdurchlass-Bildungsabschnitt bildet.

[0387] Der Zylinder **23** bildet die Druckbeaufschlagungskammer **200** aus, in welcher Kraftstoff beaufschlagt wird. Das obere Gehäuse **21** definiert den Abfuhrdurchlass **217**, durch welchen der Kraftstoff strömt, der aus der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgeführt wird. Das Abfuhrsitzelement **71** beinhaltet den Abfuhrrelementkörper **72**, der in dem Abfuhrdurchlass **217** angeordnet ist, das Abfuhrloch **73**, das durch das Abfuhrsitzelement **71** zwischen der Oberfläche des Abfuhrrelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Oberfläche des Abfuhrrelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durchtritt, und den Abfuhrventilsitz **74**, der auf der Oberfläche des Abfuhrrelementkörpers **72**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, um das Abfuhrloch **73** angeordnet ist.

[0388] Das Zwischenelement **81** beinhaltet den Zwischenelementkörper **82**, der auf der Seite des Abfuhrsitzelements **71** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet ist, und die ersten Durchlässe **83**, die durch den Zwischenelementkörper **82** zwischen der Oberfläche des Zwischenelementkörpers, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Oberfläche des Zwischenelementkörpers **82**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durchtreten. Das Überströmsitzelement **85** beinhaltet den Überströmelementkörper **86**, der auf der Seite des Zwischenelements **81** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet ist, das Überströmloch **87**, das durch den Überströmelementkörper **86** zwischen der Oberfläche des Überströmelementkörpers **86**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Oberfläche des Überströmelementkörpers **86**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durchtritt, den Überströmventilsitz **88**, der auf der Oberfläche des Überströmelementkörpers **86**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, um das Überströmloch **87** ausgebildet ist, und die zweiten Durchlässe **89**, die durch den Überströmelementkörper **86** zwischen der Oberfläche des Überströmelementkörpers **86**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und der Oberfläche des Überströmelementkörpers **86**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durchtreten.

[0389] Das Abfuhrventil **75** ist zwischen dem Zwischenelement **81** und dem Abfuhrsitzelement **71** angeordnet und dazu in der Lage, den Kraftstofffluss in das Abfuhrloch **73** zu ermöglichen, indem dieses zum Öffnen des Abfuhrlochs **73** von dem Abfuhrventilsitz **74** getrennt ist, und dazu, den Kraftstofffluss in das

Abfuhrloch **73** einzuschränken, indem dieses den Abfuhrventilsitz **74** zum Schließen des Abfuhrlochs **73** kontaktiert. Das Überströmventil **91** ist zwischen dem Zwischenelement **81** und dem Überströmsitzelement **85** angeordnet und dazu in der Lage, den Kraftstofffluss in das Überströmloch **87** zu ermöglichen, indem dieses zum Öffnen des Überströmlochs **87** von dem Überströmventilsitz **88** getrennt ist, und dazu, den Kraftstofffluss in das Überströmloch **87** einzuschränken, indem dieses den Überströmventilsitz **88** kontaktiert.

[0390] Zumindest entweder das Zwischenelement **81** oder das Überströmsitzelement **85** beinhalten die ringförmige Aussparung **800**, welche bei gegenüberliegenden Oberflächen des Zwischenelementkörpers **82** und des Überströmelementkörpers **86** eine ringförmige Form aufweisen, und verbindet die ersten Durchlässe **83** und die zweiten Durchlässe **89** fluidmäßig. In diesem Fall stehen die ersten Durchlässe **83** und die zweiten Durchlässe **89** bei beliebigen Drehungen des Zwischenelements **81** und des Überströmsitzelements **85** um die Achse über die ringförmige Aussparung **800** miteinander in Verbindung. Entsprechend kann ungeachtet der relativen Positionen des Zwischenelements **81** und des Überströmsitzelements **85** ein Strömungspfad für Kraftstoff sichergestellt werden, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Maschine **1** abgeführt wird.

[0391] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Abfuhrventil **75** in der Nähe der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet, während das Überströmventil **91** auf der Seite des Abfuhrventils **75** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet ist. Diese Konfiguration kann ein Totvolumen reduzieren, welches mit der Druckbeaufschlagungskammer **200** in Verbindung steht und während einer Druckbeaufschlagung zu einem Hochdruckraum wird. Entsprechend kann eine Abfuhr aus der Hochdruckpumpe **10** erzielt werden.

[0392] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform können das Abfuhrventil **75** und das Überströmventil **91** koaxial angeordnet sein und in einem vorgegebenen Bereich integral vorgesehen sein. Entsprechend kann diese Konfiguration den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** verkleinern, welcher ein Teil ist, welches das Abfuhrventil **75** und das Überströmventil **91** beinhaltet, und kann daher die Größe der Hochdruckpumpe **10** reduzieren.

[0393] (C2) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die ersten Durchlässe **83** in der Umfangsrichtung in dem Zwischenelementkörper **82** ausgebildet. Die zweiten Durchlässe **89** sind in der Umfangsrichtung in dem Überströmelementkörper **86** ausgebildet. Entsprechend kann eine ausreichende Strömungsrate von Kraftstoff sichergestellt werden, der

ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Maschine **1** abgeführt wird.

[0394] Wenn die ersten Durchlässe **83** und die zweiten Durchlässe **89** ausgebildet sind, kann eine Überlappungsfläche der ersten Durchlässe **83** und der zweiten Durchlässe **89** abhängig von den relativen Positionen des Zwischenelements **81** und des Überströmsitzelements **85** extrem klein werden, so wie diese in der axialen Richtung des Zwischenelements **81** betrachtet wird. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die ringförmige Aussparung **800**, welche die ersten Durchlässe **83** und die zweiten Durchlässe **89** verbindet, allerdings in dem Zwischenelement **81** ausgebildet. Entsprechend kann ungeachtet der relativen Positionen des Zwischenelements **81** und des Überströmsitzelements **85** eine ausreichende Strömungsrate von Kraftstoff sichergestellt werden, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Maschine **1** abgeführt wird.

[0395] (C3) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich die Anzahl an ersten Durchlässen **83** von der Anzahl an zweiten Durchlässen **89**. Entsprechend kann ein Abweichungswinkel zwischen dem Mittelpunkt jedes der ersten Durchlässe **83** und dem Mittelpunkt jedes der zweiten Durchlässe **89** reduziert werden.

[0396] (C4) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Anzahl der ersten Durchlässe **83** größer als die Anzahl der zweiten Durchlässe **89**. Die ringförmige Aussparung **800** ist in dem Zwischenelementkörper **82** ausgebildet. Genauer gesagt ist die ringförmige Aussparung **800** in dem Zwischenelement **81** ausgebildet, welches das Element ist, das die größere Anzahl an Strömungspfaden in dem Zwischenelement **81** und dem Überströmsitzelement **85** aufweist.

[0397] Allgemein weist eine Spitze eines Zahnwerkzeugs, welches durch Schneiden eines Teils eine Aussparung ausbildet, eine abgerundete Ecke auf. Entsprechend weist eine Ecke der Aussparung in dem Teil eine runde Form auf, wenn eine Aussparung in einem Teil ausgebildet wird, indem diese mit einem Zahnwerkzeug geschnitten bzw. gespannt wird. Wenn die ersten Durchlässe **83** eine runde Ecke der ringförmigen Aussparung **800** schneiden, sind an den Kreuzungsabschnitten scharfe Ecken ausgebildet. In diesem Fall konzentriert sich eine Belastung auf diese Ecken. Entsprechend ist es zum Sicherstellen der Festigkeit notwendig, die Strömungspfadfläche der ersten Durchlässe **83** zu reduzieren, um eine Schnittlinie der ersten Durchlässe **83** und der runden Ecken der ringförmigen Aussparung **800** zu verhindern. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Anzahl der ersten Durchlässe **83** größer als die Anzahl der zweiten Durchlässe **89**, um selbst bei einer Reduzierung der Strömungspfadfläche der ersten Durchlässe **83** eine ausreichende Strömungsrate von Kraft-

stoff, der in den ersten Durchlässen **83** strömt, sicherzustellen.

[0398] (C5) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Anzahl der ersten Durchlässe **83** und die Anzahl der zweiten Durchlässe **89** relativ prim. Diese Konfiguration kann Variationen hinsichtlich einer Überlappungsfläche der ersten Durchlässe **83** und der zweiten Durchlässe **89**, so wie diese in der axialen Richtung des Zwischenelements **81** betrachtet werden, bei irgendwelchen relativen Drehungen des Zwischenelements **81** und des Überströmsitzelements **85** um die Achse reduzieren. Diese Konfiguration reduziert daher Variationen hinsichtlich der Kraftstoffströmung in Übereinstimmung mit einer relativen Positionsbeziehung zwischen dem Zwischenelement **81** und dem Überströmsitzelement **85** in der Drehrichtung. Entsprechend kann eine Reduzierung von Variationen hinsichtlich der Abfuhrmenge für jedes Produkt erzielt werden.

[0399] (C6) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Anzahl der ersten Durchlässe **83** größer als die Anzahl der zweiten Durchlässe **89**. Die Länge jedes der ersten Durchlässe **83** ist kleiner als die Länge jedes der zweiten Durchlässe **89**. Die Anzahl der ersten Durchlässe **83** ist größer als die Anzahl der zweiten Durchlässe **89**. Entsprechend kann eine ausreichende Strömungsrate sichergestellt werden, selbst wenn die Strömungspfadfläche durch den einen ersten Durchlass **83** reduziert ist. Zum Beispiel dann, wenn die Strömungspfadfläche jedes der ersten Durchlässe **83** reduziert ist, nimmt der Durchmesser der Löcher ab, welche die ersten Durchlässe **83** ausbilden. In diesem Fall kann die Verarbeitung schwierig werden. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Länge jedes der ersten Durchlässe **83** allerdings kleiner als die Länge jedes der zweiten Durchlässe **89**. Entsprechend kann eine Verarbeitung des ersten Durchlasses **83** in einfacher Weise erzielt werden, selbst wenn die Strömungspfadfläche jedes der ersten Durchlässe **83** reduziert ist.

[0400] (C7) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ferner der Abfuhranschluss **70** angeordnet. Der Abfuhranschluss **70** weist eine zylindrische Form auf und haust das Abfuhrsitzelement **71**, das Zwischenelement **81**, das Überströmsitzelement **85**, das Abfuhrventil **75** und das Überströmventil **91** innerhalb ein. Zusätzlich ist die äußere periphere Wand des Abfuhranschlusses **70** an das obere Gehäuse **21** gekoppelt. In diesem Fall können der Abfuhranschluss **70**, das Abfuhrsitzelement **71**, das Zwischenelement **81**, das Überströmsitzelement **85**, das Abfuhrventil **75** und das Überströmventil **91** im Voraus in einen Körper zusammengebaut werden, um eine Unterbaugruppe zu bilden. Entsprechend kann die gesamte Hochdruckpumpe **10** in einfacher Weise zusammengebaut werden, weshalb eine Herstellung der Hochdruckpumpe **10** erleichtert werden kann.

Zweite Ausführungsform

[0401] <A-2> Die Fig. 47 und Fig. 48 zeigen einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer zweiten Ausführungsform. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements 40 von der ersten Ausführungsform.

[0402] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Grenzlinie B1 zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts 42 radial außerhalb der ersten Region T1 des Ventilkörpers 41 und dem äußeren Rand des Ventilkörpers 41 in einem Bereich zwischen der Gerade LC11, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers 41 erstreckt und durch den Mittelpunkt des Endverbindungslochs 441 der ersten Region T1 durchtritt, und der Gerade LC11, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers 41 erstreckt und durch den Mittelpunkt des Verbindungslochs 443 in der ersten Region T1 durchtritt, ausgebildet.

[0403] Die Grenzlinie B1 zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts 42 radial außerhalb der zweiten Region T2 des Ventilkörpers 41 und dem äußeren Rand des Ventilkörpers 41 und die Grenzlinie B1 zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts 42 radial außerhalb der dritten Region T3 des Ventilkörpers 41 und dem äußeren Rand des Ventilkörpers 41 werden ähnlich wie die vorstehende Grenzlinie B1 ausgebildet.

[0404] Entsprechend (A4) ist bei der vorliegenden Ausführungsform die Grenzlinie B1 mit anderen Worten zwischen dem inneren Rand des einen verjüngten Abschnitts 42, der sandwichartig zwischen den zwei Führungsabschnitten 43 eingefügt ist, und dem äußeren Rand des Ventilkörpers 41 in einem Bereich zwischen den zwei Geraden LC11, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers 41 erstrecken und durch die Mittelpunkte der Endverbindungslocher (441, 443) durchtreten, welche Verbindungslocher 44 an beiden Enden der Verbindungslocher 44 sind, die dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts 42 zugewandt angeordnet sind, ausgebildet. In diesem Fall kann der Abstand zwischen beiden Enden jeder der Grenzlinien B1 und den Verbindungslochern 44 reduziert werden, während die Länge jeder der Grenzlinien B1 sichergestellt wird. Entsprechend stellen Abschnitte in der Nähe beider Enden jeder der Grenzlinien B1 keinen Widerstand für eine Kraftstoffströmung her.

Dritte Ausführungsform

[0405] <A-3> Die Fig. 49 und Fig. 50 zeigen einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer dritten Ausführungsform. Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements 40 von der zweiten Ausführungsform.

[0406] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet der Führungsabschnitt 43, durch welchen die Gerade L11 zwischen der ersten Region T1 und der zweiten Region T2 durchtritt, den Gleitabschnitt 430, welcher ein Abschnitt ist, der auf der inneren peripheren Wand der Stopperausparung 351 des Stoppers 35 gleitet, die den Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt bildet. Der Gleitabschnitt 430 ist zwischen einer Berührungslinie LT21, welche eine Berührungslinie auf der Seite des Verbindungslochs 441 in der zweiten Region T2 ist, von zwei Berührungslinien, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers 41 erstrecken und durch den äußeren Rand des Verbindungslochs 443 in der ersten Region T1 durchtreten, und einer Berührungslinie LT21, welche eine Berührungslinie auf der Seite des Verbindungslochs 443 in der ersten Region T1 ist, von den zwei Berührungslinien, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers 41 erstrecken und durch den äußeren Rand des Verbindungslochs 441 in der zweiten Region T2 durchtreten, ausgebildet.

[0407] Der Führungsabschnitt 43, durch welchen die Gerade L11 zwischen der zweiten Region T2 und der dritten Region T3 durchtritt, und der Führungsabschnitt 43, durch welchen die Gerade L11 zwischen der dritten Region T3 und der ersten Region T1 durchtritt, sind ähnlich dem vorstehenden Führungsabschnitt 43 ausgebildet.

[0408] (A5) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist der Führungsabschnitt 43 den Gleitabschnitt 430 auf, welcher ein Abschnitt ist, der auf der Stopperausparung 351 des Stoppers 35 gleitet. Der Gleitabschnitt 43 ist in dem Bereich zwischen den zwei Tangentiallinien LT21 ausgebildet, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers 41 erstrecken und durch die zwei Ränder durchtreten, die den zwei Verbindungslochern 44 zugewandt angeordnet sind, die zueinander benachbart angeordnet sind. In diesem Fall kann die Größe des Gleitabschnitts 430 des Führungsabschnitts 43 in Übereinstimmung mit dem Abstand zwischen den benachbarten Verbindungslochern 44 bestimmt werden. Entsprechend stört der Gleitabschnitt 430 eine Kraftstoffströmung nicht.

Vierte Ausführungsform

[0409] <A-4> Die Fig. 51 und Fig. 52 zeigen einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer vierten Ausführungsform. Die vierte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements 40 von der ersten Ausführungsform.

[0410] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die vier Führungsabschnitte 43 in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Ventilkörpers 41 ausgebildet, um die vier verjüngten Abschnitte 42 in der Umfangsrichtung zu teilen. Die acht Verbindungs-

löcher **44** sind in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung des Ventilkörpers **41** ausgebildet. Die Verbindungslöcher **44** werden auf einem virtuellen Kreis **VC1** angeordnet, der an der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** zentriert ist (vergleiche die **Fig. 51** und **Fig. 52**). Wie in **Fig. 51** gezeigt wird, ist die Grenzlinie **B1** zwischen den inneren Rändern der vier verjüngten Abschnitte **42** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** entlang des konzentrischen Kreises **CC1**, der dem virtuellen Kreis **VC1** entspricht, ausgebildet.

[0411] Wie in **Fig. 51** gezeigt wird, sind die zwei Verbindungslöcher **44** in sowohl der ersten Region **T1**, der zweiten Region **T2**, der dritten Region **T3** als auch einer vierten Region **T4** in dem Ventilkörper **41** beinhaltet und durch die vier Geraden **L11**, die jeweils in dem Ventilkörper **41** beinhaltet sind, sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers **41** erstrecken und durch den Mittelpunkt des Führungsabschnitts **43** durchtreten, definiert.

[0412] Unter der Annahme, dass die Anzahl h der Verbindungslöcher **44** 8 beträgt, und dass die Anzahl g der Führungsabschnitte **43** 4 beträgt, wird die Anzahl der Verbindungslöcher **44**, die einem inneren Rand eines der Mehrzahl von verjüngten Abschnitten **42** zugewandt angeordnet sind, die durch die Führungsabschnitte **43** getrennt sind, als $h/g = 8/4 = 2$ berechnet.

[0413] Unter der Annahme, dass die zwei Verbindungslöcher **44**, die in sowohl der ersten Region **T1**, der zweiten Region **T2**, der dritten Region **T3** als auch der vierten Region **T4** ausgebildet sind, das Verbindungsloch **441** und das Verbindungsloch **442** sind, die in dieser Reihenfolge in der Umfangsrichtung des virtuellen Kreises **VC1** angeordnet sind, befindet sich die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** auf der radialen Außenseite der ersten Region **T1** des Ventilkörpers **41** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** in einem Bereich zwischen einer Berührungslinie **LT31**, welche bei zwei Berührungslinien, die durch den äußeren Rand des Verbindungslochs **441** in der ersten Region **T1** und den äußeren Rand des Verbindungslochs **442** durchtreten, die in der zweiten Region **T2** beinhaltet sind und an einer Position ausgebildet sind, die in Hinblick auf die Gerade **L11** zwischen der ersten Region **T1** und der zweiten Region **T2** liniensymmetrisch zu dem Verbindungsloch **441** in der ersten Region **T1** ist, eine Berührungslinie auf der Seite gegenüber der dritten Region **T3** und der vierten Region **T4** ist, und einer Berührungslinie **LT31**, welche bei zwei Berührungslinien, die durch den äußeren Rand des Verbindungslochs **442** in der ersten Region **T1** und den äußeren Rand des Verbindungslochs **441** durchtreten, die in der vierten Region **T4** beinhaltet sind und an einer Position ausgebildet sind, die in Hinblick auf eine Gerade **L11**, die zwischen der ersten Region **T1** und der vierten Region **T4** ausgebildet ist, liniensym-

metrisch zu dem Verbindungsloch **442** in der ersten Region **T1** ist, eine Berührungslinie auf der Seite gegenüber der zweiten Region **T2** und der dritten Region **T3** ist.

[0414] Die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** radial außerhalb der zweiten Region **T2** des Ventilkörpers **41** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41**, die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** radial außerhalb der dritten Region **T3** des Ventilkörpers **41** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41**, und die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des verjüngten Abschnitts **42** radial außerhalb der vierten Region **T4** des Ventilkörpers **41** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** werden ähnlich wie die vorstehende Grenzlinie **B1** ausgebildet.

[0415] (A3) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand des einen sich verjüngenden Abschnitts **42**, der sandwichartig zwischen den zwei Führungsabschnitten **43** eingefügt ist, und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** in einem Bereich zwischen den zwei Berührungslinien **LT31**, die durch die äußeren Ränder der Endverbindungslöcher **44** (**441**, **442**), welche die Verbindungslöcher an beiden Enden der Verbindungslöcher **44** sind, die dem inneren Rand von einem verjüngten Abschnitt **42** zugewandt angeordnet sind, und die äußeren Ränder der Verbindungslöcher **44** (**442**, **441**), die in Hinblick auf eine Gerade **L11**, die sich ausgehend von dem Mittelpunkt des Ventilkörpers **41** erstreckt und durch den Mittelpunkt des Führungsabschnitts **43** durchtritt, an Positionen ausgebildet sind, die liniensymmetrisch zu den Endverbindungslöchern (**441**, **442**) sind, durchtreten, ausgebildet. In diesem Fall kann der Abstand zwischen beiden Enden jeder der Grenzlinien **B1** und den Verbindungslöchern **44** reduziert werden, während die Länge jeder der Grenzlinien **B1** sichergestellt wird. Entsprechend stellen Abschnitte in der Nähe beider Enden jeder der Grenzlinien **B1** keinen Widerstand für eine Kraftstoffströmung her.

[0416] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die vier Führungsabschnitte **43** in der Umfangsrichtung auf dem Ventilelement **40** ausgebildet. Diese Konfiguration reduziert eine Exzentrizität stärker als die der ersten Ausführungsform, die drei Führungsabschnitte **43** beinhaltet, und bietet einen vorteilhaften Effekt, dass eine Neigung des Ventilelements **40** reduziert wird.

Fünfte Ausführungsform

[0417] <A-5> **Fig. 53** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer fünften Ausführungsform. Die fünfte Ausführungsform unterscheidet sich hin-

sichtlich der Konfiguration des Abführdurchlassabschnitts **700** von der ersten Ausführungsform.

[0418] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet der Abführdurchlassabschnitt **700** anstelle des Abführsitzelements **71**, des Zwischenelements **81**, des Abführventils **75** und der Feder **79** das Sitzelement **31**, den Stopper **35**, das Ventilelement **40** und die Feder **39**.

[0419] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Endoberfläche des Abführanschlusses **70**, welche der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, auf der Seite der Endoberfläche des Abführanschlusses **70**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** bei der ersten Ausführungsform angeordnet. Mit anderen Worten ist die axiale Länge des Abführanschlusses **70** der vorliegenden Ausführungsform kleiner als die axiale Länge des Abführdurchlassabschnitts **700** der ersten Ausführungsform.

[0420] Das Sitzelement **31** ist derart in dem Abführdurchlass **217** vorgesehen, dass eine Oberfläche des Sitzelements **31** die Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214** kontaktiert. Das Sitzelement **31** beinhaltet hierbei eine Sitzelementaussparung **312**. Die Sitzelementaussparung **312** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die ausgehend von der Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** ausgespart ist. Die Sitzelementaussparung **312** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Sitzelement **31**. Der Kommunikationspfad **32** und die Kommunikationspfade **33** treten zwischen einer Bodenoberfläche der Sitzelementaussparung **312** und der Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durch das Sitzelement **31**, das von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, durch.

[0421] Die Konfiguration des Stoppers **35** des Abführdurchlassabschnitts **700** ähnelt der Konfiguration des Stoppers **35** der Ansaugventileinheit **300**. Der Stopper **35** ist auf der Seite des Sitzelements **31** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** vorgesehen. Die Oberfläche des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser, die von dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, steht hierbei mit dem äußeren Rand der Oberfläche des Sitzelements **31** in Kontakt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Der Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser befindet sich innerhalb des Endes des Abführanschlusses **70**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist. Die Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36** mit kleinem Durchmesser und dem Stop-

perabschnitt **37** mit großem Durchmesser ist der Endoberfläche des Abführanschlusses **70**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, zugewandt angeordnet. Der äußere Rand der Oberfläche des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser, die von dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser abgewandt angeordnet ist, steht mit der Endoberfläche des zylindrischen Abschnitts **861** des Überströmelements in Kontakt, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist.

[0422] Die Stufenoberfläche **701** des Abführanschlusses **70** spannt hierbei das Überströmsitzelement **85**, den Stopper **35** und das Sitzelement **31** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** vor. Entsprechend stehen das Überströmsitzelement **85**, der Stopper **35** und das Sitzelement **31** miteinander in Kontakt, um eine axiale Bewegung zu regulieren. Die Oberfläche des Sitzelements **31**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, wird gegen die Stufenoberfläche zwischen dem Abführlochabschnitt **214** und dem Abführlochabschnitt **215**, d. h. die Peripherie des Abführlochabschnitts **215** in der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214**, gedrückt. In diesem Fall wirkt eine axiale Kraft in der Richtung ausgehend von dem Sitzelement **31** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die Peripherie des Abführlochabschnitts **215** in der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214**. Entsprechend kann unter Verwendung von lediglich einer einfachen Struktur eine Dichtung unter einem hohen Druck bzw. Hochdruck erreicht werden.

[0423] Der Stopper **35** ist derart vorgesehen, dass die Verbindungslöcher **38** und die zweiten Durchlässe **89** des Überströmsitzelements **85** miteinander in Verbindung stehen. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Druckbeaufschlagungskammer **200** dazu in der Lage, über das Abführloch **233**, den Abführlochabschnitt **215**, die Sitzelementaussparung **312**, den Kommunikationspfad **32**, die Kommunikationspfade **33**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352**, die Verbindungslöcher **38** und die zweiten Durchlässe **89** mit dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** in Verbindung zu stehen.

[0424] Die Konfigurationen des Ventilelements **40** und der Feder **39** des Abführdurchlassabschnitts **700** ähneln den Konfigurationen des Ventilelements **40** und der Feder **39** der Ansaugventileinheit **300**. Das Ventilelement **40** ist ähnlich wie bei dem Ventilelement **40** der Ansaugventileinheit **300** innerhalb der Stopperaussparung **351** vorgesehen. Die Feder **39** ist ähnlich der Feder **39** der Ansaugventileinheit **300** ebenfalls radial außerhalb des Stoppervorsprungs **353** vorgesehen.

[0425] Wenn ein Kraftstoffdruck in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf einen vorgegebenen Wert oder höher steigt, bewegt sich das Ventilelement **40** hin zu dem Hochdruckkraftstoffrohr **8**, während dieses der Vorspannkraft der Feder **39** standhält. Im Ergebnis ist das Ventilelement **40** von den Ventilsitzen **310** getrennt und ist geöffnet. Entsprechend wird der Kraftstoff zwischen der Druckbeaufschlagungskammer **200** und dem Sitzelement **31** über die Sitzelementaussparung **312**, den Kommunikationspfad **32**, die Kommunikationspfade **33**, die Ventilsitze **310**, die Stopperaussparung **351**, die Stopperaussparung **352**, die Verbindungslöcher **38** und die zweiten Durchlässe **89** hin zu dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** abgeführt.

[0426] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der Zylinder **23**, der den Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt bildet, sowie das obere Gehäuse **21**, das Sitzelement **31** und das Ventilelement **40**, das den Abfuhrdurchlass-Bildungsabschnitt bildet, vorgesehen, wie vorstehend beschrieben. Der Zylinder **23** definiert die Druckbeaufschlagungskammer **200**, in welcher Kraftstoff beaufschlagt wird. Das obere Gehäuse **21** definiert den Abfuhrdurchlass **217**, durch welchen der Kraftstoff strömt, der aus der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgeführt wird.

[0427] Das Sitzelement **31** ist in dem Abfuhrdurchlass **217** angeordnet und beinhaltet den Kommunikationspfad **32** und die Kommunikationspfade **33**, die zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements **31** durch das Sitzelement **31** durchtreten. Das Ventilelement **40**, das auf der Seite des Sitzelements **31** gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** angeordnet ist, öffnet sich zu der Zeit einer Trennung von dem Sitzelement **31**, um den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** zu ermöglichen, und schließt sich zu der Zeit eines Kontakts mit dem Sitzelement **31**, um den Kraftstofffluss in dem Kommunikationspfad **32** und den Kommunikationspfaden **33** einzuschränken.

[0428] Das Ventilelement **40** das Folgende beinhaltet den Ventilkörper **41**, der eine Plattenform aufweist und dazu in der Lage ist, von dem Sitzelement **31** getrennt zu sein oder das Sitzelement **31** zu kontaktieren, die Verbindungslöcher **44**, die zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Ventilkörpers **41** durch den Ventilkörper **41** durchtreten, den verjüngten Abschnitt **42**, der radial außerhalb des Ventilkörpers **41** vorgesehen ist und eine verjüngte Oberfläche aufweist, welche derart ausgebildet ist, dass die Oberfläche des verjüngten Abschnitts **42**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, sich in einer Richtung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** verjüngt, und

die Führungsabschnitte **43**, die ausgehend von dem Ventilkörper **41** radial nach außen hervorstehen, um die sich verjüngenden Abschnitte **42** in der Umfangsrichtung zu teilen, und sind dazu in der Lage, die Bewegung des Ventilelements **40** durch Gleiten auf den Stopperaussparungen **351** des Stoppers **35** zu führen. Die Verbindungslöcher **44** werden auf dem virtuellen Kreis **VC1** angeordnet, der an der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** zentriert ist.

[0429] Die Grenzlinie **B1** zwischen dem inneren Rand der sich verjüngenden Abschnitte **42** und dem äußeren Rand des Ventilkörpers **41** ist entlang des konzentrischen Kreises **CC1**, der dem virtuellen Kreis **VC1** entspricht, ausgebildet. Diese Konfiguration reduziert den Abstand zwischen beiden Enden jeder der Grenzlinien **B1** und den Verbindungslöchern **44**. In diesem Fall stellen Abschnitte in der Nähe beider Enden jeder der Grenzlinien **B1** keinen Widerstand für einen Kraftstoff her, der auf der Oberfläche des Ventilelements **40** strömt. Entsprechend kann eine ausreichende Strömungsrate von Kraftstoff sichergestellt werden, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgeführt wird. Überdies verbessert sich eine Ventilschließ-Ansprechempfindlichkeit durch eine Reduzierung des Hubbetrags des Ventilelements **40**. Entsprechend nimmt eine Rückströmungsrate ab, weshalb eine ausreichende Abfuhrmenge der Hochdruckpumpe **10** sichergestellt werden kann.

[0430] Daher wird bei der vorliegenden Ausführungsform ein Beispiel dargestellt, welches das Ventilelement **40** mit einer Mehrzahl von Sitzen bzw. Mehrsitzventilelement als das Abfuhrventil in dem Abfuhrdurchlass **217** übernimmt.

Sechste Ausführungsform

[0431] <A-6> **Fig. 54** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer sechsten Ausführungsform. Die sechste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements **40** von der ersten Ausführungsform.

[0432] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Ventilelement **40** derart ausgebildet, dass die eine Oberfläche **401** in der axialen Richtung, d. h. die Seitenoberfläche des Sitzelements **31**, und die andere Oberfläche **402**, d.h. die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200**, in einem Querschnitt gekrümmt sind, der entlang der virtuellen Ebene **VP1** vorgenommen ist, welche die Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** beinhaltet. Die eine Oberfläche **401** und die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** sind so ausgebildet, um hin zu dem Sitzelement **31** hervorzustehen. Mit anderen Worten ist das Ventilelement **40** so ausgebildet, um sich bei Nähe zu der radialen Außenseite ausgehend von dem Mittelpunkt

hin zu der Seite der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu krümmen.

[0433] Gemäß dem Ventilelement **40** ist sowohl ein Krümmungsbetrag **QC1** der einen Oberfläche **401** in der axialen Richtung als auch ein Krümmungsbetrag **QC2** der anderen Oberfläche **402** auf einen Wert eingestellt, der kleiner ist als ein minimaler Wert **DL1** des Abstands zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31**, wenn sich das Ventilelement **40** von dem Sitzelement **31** trennt. Der minimale Wert **DL1** ist äquivalent zu dem Abstand zwischen der einen Oberfläche **401** des Ventilelements **40** und der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31** auf der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41**, wenn die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** mit dem Stoppvorsprung **353** in Kontakt steht (vergleiche **Fig. 54**). Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der Krümmungsbetrag **QC1** und der Krümmungsbetrag **QC2** ausgeglichen.

[0434] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bewegt sich die Nadel **53** zu der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, wenn die Spule **60** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in einem Zustand eines Grads hinsichtlich des Volumens der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch eine Verschiebung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erregt wird. In diesem Fall bewegt sich das Ventilelement **40** in der Schließrichtung. Zu dieser Zeit wird ein Druck des Kraftstoffs in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** angewendet. Entsprechend wird der äußere Rand des Ventilelements **40** hin zu dem Sitzelement **31** verformt, weshalb die eine Oberfläche **401** in engen Kontakt mit der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, d. h. einer Mehrzahl von Ventilsitzen **310** kommt, wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 54** gezeigt wird. Im Ergebnis ist das Ventilelement **40** geschlossen.

[0435] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die eine Oberfläche **401** des Ventilelements **40** gekrümmt und steht hin zu dem Sitzelement **31** hervor, wie vorstehend beschrieben. In diesem Fall ist unter der Annahme, dass der minimale Wert **DL1** ein Hubbetrag **QL1** des Ventilelements **40** ist, ein ersichtlicher Hubbetrag des Ventilelements **40** um einen Krümmungsbetrag **QC1** an dem äußeren Rand des Ventilelements **40** größer als der Hubbetrag **QL1**. Entsprechend verbessern sich eine Ansaugmenge von Kraftstoff in die Kraftstoffkammer **200**, eine Rückführmenge von Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Kraftstoffkammer **260** und eine Selbstschließgrenze des Ventilelements **40**.

[0436] Wie vorstehend beschrieben ist (A6) gemäß der vorliegenden Ausführungsform das Ventilelement

40 derart ausgebildet, dass die eine Oberfläche **401**, welche die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** ist, in einem Querschnitt gekrümmt, der entlang der virtuellen Ebene **VP1** vorgenommen ist, welche die Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** beinhaltet. In diesem Fall nimmt der ersichtliche Hubbetrag des Ventilelements **40** in einem Teil des Ventilelements **40** um den Krümmungsbetrag der einen Oberfläche **401** zu. Entsprechend verbessern sich eine Ansaugmenge von Kraftstoff in die Kraftstoffkammer **200**, eine Rückführmenge von Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Kraftstoffkammer **260** und eine Selbstschließgrenze des Ventilelements **40**. Entsprechend kann der Hubbetrag des Ventilelements **40** zum Sicherstellen der gleichen Performance reduziert werden, weshalb eine Reduzierung eines Leistungsverbrauchs der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und eine Reduzierung von **NV** erzielt werden können.

[0437] (A7) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Ventilelement **40** derart ausgebildet, dass der Krümmungsbetrag **QC1** der einen Oberfläche **401**, welche die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** ist, auf einen Wert eingestellt ist, der kleiner ist als der minimale Wert **DL1** des Abstands zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31**, wenn sich das Ventilelement **40** von dem Sitzelement **31** trennt.

[0438] (A8) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Ventilelement **40** derart ausgebildet, dass die eine Oberfläche **401**, welche die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** ist, hin zu dem Sitzelement **31** hervorsteht. Die vorliegende Ausführungsform zeigt ein Beispiel einer spezifischen Konfiguration des Ventilelements **40**.

Siebte Ausführungsform

[0439] <A-7> **Fig. 55** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer siebten Ausführungsform. Die siebte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements **40** von der ersten Ausführungsform.

[0440] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Ventilelement **40** derart ausgebildet, dass die eine Oberfläche **401** in der axialen Richtung, d. h. die Seitenoberfläche des Sitzelements **31**, und die andere Oberfläche **402**, d.h. die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200**, in einem Querschnitt gekrümmt sind, der entlang der virtuellen Ebene **VP1** vorgenommen ist, welche die Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** beinhaltet. Die eine Oberfläche **401** und die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** sind so ausgebildet, um hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervorzustehen. Mit anderen Worten ist das Ventilelement **40** so ausgebildet, um sich bei Nähe zu der radialen Außenseite ausge-

hend von dem Mittelpunkt hin zu dem Sitzelement **31** zu krümmen.

[0441] Gemäß dem Ventilelement **40** ist sowohl ein Krümmungsbetrag **QC1** der einen Oberfläche **401** in der axialen Richtung als auch ein Krümmungsbetrag **QC2** der anderen Oberfläche **402** auf einen Wert eingestellt, der kleiner ist als ein minimaler Wert **DL1** des Abstands zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31**, wenn sich das Ventilelement **40** von dem Sitzelement **31** trennt. Der minimale Wert **DL1** ist äquivalent zu dem Abstand zwischen dem äußeren Rand der einen Oberfläche **401** des Ventilelements **40** und der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, wenn die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** mit dem Stoppvorsprung **353** in Kontakt steht (vergleiche **Fig. 55**). Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der Krümmungsbetrag **QC1** und der Krümmungsbetrag **QC2** ausgeglichen.

[0442] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bewegt sich die Nadel **53** zu der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, wenn die Spule **60** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in einem Zustand eines Grads hinsichtlich des Volumens der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch eine Verschiebung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erregt wird. In diesem Fall bewegt sich das Ventilelement **40** in der Schließrichtung. Zu dieser Zeit wird ein Druck des Kraftstoffs in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** angewendet. Entsprechend wird ein Mittelabschnitt des Ventilelements **40** hin zu dem Sitzelement **31** verformt, weshalb die eine Oberfläche **401** in engen Kontakt mit der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, d. h. einer Mehrzahl von Ventilsitzen **310** kommt, wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 55** gezeigt wird. Im Ergebnis ist das Ventilelement **40** geschlossen.

[0443] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die eine Oberfläche **401** des Ventilelements **40** gekrümmt und steht hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervor, wie vorstehend beschrieben. In diesem Fall ist unter der Annahme, dass der minimale Wert **DL1** der Hubbetrag **QL1** des Ventilelements **40** ist, ein ersichtlicher Hubbetrag des Ventilelements **40** um den Krümmungsbetrag **QC1** an dem Mittelabschnitt des Ventilelements **40** größer als der Hubbetrag **QL1**. Entsprechend verbessern sich eine Ansaugmenge von Kraftstoff in die Kraftstoffkammer **200**, eine Rückführmenge von Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Kraftstoffkammer **260** und eine Selbstschließgrenze des Ventilelements **40**.

Achte Ausführungsform

[0444] <A-8> **Fig. 56** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer achten Ausführungsform. Die achte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements **40** von der sechsten Ausführungsform.

[0445] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist die andere Oberfläche **402**, welche die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Ventilelements **40** ist, eine flache Form auf. Entsprechend ist der Krümmungsbetrag der anderen Oberfläche **402** null.

[0446] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bewegt sich die Nadel **53** zu der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, wenn die Spule **60** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in einem Zustand eines Grads hinsichtlich des Volumens der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch eine Verschiebung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erregt wird. In diesem Fall bewegt sich das Ventilelement **40** in der Schließrichtung. Zu dieser Zeit wird ein Druck des Kraftstoffs in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** angewendet. Entsprechend wird der äußere Rand des Ventilelements **40** hin zu dem Sitzelement **31** verformt, weshalb die eine Oberfläche **401** in engen Kontakt mit der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, d. h. einer Mehrzahl von Ventilsitzen **310** kommt, wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 56** gezeigt wird. Im Ergebnis ist das Ventilelement **40** geschlossen.

[0447] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die eine Oberfläche **401** des Ventilelements **40** ähnlich wie bei der sechsten Ausführungsform gekrümmt und steht hin zu dem Sitzelement **31** hervor. Entsprechend können vorteilhafte Effekte hervorgerufen werden, die denen der sechsten Ausführungsform ähneln.

Neunte Ausführungsform

[0448] <A-9> **Fig. 57** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer neunten Ausführungsform. Die neunte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements **40** von der siebten Ausführungsform.

[0449] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist die andere Oberfläche **402**, welche die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Ventilelements **40** ist, eine flache Form auf. Entsprechend ist der Krümmungsbetrag der anderen Oberfläche **402** null.

[0450] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bewegt sich die Nadel **53** zu der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, wenn die Spule **60** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in einem Zustand eines Grads hinsichtlich des Volumens der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch eine Verschiebung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erregt wird. In diesem Fall bewegt sich das Ventilelement **40** in der Schließrichtung. Zu dieser Zeit wird ein Druck des Kraftstoffs in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** angewendet. Entsprechend wird ein Mittelabschnitt des Ventilelements **40** hin zu dem Sitzelement **31** verformt, weshalb die eine Oberfläche **401** in engen Kontakt mit der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, d. h. einer Mehrzahl von Ventilsitzen **310** kommt, wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 57** gezeigt wird. Im Ergebnis ist das Ventilelement **40** geschlossen.

[0451] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die eine Oberfläche **401** des Ventilelements **40** ähnlich wie bei der siebten Ausführungsform gekrümmt und steht hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** hervor. Entsprechend können vorteilhafte Effekte hervorgerufen werden, die denen der siebten Ausführungsform ähneln.

Zehnte Ausführungsform

[0452] <A-10> **Fig. 58** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer zehnten Ausführungsform. Die zehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements **40** von der ersten Ausführungsform.

[0453] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist jeder der Führungsabschnitte **43** des Ventilelements **40** derart ausgebildet, dass die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** und die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** in einem Querschnitt, der entlang der virtuellen Ebene **VP1** vorgenommen ist, welche die Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** beinhaltet, ausgehend von dem Ventilkörper **41** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** gekrümmt sind. Mit anderen Worten ist jeder der Führungsabschnitte **43** so ausgebildet, um sich bei Nähe zu der radialen Außenseite ausgehend von dem Ventilkörper **41** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu krümmen.

[0454] Sowohl ein Krümmungsbetrag **QC3** der Seitenoberfläche des Sitzelements **31** als auch ein Krümmungsbetrag **QC4** der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** jedes der Führungsabschnitte **43** sind auf einen Wert eingestellt, der kleiner ist als der minimale Wert **DL1** des Abstands zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31**, wenn sich das Ventilelement **40** von

dem Sitzelement **31** trennt. Der minimale Wert **DL1** ist hierbei äquivalent zu dem Abstand zwischen der einen Oberfläche **401** des Ventilelements **40** und der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31** auf der Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41**, wenn die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** mit dem Stoppervorsprung **353** in Kontakt steht (vergleiche **Fig. 58**). Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der Krümmungsbetrag **QC3** und der Krümmungsbetrag **QC4** ausgeglichen.

[0455] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bewegt sich die Nadel **53** zu der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, wenn die Spule **60** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in einem Zustand eines Grads hinsichtlich des Volumens der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch eine Verschiebung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erregt wird. In diesem Fall bewegt sich das Ventilelement **40** in der Schließrichtung. Zu dieser Zeit wird ein Druck des Kraftstoffs in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Führungsabschnitts **43** angewendet. Entsprechend wird jeder der Führungsabschnitte **43** des Ventilelements **40** hin zu dem Sitzelement **31** verformt, weshalb die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** in engen Kontakt mit der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, d. h. den Ventilsitzen **310** kommt, wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 58** gezeigt wird. Im Ergebnis ist das Ventilelement **40** geschlossen.

[0456] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** des Führungsabschnitts **43** des Ventilelements **40** ausgehend von dem Ventilkörper **41** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** gekrümmt, wie vorstehend beschrieben. In diesem Fall ist unter der Annahme, dass der minimale Wert **DL1** der Hubbetrag **QL1** des Ventilelements **40** ist, ein ersichtlicher Hubbetrag des Ventilelements **40** um den Krümmungsbetrag **QC3** an dem Führungsabschnitt **43** des Ventilelements **40** größer als der Hubbetrag **QL1**. Entsprechend verbessern sich eine Ansaugmenge von Kraftstoff in die Kraftstoffkammer **200**, eine Rückführmenge von Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Kraftstoffkammer **260** und eine Selbstschließgrenze des Ventilelements **40**.

Elfte Ausführungsform

[0457] <A-11> **Fig. 59** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer elften Ausführungsform. Die elfte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Ventilelements **40** von der zehnten Ausführungsform.

[0458] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist jeder der Führungsabschnitte **43** des Ventilele-

ments **40** derart ausgebildet, dass die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** und die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** in einem Querschnitt, der entlang der virtuellen Ebene **VP1** vorgenommen ist, welche die Achse **Ax2** des Ventilkörpers **41** beinhaltet, ausgehend von dem Ventilkörper **41** hin zu dem Sitzelement **31** gekrümmt sind. Mit anderen Worten ist jeder der Führungsabschnitte **43** so ausgebildet, um sich bei Nähe zu der radialen Außenseite ausgehend von dem Ventilkörper **41** hin zu dem Sitzelement **31** zu krümmen.

[0459] Sowohl ein Krümmungsbetrag **QC3** der Seitenoberfläche des Sitzelements **31** als auch ein Krümmungsbetrag **QC4** der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** jedes der Führungsabschnitte **43** sind auf einen Wert eingestellt, der kleiner ist als der minimale Wert **DL1** des Abstands zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31**, wenn sich das Ventilelement **40** von dem Sitzelement **31** trennt. Der minimale Wert **DL1** ist hierbei äquivalent zu dem Abstand zwischen dem Ende der Seitenoberfläche des Sitzelements **31** des Führungsabschnitts **43** auf der Seite gegenüber dem Ventilkörper **41** und der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, wenn die andere Oberfläche **402** des Ventilelements **40** mit dem Stoppvorsprung **353** in Kontakt steht (vergleiche **Fig. 59**). Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der Krümmungsbetrag **QC3** und der Krümmungsbetrag **QC4** ausgeglichen.

[0460] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bewegt sich die Nadel **53** zu der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200**, wenn die Spule **60** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in einem Zustand eines Grads hinsichtlich des Volumens der Druckbeaufschlagungskammer **200** durch eine Verschiebung des Stößels **11** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erregt wird. In diesem Fall bewegt sich das Ventilelement **40** in der Schließrichtung. Zu dieser Zeit wird ein Druck des Kraftstoffs in der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Führungsabschnitts **43** angewendet. Entsprechend wird jeder der Führungsabschnitte **43** des Ventilelements **40** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** verformt, weshalb die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** des Ventilkörpers **41** in engen Kontakt mit der Seitenoberfläche der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Sitzelements **31**, d. h. einer Mehrzahl der Ventilsitze **310** kommt, wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 59** gezeigt wird. Im Ergebnis ist das Ventilelement **40** geschlossen.

[0461] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** des Führungsabschnitts **43** des Ventilelements **40** ausgehend von dem Ventilkörper **41** hin zu dem Sitzelement **31** gekrümmt, wie vorstehend beschrieben.

In diesem Fall ist unter der Annahme, dass der minimale Wert **DL1** der Hubbetrag **QL1** des Ventilelements **40** ist, ein ersichtlicher Hubbetrag des Ventilelements **40** um den Krümmungsbetrag **QC3** an dem Ventilkörper **41** des Ventilelements **40** größer als der Hubbetrag **QL1**. Entsprechend verbessern sich eine Ansaugmenge von Kraftstoff in die Kraftstoffkammer **200**, eine Rückführmenge von Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Kraftstoffkammer **260** und eine Selbstschließgrenze des Ventilelements **40**.

Zwölfte Ausführungsform

[0462] <A-12> Die **Fig. 60** und **Fig. 61** zeigen einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer zwölften Ausführungsform. Die zwölfte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Zylinders **23** von der ersten Ausführungsform.

[0463] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die äußere periphere Aussparung **235** um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird, in einem Bereich ausgehend von einer Position etwas auf der Seite des Bodenabschnitts des Zylinders **23** in Hinblick auf das obere Ende der sich verjüngenden Oberfläche **234** zu einer Position weg von dem unteren Ende der sich verjüngenden Oberfläche **234** hin zu der Seite gegenüber dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet. Entsprechend ist die äußere periphere Aussparung **235** der vorliegenden Ausführungsform so ausgebildet, um innerhalb die ganze verjüngte Oberfläche **234** zu beinhalten, so wie diese in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird, und ist größer als die äußere periphere Aussparung **235** der ersten Ausführungsform in der axialen Richtung des Zylinders **23**. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform ist zumindest ein Teil der äußeren peripheren Aussparung **235** in einem Bereich ausgebildet, der in einem unteren Abschnitt des Zylinders **23** in der axialen Richtung mit der Gleitoberfläche **230a** überlappt, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 60**).

[0464] Die äußere periphere Aussparung **236** ist um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird, in einem Bereich ausgehend von einer Position etwas auf der Seite des Bodenabschnitts des Zylinders **23** in Hinblick auf das obere Ende des Abführlochs **233** zu einer Position weg von dem unteren Ende des Abführlochs **233** hin zu der Seite gegenüber dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet. Entsprechend ist die äußere periphere Aussparung **236** der vorliegenden Ausführungsform so ausgebildet, um innerhalb das ganze Abführloch **233** zu beinhalten, so wie

diese in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird, und ist größer als die äußere periphere Aussparung **236** der ersten Ausführungsform in der axialen Richtung des Zylinders **23**. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform ist zumindest ein Teil der äußeren peripheren Aussparung **236** in einem Bereich ausgebildet, der in einem unteren Abschnitt des Zylinders **23** in der axialen Richtung mit der Gleitoberfläche **230a** überlappt, so wie dieser in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 61**).

[0465] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform sind die äußeren peripheren Aussparungen **235** und **236** in einem Bereich ausgebildet, der einen Abschnitt verlässt, der an das obere Gehäuse **21** angepasst ist, d. h. einen Schrumpfpassabschnitt, in einem axial oberen Abschnitt des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** oder des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche die **Fig. 60** und **Fig. 61**). Allerdings ist die Größe des Passabschnitts mit dem oberen Gehäuse **21** kleiner als die der ersten Ausführungsform.

[0466] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die äußere periphere Aussparung **235** und die äußere periphere Aussparung **236** ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform in der äußeren peripheren Wand des Zylinders **23** ausgebildet. In diesem Fall kann ein Oberflächendruck, der durch diese Verformung hergestellt wird und auf die äußere periphere Wand des Zylinders **23** angewendet wird, reduziert werden, selbst wenn während eines Schraubens des zylindrischen Elements **51** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in den Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** und während eines Schraubens des Abführanschlusses **70** des Abführdurchlassabschnitts **700** in den Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** radial nach innen verformt ist. Entsprechend kann ein konstanter Zwischenraum zwischen der säulenförmigen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** beibehalten werden, weshalb eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb zwischen der säulenförmigen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert werden kann.

[0467] Die äußere periphere Aussparung **235** und die äußere periphere Aussparung **236** der vorliegenden Ausführungsform sind größer als die äußere periphere Aussparung **235** und die äußere periphere Aussparung **236** der ersten Ausführungsform. Entsprechend nimmt der Effekt, dass „eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb der säulenförmigen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert wird“, welcher durch die vorliegende Ausführungsform hergestellt wird, zu.

[0468] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die äußere periphere Aussparung **235** und die äußere periphere Aussparung **236** so ausgebildet, um obere und untere Abschnitte der Abschnitte zu beinhalten, die den Ventilsitzen **310** und dem Abführ-Ventilsitz **74** entsprechen. Entsprechend ist eine Verformung der Ventilsitze **310** und des Abführ-Ventilsitzes **74** ausgeglichener als in einem Fall, bei welchem die äußere periphere Aussparung **235** und die äußere periphere Aussparung **236** so ausgebildet sind, um lediglich entweder obere oder untere Abschnitte der Abschnitte zu beinhalten, die den Ventilsitzen **310** und dem Abführ-Ventilsitz **74** entsprechen. Diese Konfiguration kann eine Differenz zwischen der oberen und unteren Verformung der Ventilsitze **310** und des Abführventilsitzes **74** reduzieren sowie eine ungleichmäßige Abnutzung des Ventilelements **40** und des Abführventils **75** reduzieren.

Dreizehnte Ausführungsform

[0469] <A-01> **Fig. 62** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer dreizehnten Ausführungsform. Die dreizehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Stoppers **35** von der ersten Ausführungsform.

[0470] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Innendurchmesser der Stopperaussparung **351** kleiner als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **37** mit großem Durchmesser und als ein Außendurchmesser des Stopperabschnitts **36** mit kleinem Durchmesser. Entsprechend kann für die Bodenoberfläche der Stopperaussparung **351** eine ausreichende Wanddicke des Stoppers **35** auf der Seite der Druckbeaufschlagungskammer **200** sichergestellt werden.

Vierzehnte Ausführungsform

[0471] <A-02> **Fig. 63** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer vierzehnten Ausführungsform. Die vierzehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Stoppers **35** von der ersten Ausführungsform.

[0472] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die sechs Verbindungslöcher **38** in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung in dem Stopper **35** ausgebildet. Diese Konfiguration reduziert Kraftstoffströmungsvariationen, die während des Zusammenbaus oder Betriebs durch eine relative Winkeldifferenz zwischen dem Stopper **35**, dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31** hergestellt wird. Entsprechend wird eine Kraftstoffströmung in die Verbindungslöcher **44** des Ventilelements **40** stabilisiert, weshalb Verhalten des Ventilelements **40** stabilisiert werden.

Fünfzehnte Ausführungsform

[0473] <B-2> Fig. 64 zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer fünfzehnten Ausführungsform. Die fünfzehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration der Spule 60 von der ersten Ausführungsform.

[0474] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet die Spule 60 eine äußere zylindrische Oberfläche 600, die eine virtuelle Oberfläche ist, die mit einer äußeren peripheren Oberfläche des Wicklungsabschnitts 62 in Kontakt steht, eine innere zylindrische Oberfläche 601, eine innere zylindrische Oberfläche 602 und eine innere zylindrische Oberfläche 603, welche virtuelle Oberflächen sind, die mit einer inneren peripheren Oberfläche des Wicklungsabschnitts 62 in Kontakt stehen. Die inneren zylindrischen Oberflächen 601 bis 603 weisen unterschiedliche Durchmesser auf.

[0475] Die äußere zylindrische Oberfläche 600 weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Die innere zylindrische Oberfläche 601 weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und befindet sich innerhalb eines Abschnitts der äußeren zylindrischen Oberfläche 600 positioniert, welche der Druckbeaufschlagungskammer 200 zugewandt abgeordnet ist. Die innere zylindrische Oberfläche 602 weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zwischen der Druckbeaufschlagungskammer 200 und der inneren zylindrischen Oberfläche 601 innerhalb der äußeren zylindrischen Oberfläche 600 positioniert. Die innere zylindrische Oberfläche 603 weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist zwischen der Druckbeaufschlagungskammer 200 und der inneren zylindrischen Oberfläche 602 innerhalb eines Abschnitts der äußeren zylindrischen Oberfläche 600 positioniert, welche der Druckbeaufschlagungskammer 200 zugewandt angeordnet ist.

[0476] Ein Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche 602 ist größer als ein Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche 601. Ein Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche 603 ist größer als ein Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche 602. Die innere zylindrische Oberfläche 601, die innere zylindrische Oberfläche 602 und die innere zylindrische Oberfläche 603 befinden sich auf der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers 61. Mit anderen Worten sind die inneren zylindrischen Oberflächen angeordnet, um einen Durchmesser in der Richtung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer 200 zu erhöhen. Der Spulenkörper 61 weist in der axialen Richtung unterschiedliche Außendurchmesser zwischen einem Abschnitt des Spulenkörpers 61, welcher der Druckbeaufschlagungskammer 200 zugewandt angeordnet ist, und einem Abschnitt des Spulenkörpers 61, welcher von der Druckbeauf-

schlagungskammer 200 abgewandt angeordnet ist, auf.

[0477] Die Spule 60 beinhaltet eine Verbindungsoberfläche 605, welche eine virtuelle Oberfläche ist, welche die innere zylindrische Oberfläche 601 und die innere zylindrische Oberfläche 602 verbindet, und eine Verbindungsoberfläche 606, welche eine virtuelle Oberfläche ist, welche die innere zylindrische Oberfläche 602 und die innere zylindrische Oberfläche 603 verbindet. Die Verbindungsoberfläche 605 und die Verbindungsoberfläche 606 befinden sich auf der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers 61, und sind derart ausgebildet, dass zumindest ein Teil jeder der Verbindungsoberflächen 605 und 606 verläuft senkrecht zu der Achse des Spulenkörpers 61. Der Draht 620 wird um die äußere periphere Wand des Spulenkörpers 61 gewickelt, d. h. der Draht 620 wird beginnend von der inneren zylindrischen Oberfläche 601 radial nach außen zu der inneren zylindrischen Oberfläche 603, der Verbindungsoberfläche 605 und der Verbindungsoberfläche 606 gewickelt, um den Wicklungsabschnitt 62 mit einer zylindrischen Form zu bilden.

[0478] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich die Endoberfläche 551 des beweglichen Kerns 55, die der Seite der Druckbeaufschlagungskammer 200 abgewandt angeordnet ist, d.h. die Endoberfläche 551, die dem festen Kern 57 zugewandt angeordnet ist, während einer Nicht-Erregung der Spule 60 zwischen dem Mittelpunkt C1 der inneren zylindrischen Oberfläche 601 in der axialen Richtung, welche eine innere zylindrische Oberfläche mit dem kleinstem Durchmesser ist, und dem Mittelpunkt Co1 der äußeren zylindrischen Oberfläche 600 in der axialen Richtung. Zusätzlich befindet sich die Endoberfläche 552 des beweglichen Kerns 55, die der Druckbeaufschlagungskammer 200 zugewandt angeordnet ist, zwischen dem festen Kern 57 und der Endoberfläche 621 des Wicklungsabschnitts 62, die der Druckbeaufschlagungskammer 200 zugewandt angeordnet ist.

[0479] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich das Ende des ersten zylindrischen Abschnitts 511, das dem zweiten säulenförmigen Abschnitt 512 des zylindrischen Elements 51 zugewandt angeordnet ist, innerhalb der inneren zylindrischen Oberfläche 603. Der zweite säulenförmige Abschnitt 512 befindet sich innerhalb der Verbindungsoberfläche 606. Der dritte zylindrische Abschnitt 513 befindet sich innerhalb der inneren zylindrischen Oberfläche 602.

[0480] Die fünfzehnte Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen ersten Ausführungsform ähneln. Bei der fünfzehnten Ausführungsform wird ermöglicht, dass erhöht wird, wie oft der Draht

620 gewickelt ist, ohne dass der Durchmesser der äußeren zylindrischen Oberfläche **600** ausgehend von dem entsprechenden Durchmesser der ersten Ausführungsform zunimmt.

Sechszehnte Ausführungsform

[0481] <B-3> **Fig. 65** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer sechzehnten Ausführungsform. Die sechzehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration der Spule **60** von der zehnten Ausführungsform.

[0482] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist die Spule **60** nicht die Verbindungsfläche **605** auf, die bei der ersten Ausführungsform gezeigt wird. Das Ende der inneren zylindrischen Oberfläche **601**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, und das Ende der inneren zylindrischen Oberfläche **602**, das der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, sind miteinander verbunden.

[0483] Die innere zylindrische Oberfläche **602** weist eine verjüngte Form auf, die derart ausgebildet ist, dass der ganze Teil der inneren zylindrischen Oberfläche **602** sich in der Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Achse des Spulenkörpers **61** verjüngt. Entsprechend nimmt der Durchmesser der inneren zylindrischen Oberfläche **602** in der Richtung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu.

[0484] Die innere zylindrische Oberfläche **601** und die innere zylindrische Oberfläche **602** befinden sich auf der äußeren peripheren Wand des Spulenkörpers **61**.

[0485] Der Draht **620** wird um die äußere periphere Wand des Spulenkörpers **61** gewickelt, d. h. der Draht **620** wird beginnend von der inneren zylindrischen Oberfläche **601** radial außerhalb der inneren zylindrischen Oberfläche **602** gewickelt, um den Wicklungsabschnitt **62** mit einer zylindrischen Form zu bilden.

[0486] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, d. h. die Endoberfläche **551** des beweglichen Kerns **55**, die dem festen Kern **57** zugewandt angeordnet ist, während einer Nicht-Erregung der Spule **60** zwischen dem Mittelpunkt **Ci1** der inneren zylindrischen Oberfläche **601** in der axialen Richtung, welche eine innere zylindrische Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser ist, und dem Mittelpunkt **Co1** der äußeren zylindrischen Oberfläche **600** in der axialen Richtung. Zusätzlich befindet sich die Endoberfläche **552** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zuge-

wandt angeordnet ist, zwischen dem festen Kern **57** und der Endoberfläche **621** des Wicklungsabschnitts **62**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist.

[0487] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich der Abschnitt des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512**, der dem dritten zylindrischen Abschnitt **513** zugewandt angeordnet ist, innerhalb der inneren zylindrischen Oberfläche **602**. Der dritte zylindrische Abschnitt **513** befindet sich innerhalb des Verbindungsabschnitts zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** und der inneren zylindrischen Oberfläche **602**. Die äußere periphere Wand des Abschnitts des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512**, die dem dritten zylindrischen Abschnitt **513** zugewandt angeordnet ist, weist eine sich verjüngende Form auf, die sich hin zu der Achse des zweiten säulenförmigen Abschnitts **512** in der Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** verjüngt.

[0488] Die sechzehnte Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen ersten Ausführungsform ähneln. Bei der sechzehnten Ausführungsform wird ermöglicht, dass erhöht wird, wie oft der Draht **620** gewickelt ist, ohne dass der Durchmesser der äußeren zylindrischen Oberfläche **600** ausgehend von dem entsprechenden Durchmesser der ersten und fünfzehnten Ausführungsformen zunimmt.

Siebzehnte Ausführungsform

[0489] <B-4> **Fig. 66** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer siebzehnten Ausführungsform. Die siebzehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration und dergleichen des festen Kerns **57** von der ersten Ausführungsform.

[0490] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist der feste Kern **57** einen Lochabschnitt **575** des festen Kerns auf. Der Lochabschnitt **575** des festen Kerns weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, welche sich ausgehend von dem Mittelpunkt der Endoberfläche **571** des festen Kerns **57** auf der Seite der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** erstreckt. Der Lochabschnitt **575** des festen Kerns ist im Wesentlichen koaxial zu dem Abschnitt **573** mit kleinem Durchmesser des festen Kerns und dem Abschnitt **574** mit großem Durchmesser des festen Kerns.

[0491] Die Nadel **53** weist keinen Stoppabschnitt **532** auf, der bei der ersten Ausführungsform gezeigt wird. Die Feder **54** ist in dem Lochabschnitt **575** des festen Kerns vorgesehen. Ein Ende der Feder **54** steht mit der Bodenoberfläche des Lochabschnitts **575** des festen Kerns in Kontakt, während das andere Ende mit der Endoberfläche des Nadelkörpers **531** auf der Seite gegenüber der Druckbeaufschla-

gungskammer **200** in Kontakt steht. Mit anderen Worten stoppt die Bodenoberfläche des Lochabschnitts **575** des festen Kerns das eine Ende der Feder **54**. Die Feder **54** drückt die Nadel **53** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200**. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Stoppabschnitt **532** der Nadel **53** zum Stoppen des Endes der Feder **54** nicht notwendig. In diesem Fall kann das Gewicht der Nadel **53** reduziert werden. Entsprechend kann **NV** reduziert werden.

Achtzehnte Ausführungsform

[0492] <B-5> **Fig. 67** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer achtzehnten Ausführungsform. Die achtzehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration in der Nähe der Feder **54** von der siebzehnten Ausführungsform.

[0493] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ferner ein Stoppelement **576** vorgesehen. Das Stoppelement **576** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf und ist aus einem Material mit einem Härtegrad hergestellt, der höher ist als der des festen Kerns **57**. Der Härtegrad des Stoppelements **576** ist zum Beispiel in einem Bereich von **HRc 56** zu **HRc 64** eingestellt.

[0494] Ein Außendurchmesser des Stoppelements **576** ist etwas kleiner als ein Innendurchmesser des Lochabschnitts **575** des festen Kerns. Das Stoppelement **576** ist im Wesentlichen koaxial zu dem Lochabschnitt **575** des festen Kerns vorgesehen, dass eine Endoberfläche des Stoppelements **576** mit der Bodenoberfläche des Lochabschnitts **575** des festen Kerns in Kontakt steht. Ein Ende der Feder **54** steht mit der anderen Endoberfläche des Stoppelements **576** in Kontakt. Entsprechend stoppt das Stoppelement **576** das eine Ende der Feder **54**.

[0495] Ein Druck auf der Seite der Druckbeaufschlagungskammer **200** des Lochabschnitts **575** des festen Kerns variiert in Übereinstimmung mit einer Hin- und Herbewegung des beweglichen Kerns **55** und der Nadel **53** oder dergleichen. Diese Druckvariationen werden mit einer Verzögerung auf das Ende des Lochabschnitts **575** des festen Kerns auf der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** übertragen. Entsprechend tritt die Kavitation wahrscheinlich an dem Ende des Lochabschnitts **575** des festen Kerns auf der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf.

[0496] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Stoppelement **576** auf der Bodenoberfläche des Lochabschnitts **575** des festen Kerns vorgesehen. Diese Konfiguration reduziert eine Erosion der Bodenoberfläche des Lochabschnitts **575** des festen Kerns und von Umgebungen der Bodenoberfläche im Ergebnis einer Kavitationserosion unter Verwen-

dung des Stoppelements **576**, selbst wenn die Kavitation an dem Ende des Lochabschnitts **575** des festen Kerns auf der Seite gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer **200** auftritt.

Neunzehnte Ausführungsform

[0497] <C-01> **Fig. 68** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer neunzehnten Ausführungsform. Die neunzehnte Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Abführanschlusses **70** von der ersten Ausführungsform.

[0498] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Strömungspfadfläche des lateralen Lochabschnitts **702** kleiner als die Strömungspfadfläche des Überströmlochs **87** in dem Zustand, in welchem das Überströmventil **91** vollständig geöffnet ist. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Strömungspfadfläche des lateralen Lochabschnitts **702** auf der stromabwärtigen Seite in Hinblick auf das laterale Überströmloch **852**, das als eine variable Mündung fungiert, genauer gesagt kleiner als die Strömungspfadfläche des Überströmlochs **87** auf der stromaufwärtigen Seite in Hinblick auf das laterale Überströmloch **852**. Diese Konfiguration kann eine exzessive Kraftstoffströmung in der Richtung ausgehend von dem Hochdruckkraftstoffrohr **8** hin zu der Kraftstoffkammer **260** reduzieren, wenn der Druck des Kraftstoffs auf der Seite des Hochdruckkraftstoffrohrs **8** zu einem anormalen Wert wird. Entsprechend reduziert diese Konfiguration eine Druckspitze, die auf der Seite der Kraftstoffkammer **260** als einer Niedrigdruckseite hergestellt wird. Überdies reduziert diese Konfiguration eine Instabilität von Verhalten des Überströmventils **91**.

[0499] Um die Strömungspfadfläche auf der stromabwärtigen Seite des lateralen Überströmlochs **852**, das als eine variable Mündung fungiert, zu reduzieren, können verschiedene Verfahren wie beispielsweise ein Verfahren zum Verringern der Tiefe der äußeren peripheren Überströmaussparung **851** und ein Verfahren zum Vorsehen eines Mündungselements in dem seitlichen Überströmloch **852**, sowie eine vorstehend beschriebene Reduzierung des Innendurchmessers des seitlichen Lochabschnitts **702**, übernommen werden.

Zwanzigste Ausführungsform

[0500] <D-1> **Fig. 69** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer zwanzigsten Ausführungsform. Die zwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Anordnung des Zufuhrdurchlassabschnitts **29**, der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und des Abführdurchlassabschnitts **700** sowie anderer Punkte von der ersten Ausführungsform.

[0501] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Achsen des Ansauglochabschnitts **212** und des Ansauglochabschnitts **213** orthogonal zu den Achsen des Abführlochabschnitts **214** und des Abführlochabschnitts **215** (vergleiche **Fig. 72**). Die Achse des Ansauglochs **232** und die Achse des Abführlochs **233** verlaufen orthogonal zu der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinderlochabschnitts **231**. Die Achse des Ansauglochs **232** und die Achse des Abführlochs **233** verlaufen orthogonal zueinander.

[0502] Sowohl der Abdeckungslochabschnitt **265**, der Abdeckungslochabschnitt **266** als auch der Abdeckungslochabschnitt **267** weisen eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, welche die innere periphere Wand des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** und die äußere periphere Wand, d. h. den flachen Abschnitt **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung verbindet.

[0503] Der Abdeckungslochabschnitt **265** ist in dem flachen Abschnitt **281** zwischen dem flachen Abschnitt **281**, der den Abdeckungslochabschnitt **266** beinhaltet, und dem flachen Abschnitt **281**, der den Abdeckungslochabschnitt **267** beinhaltet, ausgebildet. Mit anderen Worten sind der Abdeckungslochabschnitt **266**, der Abdeckungslochabschnitt **265** und der Abdeckungslochabschnitt **267** in dieser Reihenfolge in der Umfangsrichtung in der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung in der Abdeckung **26** angeordnet (vergleiche **Fig. 72**).

[0504] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Ende des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** um den Abdeckungslochabschnitt **265** des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**, d.h. den flachen Abschnitt **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung, mit der Außenwand verbunden. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** ist derart angeordnet, dass ein Raum innerhalb des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** über den Abdeckungslochabschnitt **265** mit der Kraftstoffkammer **260** in Verbindung steht. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** und der flache Abschnitt **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung werden hierbei in der gesamten Fläche des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** in der Umfangsrichtung des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** aneinander geschweißt. Das Zufuhrkraftstoffrohr **7** ist mit dem anderen Ende des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** verbunden. Entsprechend strömt der Kraftstoff, der ausgehend von der Kraftstoffpumpe abgeführt wird, über das Zufuhrkraftstoffrohr **7** und den Zufuhrdurchlassabschnitt **29** in die Kraftstoffkammer **260**.

[0505] Als nächstes wird der Zylinder **23** der vorliegenden Ausführungsform genauer beschrieben werden.

[0506] Wie in den **Fig. 70** und **Fig. 71** gezeigt wird, weist der Zylinder **23** die verjüngte Oberfläche **234** und die äußere periphere Aussparung **235** auf.

[0507] Die sich verjüngende Oberfläche **234** ist an dem Ende des Ansauglochs **232** ausgebildet, welches von der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist. Die sich verjüngende Oberfläche **234** verjüngt sich in der Richtung weg von der Seite der Druckbeaufschlagungskammer **200** weg von der Achse des Ansauglochs **232**.

[0508] Die äußere periphere Aussparung **235** ist ausgehend von der äußeren peripheren Wand des Zylinders **23** mit einer vorgegebenen Tiefe radial nach innen ausgespart. Die äußere periphere Aussparung **235** ist in einem Bereich ausgebildet, der sowohl das Ansaugloch **232**, d. h. die sich verjüngende Oberfläche **234**, als auch das Abführloch **233** in der Umfangsrichtung des Zylinders **23** beinhaltet (vergleiche die **Fig. 70** und **Fig. 71**). Die äußere periphere Aussparung **235** ist um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 70**), in einem Bereich ausgehend von einer Position etwas auf der Seite des Bodenabschnitts des Zylinders **23** in Hinblick auf die Achse des Ansauglochs **232** zu einer Position weg von dem unteren Ende der sich verjüngenden Oberfläche **234** hin zu der Seite gegenüber dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet. Die äußere periphere Aussparung **235** ist um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 71**), in einem Bereich ausgehend von einer Position etwas auf der Seite des Bodenabschnitts des Zylinders **23** in Hinblick auf die Achse des Abführlochs **233** zu einer Position weg von dem unteren Ende des Abführlochs **233** hin zu der Seite gegenüber dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet. Zumindest ein Teil der äußeren peripheren Aussparung **235** ist in einem Bereich ausgebildet, der in einem unteren Abschnitt des Zylinders **23** in der axialen Richtung mit der Gleitoberfläche **230a** überlappt, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** oder Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche die **Fig. 70** und **Fig. 71**).

[0509] Die äußere periphere Aussparung **235** ist in einem Bereich ausgebildet, der einen Abschnitt verlässt, der an das obere Gehäuse **21** angepasst ist, d. h. einen Schrumpfpassabschnitt, in einem axial oberen Abschnitt des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** oder des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche die **Fig. 70** und **Fig. 71**).

[0510] Wie vorstehend beschrieben wirkt eine axiale Kraft in einer Richtung ausgehend von der Stufenoberfläche zwischen dem Stopperabschnitt **36**

mit kleinem Durchmesser und dem Stopperabschnitt **37** mit großem Durchmesser hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** auf die gestufte Oberfläche zwischen dem Ansauglochabschnitt **213** und dem Ansauglochabschnitt **212**, wenn das zylindrische Element **51** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in den Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** geschraubt wird. Entsprechend kann die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** um den Ansauglochabschnitt **213** etwas radial nach innen verformt sein. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die äußere periphere Aussparung **235** allerdings an einer Position ausgebildet, die dem Ansauglochabschnitt **213** der äußeren peripheren Wand des Zylinders **23** entspricht. Entsprechend kann ein Oberflächendruck, der durch die Verformung erzeugt wird und auf die äußere periphere Wand des Zylinders **23** wirkt, reduziert werden, selbst wenn die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** radial nach innen verformt ist. Auf diese Weise kann eine Verformung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinderlochabschnitts **231** radial nach innen reduziert werden. Entsprechend kann ein konstanter Zwischenraum zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** beibehalten werden, weshalb eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert werden kann.

[0511] Wenn der Abführanschluss **70** des Abführdurchlassabschnitts **700** in den Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** geschraubt wird, wirkt eine axiale Kraft, die ausgehend von dem inneren Vorsprung **722** und dem äußeren Vorsprung **723** hin zu der Druckbeaufschlagungskammer **200** erzeugt wird, auf die Peripherie des Abführlochabschnitts **215** in der Bodenoberfläche des Abführlochabschnitts **214**. Entsprechend kann die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** um den Abführlochabschnitt **215** etwas radial nach innen verformt sein. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die äußere periphere Aussparung **235** allerdings an einer Position ausgebildet, die dem Abführlochabschnitt **215** der äußeren peripheren Wand des Zylinders **23** entspricht. Entsprechend kann ein Oberflächendruck, der durch die Verformung erzeugt wird und auf die äußere periphere Wand des Zylinders **23** wirkt, reduziert werden, selbst wenn die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** radial nach innen verformt ist. Auf diese Weise kann eine Verformung der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinderlochabschnitts **231** radial nach innen reduziert werden. Entsprechend kann ein konstanter Zwischenraum zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** beibehalten werden, weshalb eine ungleichmäßi-

ge Abnutzung und Abrieb zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert werden kann.

[0512] Außerdem ist die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** als eine vorstehend beschriebene Wirkung der axialen Kraft radial nach innen verformt. Entsprechend kann eine Erhöhung hinsichtlich des Drucks der Druckbeaufschlagungskammer **200** in einfacher Weise durch einen Anstieg des Oberflächendrucks, der an der Grenze der äußeren peripheren Aussparung **235** des Zylinders **23** erzeugt wird, bewältigt werden.

[0513] Als nächstes wird eine Anordnung der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und des Abführdurchlassabschnitts **700** sowie anderer Punkte beschrieben werden.

[0514] Wie in **Fig. 72** gezeigt wird, sind zwei Bolzenlöcher **250** in gleichen Intervallen radial außerhalb der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses in der Umfangsrichtung arrangiert, so wie diese in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden. Entsprechend beträgt ein Winkel, der zwischen Geraden der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und den jeweiligen Achsen der zwei Bolzenlöcher **250** definiert ist, 180 Grad. Die Bolzenlöcher **250** sind derart ausgebildet, dass die jeweiligen Achsen der Bolzenlöcher **250** im Wesentlichen parallel zu der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** verlaufen.

[0515] Die elektromagnetische Antriebseinheit **500** steht ausgehend von der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses radial nach außen hervor. Der Abführdurchlassabschnitt **700** steht ausgehend von der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses radial nach außen hervor. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** steht ausgehend von der Abdeckung **26** hin zu der radialen Außenseite der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses hervor.

[0516] Wenn die Hochdruckpumpe **10** durch eine virtuelle Oberfläche **VS0**, auf welcher die Achsen von zwei benachbarten Bolzenlöchern **250** und die Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** angeordnet sind, in die erste Region **T1** und die zweite Region **T2** unterteilt ist, befinden sich die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** und der Abführdurchlassabschnitt **700** alle in der ersten Region **T1**. Die virtuelle Oberfläche **VS0** weist eine ebene Form auf.

[0517] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform verläuft die Achse des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** orthogonal zu der virtuellen Oberfläche **VS0**. Der Winkel, der durch die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelach-

se **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** ausgebildet wird, beträgt ungefähr 90 Grad. Der Winkel, der durch die virtuelle Oberfläche **VS0** und die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** ausgebildet wird, beträgt ungefähr 45 Grad.

[0518] Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** befindet sich in einem Bereich innerhalb von 180 Grad ausgehend von der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** hin zu dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700**, oder innerhalb von 180 Grad ausgehend von dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** hin zu der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses.

[0519] Von den flachen Abschnitte **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses sind in der ersten Region **T1** drei ausgebildet. Noch genauer gesagt sind die drei flachen Abschnitte **271** in der ersten Region **T1** ausgebildet. Sowohl die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** als auch der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** sind in einem entsprechenden der flachen Abschnitte **271** angeordnet. Von den flachen Abschnitte **271** sind in der zweiten Region **T2** ebenfalls drei ausgebildet.

[0520] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird berücksichtigt, dass die drei flachen Abschnitte **271**, die eine Ebene **VS1**, die parallel zu der virtuellen Oberfläche **VS0** verläuft, nicht schneiden, und dass eine Tangente zu den zwei Bolzenlöchern **250** sich in der ersten Region **T1** befindet. Sowohl die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** als auch der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** sind an einem entsprechenden der flachen Abschnitte **271** angeordnet (vergleiche **Fig. 72**).

[0521] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird berücksichtigt, dass die drei flachen Abschnitte **271** zwischen den zwei flachen Abschnitten **271**, von welchen jeder einem entsprechenden der zwei Bolzenlöcher **250** zugewandt angeordnet ist, ausgebildet sind. Sowohl die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** als auch der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** sind an einem entsprechenden der flachen Abschnitte **271** angeordnet (vergleiche **Fig. 72**).

[0522] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** kollektiv in der ersten Region **T1** angeordnet, welche eine spezifische Stelle in der Umfangsrichtung des oberen Gehäuses **21** ist, wie vorstehend beschrieben. In diesem Fall überlappen die Bolzenlöcher **250**, die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** einander nicht, so wie diese in der Richtung

der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden.

[0523] **Fig. 73** zeigt die Hochdruckpumpe **10** gemäß einem Vergleichsbeispiel. Die Hochdruckpumpe **10** gemäß dem Vergleichsbeispiel unterscheidet sich hinsichtlich der Anordnung der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** von der zwanzigsten Ausführungsform. Gemäß der Hochdruckpumpe **10** des Vergleichsbeispiels ist die elektromagnetische Antriebseinheit **500** auf dem oberen Gehäuse **21** an einer Position vorgesehen, die koaxial zu dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** ist. In diesem Fall werden die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** zueinander ausgerichtet. Entsprechend befindet sich der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** in der ersten Region **T1**, während sich die elektromagnetische Antriebseinheit **500** in der zweiten Region **T2** befindet.

[0524] Gemäß der Hochdruckpumpe **10** des Vergleichsbeispiels sind die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** nicht kollektiv an einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung des oberen Gehäuses **21** angeordnet. Entsprechend ist ein Kreis **C1**, welcher die gesamte Hochdruckpumpe **10** des Vergleichsbeispiels beinhaltet, größer als ein Kreis **C0**, welcher die gesamte Hochdruckpumpe **10** der zwanzigsten Ausführungsform beinhaltet, so wie diese in der Richtung der Achse **Ax1** zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet wird (vergleiche die **Fig. 72**, **Fig. 73**). Unter der Annahme, dass der Durchmesser des Kreises **C0** **1** ist, ist der Durchmesser des Kreises **C1** ungefähr **1,1**. Es ist daher erkennbar, dass die Hochdruckpumpe **10** der zwanzigsten Ausführungsform hinsichtlich einer Größe kleiner ist als die Hochdruckpumpe **10** des Vergleichsbeispiels.

[0525] Als nächstes wird eine Anbringung der Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** beschrieben werden.

[0526] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Hochdruckpumpe **10** derart an der Maschine **1** angebracht, dass die Halterunterstützung **24** in den Anbringungslochabschnitt **3** des Maschinenkopfes **2** eingefügt ist (vergleiche **Fig. 69**). Die Hochdruckpumpe **10** ist durch Befestigung des festen Abschnitts **25** an dem Maschinenkopf **2** unter Verwendung der Bolzen **100** an der Maschine **1** fixiert. Die Hochdruckpumpe **10** wird hierbei in einer derartigen Haltung an der Maschine **1** angebracht, dass die Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** sich in der vertikalen Richtung erstreckt.

[0527] Die Hochdruckpumpe **10** wird zum Beispiel durch die folgenden Schritte an der Maschine **1** an-

gebracht. Anfänglich ist der Heber **5** an dem Ende des Abschnitts **112** mit kleinem Durchmesser des Stößels **11** auf der Seite gegenüber dem Abschnitt **111** mit großem Durchmesser angebracht. Nachfolgend ist die Halterunterstützung **24** der Hochdruckpumpe **10** zusammen mit dem Heber **5** in den Anbringungslochabschnitt **3** des Maschinenkopfes **2** eingefügt. Die Position jedes der Bolzenlöcher **250** des festen Abschnitts **25** ist hierbei auf eine Position eingestellt, die der Position des entsprechenden fixierenden Lochabschnitts **120** des Maschinenkopfes **2** entspricht.

[0528] Nachfolgend werden die Bolzen **100** in die Bolzenlöcher **250** eingesetzt, um die Bolzen **100** in die fixierenden Lochabschnitte **120** zu schrauben. Zu dieser Zeit werden Bolzen **100** unter Verwendung eines nicht näher dargestellten Werkzeugs, das den Kopfab schnitten **102** der Bolzen **100** entspricht, in die Befestigungslochabschnitte **120** geschraubt. Auf diese Weise ist der feste Abschnitt **25** an dem Maschinenkopf **2** fixiert. Eine Anbringung der Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** wird durch die vorhergehenden Schritte abgeschlossen.

[0529] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** kollektiv in der ersten Region **T1** angeordnet, welche eine spezifische Stelle in der Umfangsrichtung des oberen Gehäuses **21** ist. Entsprechend stören die Bolzen **100** und ein Werkzeug zum Schrauben der Bolzen **100** in die fixierenden Lochabschnitte **120** zu der Zeit einer Befestigung des festen Abschnitts **25** an dem Maschinenkopf **2** der Maschine **1** unter Verwendung der Bolzen **100**, um die Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** anzubringen, nicht die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und den Zufuhrdurchlassabschnitt **29**.

[0530] Wie vorstehend beschrieben (**D1**) beinhaltet die Hochdruckpumpe **10** gemäß der vorliegenden Ausführungsform, die an der Maschine **1** angebracht ist und den Kraftstoff beaufschlagt und der Maschine **1** zuführt, den Zylinder **23** und den Stößel **11**, die den Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt bilden, und das obere Gehäuse **21**, das Ventilelement **40**, die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und den festen Abschnitt **25**, die das Gehäuse bilden. Der Zylinder **23** beinhaltet die zylindrische innere periphere Wand **230**, welche die Druckbeaufschlagungskammer **200** ausbildet, in welcher Kraftstoff beaufschlagt wird.

[0531] Der Stößel **11** ist in der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** angeordnet und weist ein Ende auf, das sich in der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet. Der Stößel **11** ist dazu in der La-

ge, den Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer **200** zu beaufschlagt, indem dieser sich entlang der axialen Richtung des Stößels **11** bewegt. Das obere Gehäuse **21** weist die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses mit einer zylindrischen Form und einen Abschnitt auf, der sich radial außerhalb der Druckbeaufschlagungskammer **200** befindet. Das Ventilelement **40** ist dazu in der Lage, den Kraftstofffluss in die Druckbeaufschlagungskammer **200** zu ermöglichen, indem das Ventilelement **40** geöffnet wird, und den Kraftstofffluss in die Druckbeaufschlagungskammer **200** einzuschränken, indem das Ventilelement **40** geschlossen wird.

[0532] Die elektromagnetische Antriebseinheit **500** steht ausgehend von der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses radial nach außen hervor, und ist dazu in der Lage, das Ventilelement **40** derart zu steuern, dass dieses sich selektiv öffnet und schließt. Der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** steht ausgehend von der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses radial nach außen hervor und definiert einen Abschnitt, in welchem Kraftstoff strömt, der in der Druckbeaufschlagungskammer **200** mit Druck beaufschlagt wird und zu der Maschine **1** abgeführt wird. Der feste Abschnitt **25** ist mit dem oberen Gehäuse **21** verbunden und weist die Bolzenlöcher **250** auf. Der feste Abschnitt **25** ist durch die Bolzen **100**, die in Übereinstimmung mit den Bolzenlöchern **250** vorgesehen sind, an der Maschine **1** fixiert.

[0533] Zwei Bolzenlöcher **250** sind in der Umfangsrichtung radial außerhalb der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses ausgebildet, so wie diese in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden. Wenn die Hochdruckpumpe **10** entlang einer virtuellen Oberfläche **VS0**, auf welcher die Achsen von zwei benachbarten Bolzenlöchern **250** und die Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** angeordnet sind, in die erste Region **T1** und die zweite Region **T2** unterteilt ist, befinden sich die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und ein Abfuhrdurchlassabschnitt **700** alle in der ersten Region **T1**. Entsprechend können die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** kollektiv an einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses angeordnet sein. Diese Konfiguration erhöht den Freiheitsgrad der Anbringungsposition der Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1**.

[0534] Der Kabelbaum **6** als eine Verdrahtung ist mit der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** der Hochdruckpumpe **10** verbunden, während das Hochdruckkraftstoffrohr **8** als ein Stahlrohr mit dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** verbunden ist. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** kollektiv an einer spezifi-

schen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses angeordnet. Entsprechend kann die Hochdruckpumpe **10** in einfacher Weise an der Maschine **1** angebracht sein, ohne dass diese drehende Gegenstände wie beispielsweise eine Riemenscheibe der Maschine **1** und den Kabelbaum **6** und das Hochdruckkraftstoffrohr **8** kontaktiert. Daher verbessert sich eine Anbringbarkeit der Hochdruckpumpe **10**.

[0535] (D2) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die zwei Bolzenlöcher **250** in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses ausgebildet. Der Winkel, der durch zwei Geraden zwischen der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und den jeweiligen Achsen der zwei Bolzenlöcher **250** ausgebildet ist, beträgt 180 Grad. Diese Konfiguration ermöglicht eine Aufteilung der Hochdruckpumpe **10** in gleiche Teile der ersten Region **T1** und der zweiten Region **T2** und arrangiert die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** in der ersten Region **T1**. Mit anderen Worten können die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** kollektiv in einer der gleichmäßig aufgeteilten Regionen der Hochdruckpumpe **10** angeordnet sein. Daher verbessert sich eine Anbringbarkeit der Hochdruckpumpe **10**.

[0536] (D3) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses die Mehrzahl von flachen Abschnitten **271** auf. Die erste Region **T1** beinhaltet drei flache Abschnitte **271** der Mehrzahl von flachen Abschnitten **271**. Entsprechend können der Ansauglochabschnitt **212** und der Abfuhrlochabschnitt **214**, welche Löcher sind, welche die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** aufnehmen, in einfacher Weise in den entsprechenden flachen Abschnitten **271** ausgebildet sein, die jeweils eine flache Form aufweisen.

[0537] (D4) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befinden sich die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** auf der gemeinsamen Ebene. Diese Konfiguration reduziert eine Zunahme hinsichtlich der Größe der Hochdruckpumpe **10** in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23**.

[0538] (D5) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ferner der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** vorgesehen. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** steht radial nach außen der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses hervor. Der Kraftstoff, der in die Druckbeaufschlagungskammer **200** gesaugt wird, strömt durch den Zufuhrdurchlassabschnitt **29**. Der Zufuhr-

durchlassabschnitt **29** befindet sich in einem Bereich innerhalb von 180 Grad ausgehend von der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** hin zu dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700**, oder innerhalb von 180 Grad ausgehend von dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** hin zu der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses. Entsprechend können in dem Fall der Hochdruckpumpe **10**, die den Zufuhrdurchlassabschnitt **29** sowie die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und den Abfuhrdurchlassabschnitt **700** beinhaltet, die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** kollektiv an einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses, d. h. auf einer Seite der Hochdruckpumpe **10** angeordnet sein.

[0539] (D6) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die drei flachen Abschnitte **271**, welche die Oberfläche **VS1**, die parallel zu der virtuellen Oberfläche **VS0** verläuft, nicht schneiden, und die eine Tangente zu den zwei Bolzenlöchern **250** sind, in der ersten Region **T1** ausgebildet. Entsprechend können die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** mit Leichtigkeit kollektiv in der ersten Region **T1** als einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses, d. h. auf einer Seite der Hochdruckpumpe **10** angeordnet sein.

[0540] (D7) Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die flachen Abschnitte **271** drei, die zwischen den zwei flachen Abschnitten **271**, die jeweils einem entsprechenden der zwei Bolzenlöcher **250** zugewandt angeordnet sind, ausgebildet sind. Entsprechend können die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** mit Leichtigkeit kollektiv an einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses, d. h. auf einer Seite der Hochdruckpumpe **10** angeordnet sein.

Einundzwanzigste Ausführungsform

[0541] <D-2> **Fig. 74** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer einundzwanzigsten Ausführungsform. Die einundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfigurationen des oberen Gehäuses **21** und der Abdeckung **26** sowie anderer Punkte von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0542] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das obere Gehäuse **21** derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses eine neunseitige Säulenform aufweist. Die Abdeckung **26** ist derart ausgebildet, dass die äußere periphere

Wand **280** der Abdeckung in Übereinstimmung mit der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses eine neunseitige Säulenform aufweist.

[0543] Der Winkel, der durch die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** ausgebildet wird, ist derart eingestellt, dass dieser kleiner als 90 Grad ist. Entsprechend können die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** kollektiv in einem engeren Bereich einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses angeordnet sein.

[0544] Von den flachen Abschnitte **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses sind in der ersten Region **T1** drei ausgebildet. Noch genauer gesagt sind die drei flachen Abschnitte **271** in der ersten Region **T1** ausgebildet. Sowohl die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** als auch der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** sind in einem entsprechenden der flachen Abschnitte **271** angeordnet. Die vier flachen Abschnitte **271** sind in der zweiten Region **T2** ausgebildet. Die einundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Zweiundzwanzigste Ausführungsform

[0545] <D-3> **Fig. 75** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer zweiundzwanzigsten Ausführungsform. Die zweiundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfigurationen des oberen Gehäuses **21** und der Abdeckung **26** sowie anderer Punkte von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0546] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das obere Gehäuse **21** derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses eine zehneitige Säulenform aufweist. Die Abdeckung **26** ist derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **280** der Abdeckung in Übereinstimmung mit der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses eine zehneitige zylindrische Form aufweist.

[0547] Der Winkel, der durch die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** ausgebildet wird, ist derart eingestellt, dass dieser kleiner als 90 Grad ist. Entsprechend können die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** kollektiv in einem engeren Bereich einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses angeordnet sein.

[0548] Die fünf flachen Abschnitte **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses sind in der ersten Region **T1** ausgebildet. Noch genauer gesagt sind die fünf flachen Abschnitte **271** in der ersten Region **T1** ausgebildet. Sowohl die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** als auch der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** sind an einem entsprechenden der drei flachen Abschnitte **271** der fünf flachen Abschnitte **271** angeordnet. Die fünf flachen Abschnitte **271** sind in der zweiten Region **T2** ausgebildet. Die zweiundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Dreiundzwanzigste Ausführungsform

[0549] <D-4> **Fig. 76** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer dreiundzwanzigsten Ausführungsform. Die dreiundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfigurationen des oberen Gehäuses **21** und der Abdeckung **26** sowie anderer Punkte von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0550] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das obere Gehäuse **21** derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses in der zweiten Region **T2** eine im Wesentlichen zylindrische Form aufweist. Die Form des oberen Gehäuses **21** in der ersten Region **T1** ähnelt der entsprechenden Form der zwanzigsten Ausführungsform.

[0551] Die Abdeckung **26** ist derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **280** der Abdeckung in Übereinstimmung mit der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses in der zweiten Region **T2** eine im Wesentlichen zylindrische Form aufweist. Die Form der Abdeckung **26** in der ersten Region **T1** ähnelt der entsprechenden Form bei der zwanzigsten Ausführungsform.

[0552] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der dreiundzwanzigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die dreiundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Vierundzwanzigste Ausführungsform

[0553] <D-5> **Fig. 77** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer vierundzwanzigsten Ausführungsform. Die vierundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfigurationen des oberen Gehäuses **21** und der Abdeckung **26** sowie anderer Punkte von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0554] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das obere Gehäuse **21** derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses eine im Wesentlichen zylindrische Form aufweist.

[0555] Die Abdeckung **26** ist derart vorgesehen, dass die äußere periphere Wand **280** der Abdeckung abgesehen von Abschnitten, an welchen der Abdeckungslochabschnitt **265**, der Abdeckungslochabschnitt **266** und der Abdeckungslochabschnitt **267** ausgebildet sind, eine im Wesentlichen zylindrische Form aufweist. Die Abschnitte der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung, an welchen der Abdeckungslochabschnitt **265**, der Abdeckungslochabschnitt **266** und der Abdeckungslochabschnitt **267** ausgebildet sind, weisen eine flache Form auf.

[0556] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der vierundzwanzigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die vierundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Fünfundzwanzigste Ausführungsform

[0557] <D-6> **Fig. 78** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer fünfundzwanzigsten Ausführungsform. Die fünfundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfigurationen des oberen Gehäuses **21** und der Abdeckung **26** sowie anderer Punkte von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0558] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das obere Gehäuse **21** derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses in der zweiten Region **T2** einen Teil einer rechteckigen Säule bildet. Die Form des oberen Gehäuses **21** in der ersten Region **T1** ähnelt der entsprechenden Form der zwanzigsten Ausführungsform.

[0559] Die Abdeckung **26** ist derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **280** der Abdeckung in Übereinstimmung mit der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses in der zweiten Region **T2** einen Teil einer rechteckigen Säule bildet. Die Form der Abdeckung **26** in der ersten Region **T1** ähnelt der entsprechenden Form bei der zwanzigsten Ausführungsform.

[0560] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der fünfundzwanzigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die fünfundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Sechszwanzigste Ausführungsform

[0561] <D-7> **Fig. 79** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer sechszwanzigsten Ausführungsform. Die sechszwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Positionsbeziehung zwischen der elektromagnetischen Antriebseinheit **500**, dem Abführdurchlassabschnitt **700** und dem

Bolzenlöchern **250** sowie anderen Punkten von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0562] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind das obere Gehäuse **21** und die Abdeckung **26**, welche die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, den Abführdurchlassabschnitt **700** und den Zufuhrdurchlassabschnitt **29** beinhalten, verglichen mit der zwanzigsten Ausführungsform an Positionen ausgebildet, die in Hinblick auf den festen Abschnitt **25** um einen vorgegebenen Winkel um die Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** gedreht sind.

[0563] Der Abstand zwischen der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und den Achsen der Bolzenlöcher **250** ist kleiner als der Abstand zwischen dem Abführdurchlassabschnitt **700** und der Achse jedes der Bolzenlöcher **250**. Allerdings überlappen die Bolzenlöcher **250** und der Bolzen **100** nicht die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, so wie diese in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden. Entsprechend stören die Bolzen **100** und das Werkzeug zum Schrauben der Bolzen **100** an die fixierenden Lochabschnitte **120** während einer Anbringung der Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** nicht die elektromagnetische Antriebseinheit **500**.

[0564] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der sechszwanzigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die sechszwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Siebenundzwanzigste Ausführungsform

[0565] <D-8> **Fig. 80** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer siebenundzwanzigsten Ausführungsform. Die siebenundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Positionsbeziehung zwischen der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und dem Abführdurchlassabschnitt **700** und den Bolzenlöchern **250** sowie anderen Punkten von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0566] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind das obere Gehäuse **21** und die Abdeckung **26**, welche die elektromagnetische Antriebseinheit **500**, den Abführdurchlassabschnitt **700** und den Zufuhrdurchlassabschnitt **29** beinhalten, verglichen mit der zwanzigsten Ausführungsform an Positionen ausgebildet, die in Hinblick auf den festen Abschnitt **25** um einen vorgegebenen Winkel um die Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** des Zylinders **23** gedreht sind.

[0567] Der Abstand zwischen dem Abführdurchlassabschnitt **700** und der Achse jedes der Bolzen-

löcher **250** ist hierbei kleiner als der Abstand zwischen der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und der Achse jedes der Bolzenlöcher **250**. Allerdings überlappen die Bolzenlöcher **250** und die Bolzen **100** nicht den Abfuhrdurchlassabschnitt **700**, so wie diese in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden. Entsprechend stören die Bolzen **100** und das Werkzeug zum Schrauben der Bolzen **100** an die fixierenden Lochabschnitte **120** während einer Anbringung der Hochdruckpumpe **10** an der Maschine **1** nicht den Abfuhrdurchlassabschnitt **700**.

[0568] Abgesehen von vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der siebenundzwanzigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die siebenundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Achtundzwanzigste Ausführungsform

[0569] <D-9> Die **Fig. 81** und **Fig. 82** zeigen eine Hochdruckpumpe gemäß einer achtundzwanzigsten Ausführungsform. Die achtundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Positionsbeziehung zwischen der elektromagnetischen Antriebseinheit **500**, dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** und dem Zufuhrdurchlassabschnitt **29** sowie anderer Punkte von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0570] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Winkel, der durch die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** ausgebildet wird, derart eingestellt, dass dieser kleiner als 90 Grad ist, wie beispielsweise ungefähr 45 Grad. Entsprechend können die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abfuhrdurchlassabschnitt **700** kollektiv in einem engeren Bereich einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses angeordnet sein.

[0571] Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** ist an dem Ende der peripheren Wand **280** der Abdeckung vorgesehen, das dem Abdeckungsbodenabschnitts **262** zugewandt angeordnet ist. Der Abdeckungslochabschnitt **265** ist hierbei an dem Ende des zylindrischen Abschnitts **261** der Abdeckung ausgebildet, das dem Abdeckungsbodenabschnitts **262** zugewandt angeordnet ist (vergleiche **Fig. 82**).

[0572] Die Position des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung liegt zwischen der Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und der Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700**. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29**

und die elektromagnetische Antriebseinheit **500** kommen nicht miteinander in Kontakt.

[0573] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der achtundzwanzigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die achtundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Neunundzwanzigste Ausführungsform

[0574] <D-10> **Fig. 83** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer neunundzwanzigsten Ausführungsform. Die neunundzwanzigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Anordnung des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** und anderer von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0575] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist der Abdeckungslochabschnitt **265** eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, welche in der Plattendickenrichtung durch den Mittelpunkt des Abdeckungsbodenabschnitts **262** durchtritt. Der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** ist derart vorgesehen, dass ein Ende des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** mit der Außenwand des Abdeckungsbodenabschnitts **262** um den Abdeckungslochabschnitt **265** verbunden ist. Genauer gesagt steht der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** in der vertikalen Richtung in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** ausgehend von dem oberen Gehäuse **21** nach oben hervor.

[0576] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der neunundzwanzigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die neunundzwanzigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Dreißigste Ausführungsform

[0577] <D-11> **Fig. 84** zeigt eine Hochdruckpumpe gemäß einer dreißigsten Ausführungsform. Die dreißigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration in der Nähe des Abdeckungsbodenabschnitts **262** von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0578] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind ferner eine obere Einhausung **181** und eine untere Einhausung **182** vorgesehen. Sowohl die obere Einhausung **181** als auch die untere Einhausung **182** weisen eine mit einem Boden versehene zylindrische Form auf und sind zum Beispiel aus Metall hergestellt. Ein Innendurchmesser und ein Außendurchmesser der oberen Einhausung **181** sind gleich einem Innendurchmesser und einem Außendurchmes-

ser der unteren Einhausung **182**. Die obere Einhausung **181** und die untere Einhausung **182** sind derart integral miteinander ausgebildet, dass Öffnungsenden der oberen Einhausung **181** und der unteren Einhausung **182** miteinander zusammengefügt sind.

[0579] Die obere Einhausung **181** und die untere Einhausung **182** definieren innerhalb eine Kraftstoffkammer **180** in einer Einhausung. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der Pulsationsdämpfer **15**, die obere Unterstützung **171** und die untere Unterstützung **172** in der Kraftstoffkammer **180** in der Einhausung vorgesehen. Entsprechend sind der Pulsationsdämpfer **15**, die obere Unterstützung **171** und die untere Unterstützung **172** nicht innerhalb der Abdeckung **26** in der Kraftstoffkammer **260** vorgesehen. Die obere Einhausung **181**, die untere Einhausung **182**, der Pulsationsdämpfer **15**, die obere Unterstützung **171** und die untere Unterstützung **172** bilden eine Pulsationsdämpfereinheit **19**.

[0580] Die untere Einhausung **182** beinhaltet einen Einhausungslochabschnitt **183**, der durch den Mittelpunkt des Bodenabschnitts der unteren Einhausung **182** durchtritt. Die Abdeckung **26** beinhaltet einen Abdeckungslochabschnitt **268**, der durch den Mittelpunkt des Abdeckungsbodenabschnitts **262** durchtritt. Die Pulsationsdämpfereinheit **19** ist derart auf der Seite des Abdeckungsbodenabschnitts **262** gegenüber dem säulenförmigen Abdeckungsabschnitt **261** vorgesehen, dass der Einhausungslochabschnitt **183** und der Abdeckungslochabschnitt **268** miteinander in Verbindung stehen. Die untere Einhausung **182** und der Abdeckungsbodenabschnitt **262** sind hierbei zum Beispiel durch Schweißen miteinander zusammengefügt.

[0581] Die Kraftstoffkammer **180** in der Einhausung steht über den Einhausungslochabschnitt **183** und den Abdeckungslochabschnitt **268** mit der Kraftstoffkammer **260** in Verbindung. Entsprechend kann der Pulsationsdämpfer **15** in der Kraftstoffkammer **180** in einer Einhausung die Druckpulsation reduzieren, selbst wenn in dem Kraftstoff in der Kraftstoffkammer **260** eine Druckpulsation auftritt.

[0582] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ferner die Pulsationsdämpfereinheit **19** vorgesehen, die dazu in der Lage ist, eine Pulsation des Drucks des Kraftstoffs in der Kraftstoffkammer **260**, d. h. des Kraftstoffs, der in die Druckbeaufschlagungskammer **200** eingesaugt wird, zu reduzieren. Die Pulsationsdämpfereinheit **19** steht in der vertikalen Richtung in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** ausgehend von dem oberen Gehäuse **21** nach oben hervor.

[0583] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der dreißigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten

Ausführungsform. Die dreißigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Einunddreißigste Ausführungsform

[0584] <D-12> Die **Fig. 85** und **Fig. 86** zeigen einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer einunddreißigsten Ausführungsform. Die einunddreißigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Zylinders **23** von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0585] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die äußere periphere Aussparung **235** um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 85**), in einem Bereich ausgehend von einer Position etwas auf der Seite des Bodenabschnitts des Zylinders **23** in Hinblick auf das obere Ende der sich verjüngenden Oberfläche **234** zu einer Position weg von dem unteren Ende der sich verjüngenden Oberfläche **234** hin zu der Seite gegenüber dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet. Die äußere periphere Aussparung **235** ist um einen vorgegebenen Abstand in der axialen Richtung des Zylinders **23**, so wie dieser in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche **Fig. 86**), in einem Bereich ausgehend von einer Position etwas auf der Seite des Bodenabschnitts des Zylinders **23** in Hinblick auf das obere Ende des Abführlochs **233** zu einer Position weg von dem unteren Ende des Abführlochs **233** hin zu der Seite gegenüber dem Bodenabschnitt des Zylinders **23** ausgebildet.

[0586] Entsprechend ist die äußere periphere Aussparung **235** der vorliegenden Ausführungsform so ausgebildet, um innerhalb die ganze verjüngte Oberfläche **234** zu beinhalten, so wie diese in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** betrachtet wird, ist so ausgebildet, um innerhalb das ganze Abführloch **233** zu beinhalten, so wie diese in der axialen Richtung des Abführlochs **233** betrachtet wird, und ist größer als die äußere periphere Aussparung **235** zwanzigsten Ausführungsform in der axialen Richtung des Zylinders **23**. Zumindest ein Teil der äußeren peripheren Aussparung **235** ist in einem Bereich ausgebildet, der in einem unteren Abschnitt des Zylinders **23** in der axialen Richtung mit der Gleitoberfläche **230a** überlappt, so wie dieser in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** oder Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche die **Fig. 85** und **Fig. 86**).

[0587] Ähnlich wie bei der zwanzigsten Ausführungsform ist die äußere periphere Aussparung **235** in einem Bereich ausgebildet, der einen Abschnitt verlässt, der an das obere Gehäuse **21** angepasst ist, d. h. einen Schrumpfpassabschnitt, in einem axial oberen Abschnitt des Zylinders **23**, so wie dieser

in der axialen Richtung des Ansauglochs **232** oder des Abführlochs **233** betrachtet wird (vergleiche die **Fig. 85** und **Fig. 86**). Allerdings ist die Größe des Passabschnitts mit dem oberen Gehäuse **21** kleiner als die der zwanzigsten Ausführungsform.

[0588] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist, ähnlich wie bei der zwanzigsten Ausführungsform, die äußere periphere Aussparung **235** ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform in der äußeren peripheren Wand des Zylinders **23** ausgebildet. In diesem Fall kann ein Oberflächendruck, der durch die Verformung hergestellt wird und auf die äußere periphere Wand des Zylinders **23** angewendet wird, reduziert werden, selbst wenn während eines Schraubens des zylindrischen Elements **51** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in den Ansauglochabschnitt **212** des oberen Gehäuses **21** und während eines Schraubens des Abführanschlusses **70** des Abführdurchlassabschnitts **700** in den Abführlochabschnitt **214** des oberen Gehäuses **21** die innere periphere Wand des Lochabschnitts **211** des oberen Gehäuses **21** radial nach innen verformt ist. Entsprechend kann ein konstanter Zwischenraum zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** beibehalten werden, weshalb eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert werden kann.

[0589] Die äußere periphere Aussparung **235** der vorliegenden Ausführungsform ist größer als die äußere periphere Aussparung **235** der zwanzigsten Ausführungsform. Entsprechend nimmt der Effekt, dass „eine ungleichmäßige Abnutzung und Abrieb zwischen der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** und der äußeren peripheren Wand des Stößels **11** reduziert wird“, welcher durch die vorliegende Ausführungsform hergestellt wird, zu.

Zweiunddreißigste Ausführungsform

[0590] <D-01> **Fig. 87** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer zweiunddreißigsten Ausführungsform. Die zweiunddreißigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Anordnung des Abführdurchlassabschnitts **700** und anderer von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0591] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind das Abführloch **233**, die Abführlochabschnitte **214** und **215** sowie der Abdeckungslochabschnitt **267** verglichen mit der zwanzigsten Ausführungsform an Positionen ausgebildet, die in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses um 45 Grad hin zu der Seite gegenüber dem Ansaugloch **232**, den Ansauglochabschnitten **212**, **213** sowie dem Abdeckungslochabschnitt **266** um die Achse **Ax1** gedreht sind. Entsprechend beträgt jeder der Winkel,

die durch die Achsen des Ansauglochabschnitts **212** und des Ansauglochabschnitts **213** sowie die Achsen des Abführlochabschnitts **214** und des Abführlochabschnitts **215** ausgebildet sind, 135 Grad.

[0592] Der Winkel, der durch die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500**, die in dem Ansauglochabschnitt **212** vorgesehen ist, und die Mittelachse **Axc2** des Abführdurchlassabschnitts **700**, die in dem Abführlochabschnitt **214** vorgesehen ist, ausgebildet wird, beträgt ungefähr 135 Grad.

[0593] Verglichen mit der zwanzigsten Ausführungsform ist der feste Abschnitt **25** an einer Position ausgebildet, die um einen vorgegebenen Winkel hin zu der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses um die Achse **Ax1** gedreht wird. Ein Innendurchmesser jedes der Bolzenlöcher **250**, die in dem festen Abschnitt **25** ausgebildet sind, ist kleiner als der entsprechende Durchmesser der zwanzigsten Ausführungsform. Ein Außendurchmesser jedes der Wellenabschnitte **101** der Bolzen **100**, die durch die Bolzenlöcher **250** eingesetzt werden, ist kleiner als der entsprechende Durchmesser der zwanzigsten Ausführungsform.

[0594] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befinden sich die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und ein Teil des Abführdurchlassabschnitts **700** in der zweiten Region **T2**, aber der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** und eine Mehrheit der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und des Abführdurchlassabschnitts **700** befinden sich in der ersten Region **T1**. Insbesondere befinden sich im Wesentlichen sowohl der Zufuhrdurchlassabschnitt **29**, die elektromagnetische Antriebseinheit **500** als auch der Abführdurchlassabschnitt **700** in der ersten Region **T1** auf der radialen Außenseite der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung.

[0595] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform überlappen die Bolzenlöcher **250**, die elektromagnetische Antriebseinheit **500** und der Abführdurchlassabschnitt **700** einander nicht, so wie diese in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden.

[0596] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der zweiunddreißigsten Ausführungsform der Konfiguration der zwanzigsten Ausführungsform. Die zweiunddreißigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen zwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Dreiunddreißigste Ausführungsform

[0597] <D-02> **Fig. 88** zeigt einen Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer dreiunddreißigsten Ausführungsform. Die dreiunddreißigste Ausführungs-

form unterscheidet sich hinsichtlich der Konfigurationen des oberen Gehäuses **21** und der Abdeckung **26** sowie anderer Punkte von der neunundzwanzigsten Ausführungsform.

[0598] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das obere Gehäuse **21** verglichen mit der neunundzwanzigsten Ausführungsform derart ausgebildet, dass die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses sich radial nach außen ausdehnt. Die axiale Länge des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** ist kleiner als die Länge der zwanzigsten Ausführungsform. Das Ende des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**, das von dem Abdeckungsbodenabschnitt **262** abgewandt angeordnet ist, steht mit der Endoberfläche des oberen Gehäuses **21** in Kontakt, die dem unteren Gehäuse **22** abgewandt angeordnet ist. Das Ende des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261** und das obere Gehäuse **21** sind hierbei in der gesamten Region in der Umfangsrichtung zum Beispiel durch Schweißen aneinander festgemacht.

[0599] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform befindet sich der säulenförmige Abdeckungsabschnitt **261** nicht radial außerhalb des oberen Gehäuses **21**, wie vorstehend beschrieben. Die Kraftstoffkammer **260** ist zwischen dem säulenförmigen Abdeckungsabschnitt **261** und der Endoberfläche des oberen Gehäuses **21** ausgebildet, die dem unteren Gehäuse **22** abgewandt angeordnet ist.

[0600] Der Schweißring **519** ist derart ausgebildet, dass das Ende des Schweißrings **519**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, sich radial nach außen erstreckt und mit einer Peripherie des Ansauglochabschnitts **212** des flachen Abschnitts **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses in Kontakt kommt. Das Ende des Schweißrings **519**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist in dem gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an den flachen Abschnitt **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses geschweißt. Der Abschnitt des Schweißrings **519**, welcher der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, ist in dem gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an die äußere periphere Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** geschweißt. Diese Konfiguration reduziert eine Leckage des Kraftstoffs innerhalb des Ansauglochabschnitts **212** über einen Zwischenraum zwischen der inneren peripheren Wand des Ansauglochabschnitts **212** und der äußeren peripheren Wand des ersten zylindrischen Abschnitts **511** zu der Außenseite des oberen Gehäuses **21**.

[0601] Der Schweißring **709** ist derart ausgebildet, dass das Ende des Schweißrings **519**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, sich radial nach außen erstreckt und

mit einer Peripherie des Abführlochabschnitts **214** des flachen Abschnitts **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses in Kontakt kommt. Das Ende des Schweißrings **709**, welches der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, ist in dem gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an den flachen Abschnitt **271** der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses geschweißt. Der Abschnitt des Schweißrings **519**, welcher der Druckbeaufschlagungskammer **200** abgewandt angeordnet ist, ist in dem gesamten Bereich in der Umfangsrichtung an die äußere periphere Wand des Abführanschlusses **70** geschweißt. Diese Konfiguration reduziert eine Leckage des Kraftstoffs innerhalb des Abführlochabschnitts **214** über einen Zwischenraum zwischen der inneren peripheren Wand des Abführlochabschnitts **214** und der äußeren peripheren Wand des Abführanschlusses **70** zu der Außenseite des oberen Gehäuses **21**.

[0602] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die Durchlässe **204** und **205** in dem oberen Gehäuse **21** ausgebildet. Der Durchlass **204** ist derart in dem oberen Gehäuse **21** ausgebildet, dass die Kraftstoffkammer **260** und die Druckbeaufschlagungskammer **200** miteinander in Verbindung stehen. Der Durchlass **205** ist derart in dem oberen Gehäuse **21** ausgebildet, dass die Kraftstoffkammer **260** und der laterale Lochabschnitt **702** miteinander in Verbindung stehen. Der Lochabschnitt **222** ist derart in dem oberen Gehäuse **21** und dem unteren Gehäuse **22** ausgebildet, dass die Kraftstoffkammer **260** und der ringförmige Raum **202** miteinander in Verbindung stehen.

[0603] Abgesehen von den vorstehend beschriebenen Punkten ähnelt die Konfiguration der dreiunddreißigsten Ausführungsform der Konfiguration der neunundzwanzigsten Ausführungsform. Die dreiunddreißigste Ausführungsform kann vorteilhafte Effekte bieten, die denen neunundzwanzigsten Ausführungsform ähneln.

Vierunddreißigste Ausführungsform

[0604] <D-03> Ein Teil einer Hochdruckpumpe gemäß einer vierunddreißigsten Ausführungsform wird in den **Fig. 89** und **Fig. 90** gezeigt. Die vierunddreißigste Ausführungsform unterscheidet sich hinsichtlich der Konfiguration des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** von der zwanzigsten Ausführungsform.

[0605] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** einen zylindrischen Zufuhrabschnitt **291**, einen hervorstehenden Abschnitt **292**, einen vergrößerten Abschnitt **293** und einen Flanschabschnitt **294**. Der zylindrische Zufuhrabschnitt **291** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Ein Innendurchmesser von einem

Ende des zylindrischen Zufuhrabschnitts **291** ist größer als ein Innendurchmesser des anderen Endes.

[0606] Der hervorstehende Abschnitt **292** ist in einer derartigen Form integral mit dem zylindrischen Zufuhrabschnitt **291** ausgebildet, um ausgehend von der äußeren peripheren Wand des zylindrischen Zufuhrabschnitts **291** radial nach außen hervorzustehen. Der hervorstehende Abschnitt **292** weist eine ringförmige Form auf.

[0607] Der vergrößerte Abschnitt **293** ist in einer derartigen Form integral mit dem zylindrischen Zufuhrabschnitt **291** ausgebildet, um ausgehend von der äußeren peripheren Wand an einem Ende des zylindrischen Zufuhrabschnitts **291** radial nach außen hervorzustehen. Der vergrößerte Abschnitt **293** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf. Der Flanschabschnitt **294** ist in einer derartigen Form integral mit dem vergrößerten Abschnitt **293** ausgebildet, um ausgehend von der äußeren peripheren Wand an einem Ende des vergrößerten Abschnitts **293** radial nach außen hervorzustehen. Der Flanschabschnitt **294** weist eine ringförmige Form auf.

[0608] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Ende des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** um den Abdeckungslochabschnitt **265** des säulenförmigen Abdeckungsabschnitts **261**, d.h. den flachen Abschnitt **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung, derart mit der Außenwand verbunden, dass der Raum innerhalb des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** über den Abdeckungslochabschnitt **265** mit der Kraftstoffkammer **260** in Verbindung steht. Der Flanschabschnitt **294** und der flache Abschnitt **281** der äußeren peripheren Wand **280** der Abdeckung werden hierbei in der gesamten Fläche des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** in der Umfangsrichtung aneinander geschweißt.

[0609] Das Zufuhrkraftstoffrohr **7** ist mit dem zylindrischen Zufuhrabschnitt **291** verbunden, der von dem Flanschabschnitt **294** abgewandt angeordnet ist. Der hervorstehende Abschnitt **292** ist dazu in der Lage, ein Ende des Zufuhrkraftstoffrohrs **7** zu stoppen.

Andere Ausführungsformen

[0610] <A> Gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsform, die beispielhaft dargelegt sind, ist bzw. beträgt die Anzahl der Verbindungslöcher **44**, die dem inneren Rand eines der Mehrzahl von sich verjüngenden Abschnitten **42** zugewandt angeordnet sind, die durch die Führungsabschnitte **43** getrennt sind, unter der Annahme, dass die Anzahl der Verbindungslöcher **44** h ist, und dass die Anzahl der Führungsabschnitte **43** g ist, einen Wert von h/g. Allerdings ist es bei einer anderen Ausführungsform nicht erforderlich, dass die Anzahl der Verbindungslöcher **44** h/g beträgt. Zusätzlich kann die Anzahl an Verbin-

dungslöchern **44**, die dem inneren Rand von einem der sich verjüngenden Abschnitte **42**, die durch die Führungsabschnitte **43** getrennt sind, zugewandt angeordnet sind, eins sein.

[0611] Bei einer anderen Ausführungsform ist das Ventilelement **40** derart ausgebildet, dass der Krümmungsbetrag **QC1** der einen Oberfläche **401**, welche die Seitenoberfläche des Sitzelements **31** ist, auf einen Wert eingestellt sein kann, der gleich dem minimalen Wert **DL1** des Abstands zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitzelement **31**, wenn sich das Ventilelement **40** von dem Sitzelement **31** trennt.

[0612] Bei einer anderen Ausführungsform kann eine Dichtfähigkeit erhöht werden, indem die Form des Ventilelements **40** oder des Sitzelements **31** zu einer mittleren hervorstehenden Form, oder eine Plattendicke in einer zentralen Region des Ventilelements **40** zum Beispiel zu einer Dicke, die größer ist als die an dem äußeren Rand, verändert wird, um eine Steifigkeit der Komponenten zu verändern und das Ventilelement **40** in Übereinstimmung mit dem Sitzelement **31** zu verformen.

[0613] Gemäß der vorstehend beschriebenen sechzehnten Ausführungsform, die beispielhaft dargelegt wird, verjüngt sich die innere zylindrische Oberfläche **602** in der Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Achse des Spulenkörpers **61**. Bei einer anderen Ausführungsform kann der kleine Winkel, der durch die innere zylindrische Oberfläche **601** und die innere zylindrische Oberfläche **602** ausgebildet ist, welche die inneren zylindrischen Oberflächen mit dem kleinsten Durchmesser in dem Querschnitt der virtuellen Ebene sind, auf welcher sich die Achse des Spulenkörpers **61** erstreckt, 120 Grad betragen. Diese Konfiguration reduziert eine Positionsabweichung des Drahts **620** insbesondere an dem Verbindungsabschnitt zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche **601** und der inneren zylindrischen Oberfläche **602**.

[0614] Gemäß der vorstehend beschriebenen achtzehnten Ausführungsform, die beispielhaft dargelegt wird, ist das Stoppelement **576** mit einem höheren Härtegrad als dem Härtegrad des festen Kerns **57** in dem Lochabschnitt **575** des festen Kerns vorgesehen, um die Feder **54** zu stoppen. Bei einer anderen Ausführungsform kann die Cr-Verchromungsschicht oder eine DLC-Schicht (Diamond-Like Carbon) auf einer Oberfläche des Stoppelements **576** vorgesehen sein, während der Härtegrad des Stoppelement **576** zum Beispiel auf einen Wert eingestellt ist, der kleiner gleich einem Härtegrad des festen Kerns **57** ist. Selbstverständlich können eine Cr-Verchromungsschicht, eine DLC-Schicht oder dergleichen auf der Oberfläche des Stoppelements **576** vorgesehen sein, die einen höheren Härtegrad als den Härtegrad des festen Kerns **57** aufweist.

[0615] Bei einer anderen Ausführungsform kann sich die Endoberfläche **552** des beweglichen Kerns **55**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, auf der Seite der Endoberfläche **621** des Wicklungsabschnitts **62**, die der Druckbeaufschlagungskammer **200** zugewandt angeordnet ist, gegenüber dem festen Kern **57** befinden.

[0616] Bei einer anderen Ausführungsform kann der gesamte Teil jeder der Verbindungsoberflächen **605** und **606** senkrecht zu der Achse des Spulenkörpers **61** verlaufen. Zusätzlich kann sich jede der Verbindungsoberflächen **605** und **606** gänzlich in der Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer **200** hin zu der Achse des Spulenkörpers **61** verjüngen. Außerdem kann jede der Verbindungsoberflächen **605** und **606** anstatt einer sich verjüngenden Oberfläche durch eine Kombination von Stufen mit der gleichen Höhe wie der Höhe des Drahts **620** gebildet werden.

[0617] Bei einer anderen Ausführungsform kann der Winkel, der durch die innere zylindrische Oberfläche **601** und die Verbindungsoberfläche **605** ausgebildet wird, in einem Querschnitt, der entlang der virtuellen Ebene **VP1** vorgenommen wird, auf welcher sich die Achse des Spulenkörpers **61** erstreckt, auf etwas anderes als 120 Grad eingestellt sein.

[0618] Bei einer anderen Ausführungsform ist der Draht **620** beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser für die erste Schicht und die zweite Schicht unterschiedlich oft in der axialen Richtung radial nach außen gewickelt. Zusätzlich ist es nicht erforderlich, dass die Anzahl an axialen Wicklungen für jede Schicht des Drahts **620** in allen Schichten zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser und der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem größten Durchmesser ausgeglichen ist.

[0619] Gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen, die beispielhaft dargelegt sind, ist der Wicklungsabschnitt **62** ausgebildet, indem der Draht **620** um den Spulenkörper **61** als den Wicklungs-Bildungsabschnitt gewickelt wird. Bei einer anderen Ausführungsform kann allerdings ein Teil der Harzkomponenten, die den Verbinder **65** bilden, als der Wicklungs-Bildungsabschnitt fungieren, und der Wicklungsabschnitt **62** kann durch Wicklung des Drahts **620** um den Wicklungs-Bildungsabschnitt ausgebildet sein.

[0620] <C> Gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform ist die ringförmige Aussparung **800**, die den ersten Durchlass **83** und den zweiten Durchlass **89** verbindet, ausgehend von der Oberfläche des Zwischenelements **81** ausgespart, die dem Überströmelementkörper **86** zugewandt angeordnet ist. Bei einer anderen Ausführungsform kann die ring-

förmige Aussparung **800** allerdings ausgehend von der Oberfläche des Überströmsitzelements **85** ausgespart sein, die dem Zwischenelement **81** zugewandt angeordnet ist, oder anstatt von der Oberfläche des Zwischenelements **81**, die dem Überströmsitzelement **85** zugewandt angeordnet ist, ausgespart zu sein, von beiden der Oberflächen des Zwischenelements **81** und des Überströmsitzelements **85**, die einander zugewandt angeordnet sind, ausgespart sein.

[0621] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Anzahl der zweiten Durchlässe **89** größer sein als die Anzahl der ersten Durchlässe **83**, und die ringförmige Aussparung **800** kann in dem Überströmelementkörper **86** ausgebildet sein. In diesem Fall kann die Anzahl der ersten Durchlässe **83** **4** betragen, und die Anzahl der zweiten Durchlässe **89** kann zum Beispiel **5** betragen.

[0622] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Anzahl der zweiten Durchlässe **89** größer sein als die Anzahl der ersten Durchlässe **83**, und die Länge jedes der zweiten Durchlässe **89** kann kleiner bzw. kürzer sein als die Länge jedes der ersten Durchlässe **83**. Mit anderen Worten kann die Länge des Überströmelementkörpers **86** in der axialen Richtung kürzer sein als die Länge des Zwischenelementkörpers **82** in der axialen Richtung.

[0623] Bei einer anderen Ausführungsform weist der Zwischenelementkörper **82** den einen ersten Durchlass **83** auf. Der Überströmelementkörper **86** weist den einen zweiten Durchlass **89** auf. Eine Mehrzahl von und die gleiche Anzahl an ersten Durchlässen **83** sowie die zweiten Durchlässe **89** können ausgebildet sein. Bei einer anderen Ausführungsform ist es nicht erforderlich, dass die Anzahl der ersten Durchlässe **83** und die Anzahl der zweiten Durchlässe **89** relativ prim sind, sondern diese können eine beliebige Beziehung zueinander vorweisen.

[0624] Bei einer anderen Ausführungsform kann der Abführanschluss **70** beseitigt sein. In diesem Fall können das Abführsitzelement **71** und das Zwischenelement **81** in dem Abführlochabschnitt **214** vorgesehen sein, und das Überströmsitzelement **85** kann in den Abführlochabschnitt **214** geschraubt sein, um den Abführdurchlassabschnitt **700** zu bilden.

[0625] Bei einer anderen Ausführungsform kann das Stoppelement **95** beseitigt sein. In diesem Fall wird berücksichtigt, dass das Ende der Feder **99** durch das Zwischenelement **81** gestoppt wird.

[0626] <D> Gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen, die beispielhaft dargelegt werden, sind zwei Bolzenlöcher **250** in gleichen Intervallen radial außerhalb der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses in der Umfangsrichtung ausgebil-

det, so wie diese in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden. Bei einer anderen Ausführungsform ist es allerdings nicht erforderlich, dass die Bolzenlöcher **250** mit regelmäßigen Intervallen in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses ausgebildet sind.

[0627] Bei einer anderen Ausführungsform können drei oder mehr Bolzenlöcher **250** radial außerhalb der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses in der Umfangsrichtung ausgebildet sein, so wie diese in der axialen Richtung **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** betrachtet werden. In diesem Fall ist es vorzuziehen, dass die Bolzenlöcher **250** in gleichen Intervallen in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses ausgebildet sind.

[0628] Bei einer anderen Ausführungsform ist es nicht erforderlich, dass die äußere periphere Wand **270** des Gehäuses den flachen Abschnitt **271** mit einer flachen Form aufweist. Bei einer anderen Ausführungsform ist es nicht erforderlich, dass sich die Mittelachse **Axc1** der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** und die Mittelachse **Axc2** des Abfuhrdurchlassabschnitts **700** auf der gleichen Ebene befinden.

[0629] Bei einer anderen Ausführungsform können ferner zumindest einer ausgewählt aus einem Drucksensor, der dazu in der Lage ist, einen Druck von Kraftstoff zu erfassen, der in die Druckbeaufschlagungskammer **200** gesaugt wird, einem Temperatursensor, der dazu in der Lage ist, eine Temperatur von Kraftstoff zu erfassen, der in die Druckbeaufschlagungskammer **200** gesaugt wird, einem Vibrationsensor, der dazu in der Lage ist, eine Vibration des oberen Gehäuses **21** oder der Abdeckung **26** zu erfassen, und einem Abzweigungsdurchlassabschnitt, der den Raum innerhalb der Abdeckung **26** und den Raum außerhalb der Abdeckung **26** fluidmäßig verbindet, vorgesehen sein. In diesem Fall ist ein Niederdruckkraftstoffrohr, das mit einem Injektor zum Einspritzen und Zuführen eines Niederdruckkraftstoffs zu der Maschine mit interner Verbrennung in Verbindung steht, mit einem Abzweigungsdurchlassabschnitt verbunden.

[0630] Sowohl der Drucksensor, der Temperatursensor, der Vibrationsensor als auch der Abzweigungsdurchlassabschnitt können zum Beispiel ausgehend von der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses radial nach außen hervorstehen und können sich in einem Bereich von 180 Grad ausgehend von der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** hin zu dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** oder in einem Bereich von 180 Grad ausgehend von dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** hin zu der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in der Umfangsrichtung

der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses befinden.

[0631] Sowohl der Drucksensor, der Temperatursensor, der Vibrationsensor als auch der Abzweigungsdurchlassabschnitt können auf eine derartige Weise auf dem Abdeckungsbodenabschnitt **262** vorgesehen sein, um in der vertikalen Richtung zum Beispiel in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** ausgehend von dem oberen Gehäuse **21** hin zu der oberen Seite hervorzustehen.

[0632] Gemäß der vorstehend beschriebenen elften Ausführungsform, die beispielhaft dargelegt wird, ist die Pulsationsdämpfereinheit **19** auf eine derartige Weise in dem Abdeckungsbodenabschnitt **262** vorgesehen, um in der vertikalen Richtung in der Richtung der Achse **Ax1** der zylindrischen inneren peripheren Wand **230** ausgehend von dem oberen Gehäuse **21** hin zu der oberen Seite hervorzustehen. Bei einer anderen Ausführungsform kann die Pulsationsdämpfereinheit **19** allerdings zum Beispiel ausgehend von der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses radial nach außen hervorstehen und können sich in einem Bereich von 180 Grad ausgehend von der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** hin zu dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** oder in einem Bereich von 180 Grad ausgehend von dem Abfuhrdurchlassabschnitt **700** hin zu der elektromagnetischen Antriebseinheit **500** in der Umfangsrichtung der äußeren peripheren Wand **270** des Gehäuses befinden.

[0633] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Abdeckung **26** beseitigt sein. In diesem Fall kann der Zufuhrdurchlassabschnitt **29** zum Beispiel derart in dem oberen Gehäuse **21** vorgesehen sein, dass die Innenseite des Zufuhrdurchlassabschnitts **29** und der Ansaugdurchlass **216** miteinander in Verbindung stehen.

[0634] Gemäß den vorstehend dargelegten Ausführungsformen, die beispielhaft dargelegt werden, weist der säulenförmige Abdeckungsabschnitt **261** eine regelmäßige achteckige Säulenform auf. Bei einer anderen Ausführungsform kann der säulenförmige Abdeckungsabschnitt **261** allerdings eine verformte achteckige Säulenform aufweisen, welche Seiten mit unterschiedlichen Längen aufweist. Diese Konfiguration kann Resonanz reduzieren, indem Kennlinienwerte verändert werden, wodurch **NV** reduziert wird.

[0635] Bei einer anderen Ausführungsform können zumindest zwei ausgewählt aus dem Zylinder **23**, dem oberen Gehäuse **21** und dem unteren Gehäuse **22** integral zueinander ausgebildet sein. Bei einer anderen Ausführungsform können zumindest zwei ausgewählt aus dem oberen Gehäuse **21**, dem Sitzele-

ment **31** und dem Stopper **35** integral zueinander ausgebildet sein.

[0636] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Hochdruckpumpe auf eine Maschine mit interner Verbrennung angewendet werden, die eine andere ist als eine Benzinmaschine, wie beispielsweise eine Dieselmachine. Alternativ kann die Hochdruckpumpe als eine Kraftstoffpumpe verwendet werden, welche Kraftstoff hin zu einer Einrichtung abführt, die zum Beispiel eine andere ist als eine Maschine eines Fahrzeugs.

[0637] Wie vorstehend beschrieben, ist die vorliegende Offenbarung nicht auf die vorstehenden Ausführungsformen beschränkt, sondern kann in verschiedenen anderen Modi realisiert werden, ohne sich von den Gegenständen der vorliegenden Offenbarung zu entfernen.

[0638] Nachfolgend wird eine erste technische Idee der vorstehend beschriebenen Offenbarung beschrieben werden.

[0639] <A> Eine Hochdruckpumpe **5**, welche Kraftstoff beaufschlagt und einer Maschine mit interner Verbrennung den Kraftstoff zuführt, ist herkömmlich bekannt. Die Hochdruckpumpe beinhaltet auf der Seite mit niedrigem Druck bzw. Niederdruckseite einer Druckbeaufschlagungskammer allgemein ein Ventilelement. Das Ventilelement öffnet sich und ermöglicht eine Strömung von Kraftstoff, der in die Druckbeaufschlagungskammer eingesaugt wird, wenn dieses von einem Ventilsitz getrennt ist. Das Ventilelement schließt und reguliert eine Strömung eines Kraftstoffs ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer zu der Niederdruckseite, wenn dieses mit dem Ventilsitz in Kontakt kommt. Eine Hochdruckpumpe von Patentliteratur (JP 2016-133 010 A) öffnet zum Beispiel ein Ventilelement und saugt Kraftstoff in eine Druckbeaufschlagungskammer an, wenn ein Stößel sich absenkt, um das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer zu erhöhen. Wenn der Stößel angehoben wird, um das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer in dem geöffneten Zustand des Ventilelement zu verringern, wird der Kraftstoff ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer zu der Niederdruckseite rückgeführt, um die Menge des Kraftstoffs zu steuern, der in der Druckbeaufschlagungskammer beaufschlagt wird. Wenn der Stößel angehoben wird, um das Volumen der Druckbeaufschlagungskammer in dem geschlossenen Zustand des Ventilelement zu verringern, wird der Kraftstoff in der Druckbeaufschlagungskammer beaufschlagt.

[0640] Die Hochdruckpumpe der Patentliteratur (JP 2016-133 010 A) beinhaltet das Ventilelement, welches auf einem virtuellen Kreis, der an der Achse zentriert ist, eine Mehrzahl von Verbindungslochern

aufweist. Die Patentliteratur (JP 2016-133 010 A) offenbart das Ventilelement, welches Führungsabschnitte beinhaltet, die jeweils dazu in der Lage sind, das Ventilelement derart zu führen, dass dieses sich in der axialen Richtung bewegt, indem dieses auf einem Element gleitet, das einen Ansaugdurchlass ausbildet. Das Ventilelement weist die drei Führungsabschnitte auf, die in der Umfangsrichtung vorgesehen sind. Das Ventilelement beinhaltet ferner drei geneigte Oberflächen, die in der Umfangsrichtung an einem äußeren Rand der Oberfläche des Ventilelements, die der Druckbeaufschlagungskammer zugewandt angeordnet ist, zu der Achse des Ventilelements geneigt angeordnet sind. Diese geneigten Oberflächen sind zwischen den jeweiligen Führungsabschnitten ausgebildet.

[0641] Gemäß der Hochdruckpumpe, die in der Patentliteratur (JP 2016-133 010 A) offenbart ist, weist jede der geneigten Oberflächen einen linearen Rand auf der axialen Seite des Ventilelements auf. In diesem Fall ist der Abstand zwischen beiden Enden dieses Rands und des Verbindungslochs lang, weshalb beide der Enden des Rands einen Widerstand gegenüber einem Kraftstoff herstellen, der auf einer Oberfläche des Ventilelements strömt. Entsprechend kann es schwierig sein, eine ausreichende Strömungsrate von Kraftstoff, der in die Druckbeaufschlagungskammer angesaugt wird, oder eine ausreichende Menge an Kraftstoff, der ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer zu der Niederdruckseite rückgeführt wird, zu erhalten.

[0642] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Hochdruckpumpe vorzusehen, die dazu in der Lage ist, eine ausreichende Strömungsrate von Kraftstoff sicherzustellen, der in eine Druckbeaufschlagungskammer angesaugt wird.

[0643] Nachfolgend wird eine zweite technische Idee der vorstehend beschriebenen Offenbarung beschrieben werden.

[0644] Eine Hochdruckpumpe **5**, welche Kraftstoff beaufschlagt und einer Maschine mit interner Verbrennung den Kraftstoff zuführt, ist herkömmlich bekannt. Die Hochdruckpumpe beinhaltet auf der Seite mit niedrigem Druck bzw. Niederdruckseite einer Druckbeaufschlagungskammer allgemein ein Ventilelement. Das Ventilelement öffnet sich und ermöglicht eine Strömung von Kraftstoff, der in die Druckbeaufschlagungskammer eingesaugt wird, wenn dieses von einem Ventilsitz getrennt ist. Das Ventilelement schließt und reguliert eine Strömung eines Kraftstoffs ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer zu der Niederdruckseite, wenn dieses mit dem Ventilsitz in Kontakt kommt. Eine Hochdruckpumpe einer Patentliteratur (Beschreibung des US-Patents mit der Nr. 8925525) beinhaltet eine elektromagnetische Antriebseinheit, die auf

der Seite des Ventilelements gegenüber einer Druckbeaufschlagungskammer angeordnet ist. Die Hochdruckpumpe steuert das Ventilelement derart, dass dieses sich öffnet und schließt, um eine Menge an Kraftstoff, der in der Druckbeaufschlagungskammer beaufschlagt wird, und eine Menge an Kraftstoff, der ausgehend von der Hochdruckpumpe abgeführt wird, zu steuern.

[0645] Allgemein wird eine magnetische Flussdichte an dem axialen Mittelpunkt einer Spule einer elektromagnetischen Antriebseinheit maximiert. Alle magnetischen Flussrichtungen werden parallel zu der Spulenachse und erstrecken sich ausgehend von einer Druckbeaufschlagungskammer hin zu einem festen Kern. Entsprechend nimmt eine Anziehungskraft, die auf einen beweglichen Kern wirkt, während einer Erregung der Spule zu, so wie eine Endoberfläche des beweglichen Kerns, die einer Seite des festen Kerns zugewandt angeordnet ist, an einer Position angeordnet ist, die näher an dem axialen Mittelpunkt der Spule angeordnet ist.

[0646] Gemäß der Hochdruckpumpe der Patentliteratur (Beschreibung des US-Patents mit der Nr. 8925525) offenbart ist, befindet sich die Endoberfläche des beweglichen Kerns, die dem festen Kern zugewandt angeordnet ist, zwischen der Druckbeaufschlagungskammer und dem axialen Mittelpunkt der Spule, und die Endoberfläche des beweglichen Kerns, die der Druckbeaufschlagungskammer zugewandt angeordnet ist, befindet sich zwischen der Druckbeaufschlagungskammer und der Endoberfläche der Spule, die der Druckbeaufschlagungskammer zugewandt angeordnet ist. In diesem Fall kann die Anziehungskraft, die auf den beweglichen Kern wirkt, während einer Erregung der Spule abnehmen. Im Ergebnis kann eine Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns abfallen. Wenn ein Strom, der durch die Spule fließt, hierbei erhöht wird, um die Ansprechempfindlichkeit des beweglichen Kerns sicherzustellen, kann ein Leistungsverbrauch der elektromagnetischen Antriebseinheit zunehmen.

[0647] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Hochdruckpumpe vorzusehen, die dazu in der Lage ist, eine Ansprechempfindlichkeit einer elektromagnetischen Antriebseinheit zu erhöhen.

[0648] Nachfolgend wird eine dritte technische Idee der vorstehend beschriebenen Offenbarung beschrieben werden.

[0649] <C> Eine Hochdruckpumpe, die herkömmlich als eine Pumpe zum Beaufschlagen von Kraftstoff und Zuführen von Kraftstoff zu einer Maschine mit interner Verbrennung bekannt ist, beinhaltet ein Überströmventil zum Freigeben des Kraftstoffs zu einer Druckbeaufschlagungskammer oder einer Niederdruckkammer, wenn der Druck des Kraftstoffs, der

ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer abgeführt wird, einen vorgegebenen Wert oder mehr annimmt. Gemäß einer Hochdruckpumpe einer Patentliteratur (JP 2004-197 834 A) ist ein Überströmventil zum Beispiel dazu konfiguriert, einen Kraftstoff zu einer Niederdruckkammer freizugeben.

[0650] In jüngster Zeit ergibt sich mit einem Bedarf nach einem höheren Kraftstoffdruck für ein Maschinensystem ein Bedarf nach einer Zufuhr von Kraftstoff mit höherem Druck zu einer Maschine mit interner Verbrennung. Um den Druck des Kraftstoffs, der ausgehend von der Hochdruckpumpe zu der Maschine mit interner Verbrennung abgeführt und zugeführt wird, zu erhöhen, ist es effektiv, ein Totvolumen zu reduzieren, das mit der Druckbeaufschlagungskammer in Verbindung steht, und während einer Druckbeaufschlagung einen Raum mit hohem Druck bzw. Hochdruckraum auszubilden. Gemäß der Hochdruckpumpe von Patentliteratur 1 ist ein Abführventil in der Nähe der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet, während das Überströmventil auf der Seite des Abführventils gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet ist. Diese Konfiguration kann das Totvolumen reduzieren.

[0651] Gemäß der Hochdruckpumpe der Patentliteratur (JP 2004-197 834 A) ist das Überströmventil allerdings an einer Position angeordnet, die ausgehend von der Achse des Abführventils in der radialen Richtung verschoben wird, und eine Maschine, die eine Druckpulsation reduziert, ist zwischen dem Abführventil und dem Überströmventil vorgesehen. Außerdem ist ein Strömungspfad, durch welchen der abgeführte Kraftstoff strömt, der durch das Abführventil durchgetreten ist, radial außerhalb des Überströmventils und der Maschine, die eine Druckpulsation reduziert, ausgebildet. Entsprechend kann die Größe eines Abschnitts, der das Abführventil und das Überströmventil beinhaltet, zunehmen.

[0652] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine verkleinerte Hochdruckpumpe vorzusehen.

[0653] Nachfolgend wird eine vierte technische Idee der vorstehend beschriebenen Offenbarung beschrieben werden.

[0654] <D> Eine Hochdruckpumpe **5**, welche Kraftstoff beaufschlagt und einer Maschine mit interner Verbrennung den Kraftstoff zuführt, ist herkömmlich bekannt. Die Hochdruckpumpe beinhaltet auf der Seite mit niedrigem Druck bzw. Niederdruckseite einer Druckbeaufschlagungskammer allgemein ein Ventilelement. Das Ventilelement öffnet sich und ermöglicht eine Strömung von Kraftstoff, der in die Druckbeaufschlagungskammer eingesaugt wird, wenn dieses von einem Ventilsitz getrennt ist. Das Ventilelement schließt und reguliert eine Strömung

eines Kraftstoffs ausgehend von der Druckbeaufschlagungskammer zu der Niederdruckseite, wenn dieses mit dem Ventilsitz in Kontakt kommt. Eine Hochdruckpumpe einer Patentliteratur (Beschreibung des europäischen Patents mit der Nr. 1479903) beinhaltet eine elektromagnetische Antriebseinheit, die auf der Seite des Ventilelements gegenüber einer Druckbeaufschlagungskammer angeordnet ist. Die Hochdruckpumpe steuert das Ventilelement derart, dass dieses sich öffnet und schließt, um eine Menge an Kraftstoff, der in der Druckbeaufschlagungskammer beaufschlagt wird, und eine Menge an Kraftstoff, der ausgehend von der Hochdruckpumpe abgeführt wird, zu steuern.

[0655] Gemäß der Hochdruckpumpe des Patentdokuments (europäisches Patent mit der Nr. 1479903) steht die elektromagnetische Antriebseinheit ausgehend von der äußeren peripheren Wand eines Gehäuses, das die Druckbeaufschlagungskammer ausbildet, radial nach außen hervor. Ein Abfuhrdurchlassabschnitt, durch welchen Kraftstoff strömt, der aus der Druckbeaufschlagungskammer abgeführt wird, steht ausgehend von der äußeren peripheren Wand des Gehäuses radial nach außen hervor.

[0656] Die Hochdruckpumpe ist an der Maschine mit interner Verbrennung angebracht, weshalb sich ein drehender Gegenstand wie beispielsweise eine Riemenscheibe abhängig von der Position, an welcher die Hochdruckpumpe angebracht ist, nahe der Hochdruckpumpe befinden kann. Eine Verdrahtung ist mit der elektromagnetischen Antriebseinheit der Hochdruckpumpe verbunden, und ein Stahlrohr ist mit einem Abfuhrdurchlassabschnitt verbunden. Entsprechend kann der drehende Gegenstand abhängig von der Position, an welcher die Hochdruckpumpe angebracht ist, mit der Verdrahtung oder dem Stahlrohr in Kontakt kommen. In diesem Fall kann die Verdrahtung oder das Stahlrohr beschädigt werden.

[0657] Die Hochdruckpumpe der Patentliteratur (europäisches Patent mit der Nr. 1479903) beinhaltet einen festen Abschnitt, welcher eine Mehrzahl von Bolzenlöchern aufweist und an einer Maschine mit interner Verbrennung fixiert bzw. befestigt ist. Die drei Bolzenlöcher sind in gleichen Intervallen radial außerhalb einer äußeren peripheren Wand des Gehäuses in der Umfangsrichtung ausgebildet, so wie diese in einer axialen Richtung einer zylindrischen inneren peripheren Wand betrachtet wird, welche die Druckbeaufschlagungskammer ausbildet. In diesem Fall sind die elektromagnetische Antriebseinheit, der Abfuhrdurchlassabschnitt und ein Zufuhrdurchlassabschnitt, durch welche Kraftstoff strömt, welcher der Druckbeaufschlagungskammer zugeführt wird, zwischen den drei Bolzenlöchern angeordnet. Wenn die Hochdruckpumpe an der Maschine mit interner Verbrennung angebracht ist, indem der feste Abschnitt an der Maschine mit interner Verbrennung fixiert wird,

werden Bolzen in die Bolzenlöcher eingesetzt. Zu dieser Zeit muss eine Störung zwischen den Bolzen und einem Werkzeug zum Befestigen der Bolzen und der elektromagnetischen Antriebseinheit, dem Abfuhrdurchlassabschnitt oder dem Zufuhrdurchlassabschnitt vermieden werden. Entsprechend ist es nicht möglich, dass die elektromagnetische Antriebseinheit, der Abfuhrdurchlassabschnitt und der Zufuhrdurchlassabschnitt auf Achsen der Bolzenlöcher angeordnet sind. In diesem Fall ist es nicht möglich, dass die elektromagnetische Antriebseinheit, der Abfuhrdurchlassabschnitt und der Zufuhrdurchlassabschnitt kollektiv an einer spezifischen Stelle in der Umfangsrichtung des Gehäuses angeordnet sind. Diese Konfiguration kann den Freiheitsgrad der Anbringungsposition der Hochdruckpumpe an der Maschine mit interner Verbrennung verringern.

[0658] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Hochdruckpumpe vorzusehen, die dazu in der Lage ist, den Freiheitsgrad einer Anbringungsposition an einer Maschine mit interner Verbrennung zu erhöhen.

[0659] Die vorliegende Offenbarung ist auf Grundlage der Ausführungsformen beschrieben worden. Allerdings ist die vorliegende Offenbarung nicht auf diese Ausführungsformen und Strukturen beschränkt. Die vorliegende Offenbarung beinhaltet zudem verschiedene Modifikationen und Variationen innerhalb eines äquivalenten Bereichs. Zusätzlich sind verschiedene Kombinationen und Modi sowie andere Kombinationen und Modi, die nur ein einzelnes Element, mehr oder weniger Elemente beinhalten, alle in dem Umfang und der Breite des Geistes der vorliegenden Offenbarung beinhaltet.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2017190632 [0001]
- JP 2017190633 [0001]
- JP 2017190634 [0001]
- JP 2017190635 [0001]
- JP 2018176287 [0001]
- US 8925525 B2 [0004]
- JP 2016133010 A [0639, 0640, 0641]
- JP 2004197834 A [0649, 0651]
- EP 1479903 [0654, 0655, 0657]

Patentansprüche

1. Hochdruckpumpe (10), aufweisend:
 einen Druckbeaufschlagungskammer-Bildungsabschnitt (23), der eine Druckbeaufschlagungskammer (200) definiert, in welcher Kraftstoff beaufschlagt wird;
 einen Ansaugdurchlass-Bildungsabschnitt (21), der einen Ansaugdurchlass (216) definiert, durch welchen der Kraftstoff strömt, der in die Druckbeaufschlagungskammer gesaugt wird;
 ein Sitzelement (31), das in dem Ansaugdurchlass angeordnet ist und einen Kommunikationspfad (32, 33) aufweist, der zwischen einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Sitzelements durch das Sitzelement durchtritt;
 ein Ventilelement (40), das zwischen der Druckbeaufschlagungskammer und dem Sitzelement angeordnet ist, wobei das Ventilelement dazu in der Lage ist, den Kraftstofffluss durch den Kommunikationspfad zu ermöglichen, indem dieses von dem Sitzelement getrennt wird, um den Kommunikationspfad zu öffnen, und den Kraftstofffluss durch den Kommunikationspfad einzuschränken, indem dieses das Sitzelement kontaktiert, um den Kommunikationspfad zu schließen.
 ein zylindrisches Element (51), das auf einer Seite des Sitzelements gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet ist;
 eine Nadel (53), die innerhalb des zylindrischen Elements entlang einer axialen Richtung der Nadel beweglich ist, wobei die Nadel ein Ende aufweist, das dazu in der Lage ist, eine Seitenoberfläche des Ventilelements gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer zu kontaktieren;
 einen beweglichen Kern (55), der an dem anderen Ende der Nadel angeordnet ist;
 ein Vorspannelement (54), das dazu konfiguriert ist, die Nadel hin zu der Druckbeaufschlagungskammer vorzuspannen;
 einen festen Kern (57), der auf einer Seite des zylindrischen Elements und des beweglichen Kerns gegenüber der Druckbeaufschlagungskammer angeordnet ist; und
 eine Spule (60), die einen Wicklungsabschnitt (62) beinhaltet, der in eine zylindrische Form ausgebildet ist, indem ein Draht (620) um einen Wicklungs-Bildungsabschnitt (61) gewickelt ist, wobei die Spule zwischen dem festen Kern und dem beweglichen Kern eine Anziehungskraft erzeugt, um den beweglichen Kern und die Nadel in einer Schließrichtung zu bewegen, wenn der Wicklungsabschnitt erregt wird, wobei
 die Spule eine äußere zylindrische Oberfläche (600), die mit einer äußeren Umfangsoberfläche des Wicklungsabschnitts in Kontakt steht, und eine Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen (601, 602, 603), die unterschiedliche Durchmesser aufweisen und mit einer inneren Umfangsoberfläche des Wicklungsabschnitts in Kontakt stehen, beinhaltet,

die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen angeordnet sind, um einen Durchmesser in einer Richtung hin zu der Druckbeaufschlagungskammer zu vergrößern.

der bewegliche Kern eine Endoberfläche (551) aufweist, die dem festen Kern zugewandt angeordnet ist, und

die Endoberfläche des beweglichen Kerns sich zwischen einem Mittelpunkt (Ci1) eines kleinsten Durchmessers der Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen in einer axialen Richtung und einem Mittelpunkt (Co1) der äußeren zylindrischen Oberfläche in einer axialen Richtung befindet.

2. Hochdruckpumpe nach Anspruch 1, wobei der bewegliche Kern eine Endoberfläche (552) aufweist, die der Druckbeaufschlagungskammer zugewandt angeordnet ist, und die sich zwischen dem festen Kern und einer Endoberfläche (621) des Wicklungsabschnitts, die der Druckbeaufschlagungskammer zugewandt angeordnet ist, befindet.

3. Hochdruckpumpe nach Anspruch 1 oder 2, wobei

die Spule zwischen benachbarten der Mehrzahl der inneren zylindrischen Oberflächen eine Verbindungsoberfläche (605, 606) beinhaltet, die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen und die Verbindungsoberfläche sich an einer äußeren Umfangswand des Wicklungs-Bildungsabschnitts befinden, und
 zumindest ein Teil der Verbindungsoberfläche senkrecht zu einer Achse des Wicklungs-Bildungsabschnitts verläuft.

4. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei

die Spule zwischen benachbarten der Mehrzahl der inneren zylindrischen Oberflächen eine Verbindungsoberfläche (605, 606) beinhaltet, die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen und die Verbindungsoberfläche sich an einer äußeren Umfangswand des Wicklungs-Bildungsabschnitts befinden, und
 zumindest ein Teil der Verbindungsoberfläche sich hin zu einer Achse des Wicklungs-Bildungsabschnitts in einer Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer verjüngt.

5. Hochdruckpumpe nach Anspruch 4, wobei die Verbindungsoberfläche einen Verbindungsabschnitt zwischen der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser und einer zu der mit dem kleinsten Durchmesser benachbart angeordneten inneren zylindrischen Oberfläche der Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen beinhaltet, wobei sich der Verbindungsabschnitt hin zu einer Achse des Wicklungs-Bildungsabschnitts in einer Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer verjüngt, und

die eine mit dem kleinsten Durchmesser und die Verbindungsoberfläche in einem Querschnitt, der entlang einer virtuellen Ebene (VP1) vorgenommen wird, auf welchem sich die Achse des Wicklungs-Bildungsabschnitts erstreckt, einen Winkel ausbilden, wobei der Winkel 120 Grad beträgt.

6. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen sich an einer äußeren Umfangswand des Wicklungs-Bildungsabschnitts befinden, und zumindest ein Teil der Mehrzahl von den inneren zylindrischen Oberflächen sich hin zu einer Achse des Wicklungs-Bildungsabschnitts in einer Richtung weg von der Druckbeaufschlagungskammer verjüngt.

7. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Draht beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser von der Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen gewickelt ist, um N Schichten auszubilden, die in einer radialen Richtung über die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen aufeinander gestapelt sind, und N ist eine gerade Zahl.

8. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Draht beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser von der Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen gewickelt ist, um N Schichten auszubilden, die in einer radialen Richtung über die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen aufeinander gestapelt sind, und der Draht für eine erste Schicht und eine zweite Schicht gleich oft in der axialen Richtung gewickelt ist, wobei die erste Schicht sich radial nach innerhalb der zweiten Schicht befindet.

9. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Draht beginnend mit der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser von der Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen gewickelt ist, um N Schichten auszubilden, die in einer radialen Richtung über die Mehrzahl von inneren zylindrischen Oberflächen aufeinander gestapelt sind, und der Draht für jede Schicht aus N Schichten, welche nur in der inneren zylindrischen Oberfläche mit dem kleinsten Durchmesser gewickelt sind, gleich oft in der axialen Richtung gewickelt ist.

Es folgen 68 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

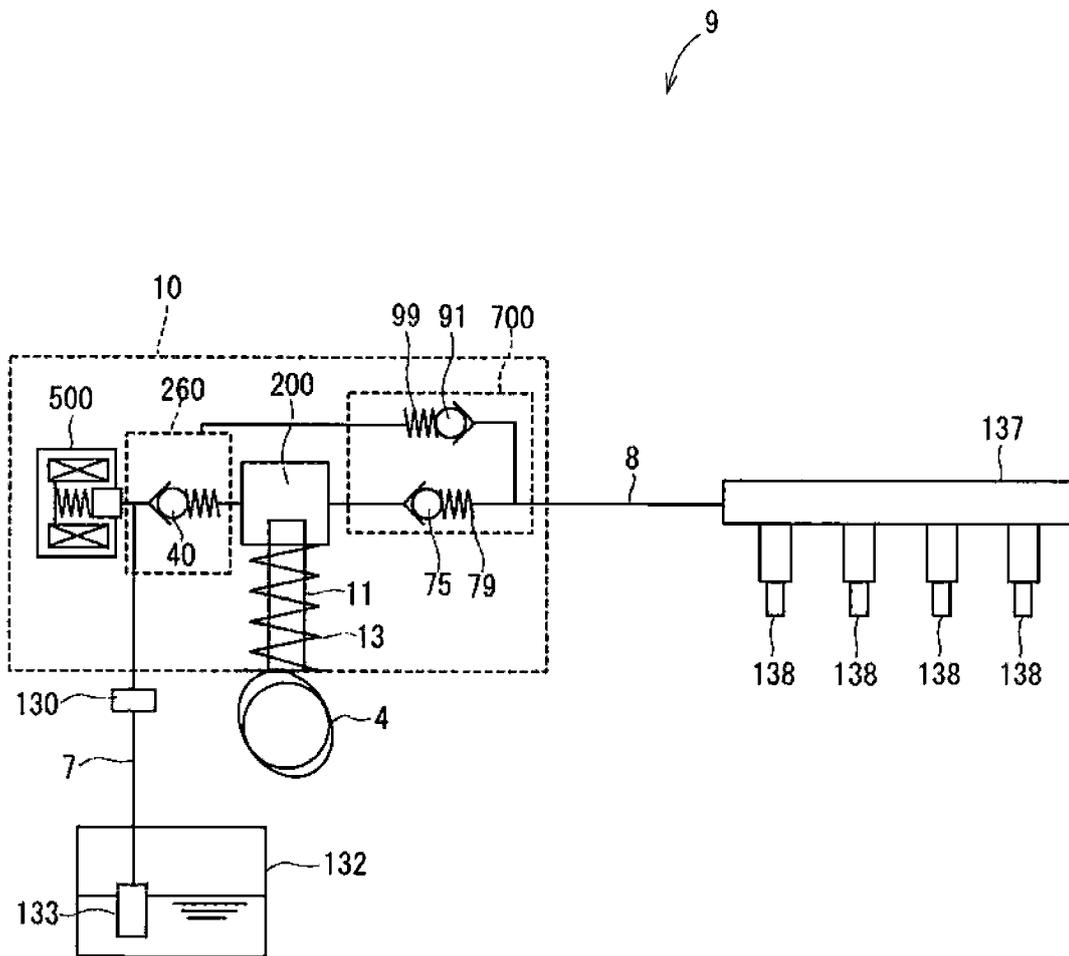


FIG. 2

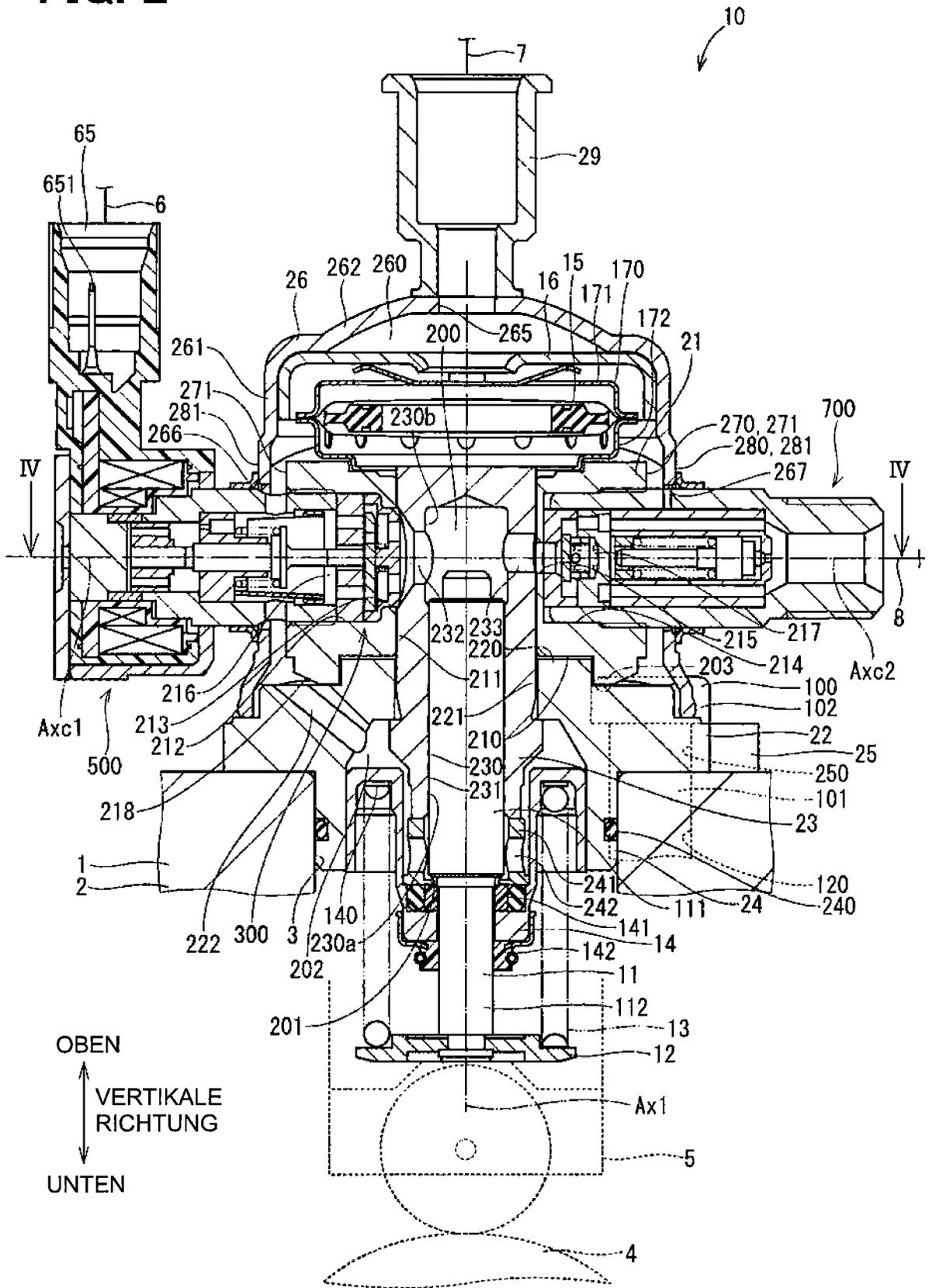


FIG. 3

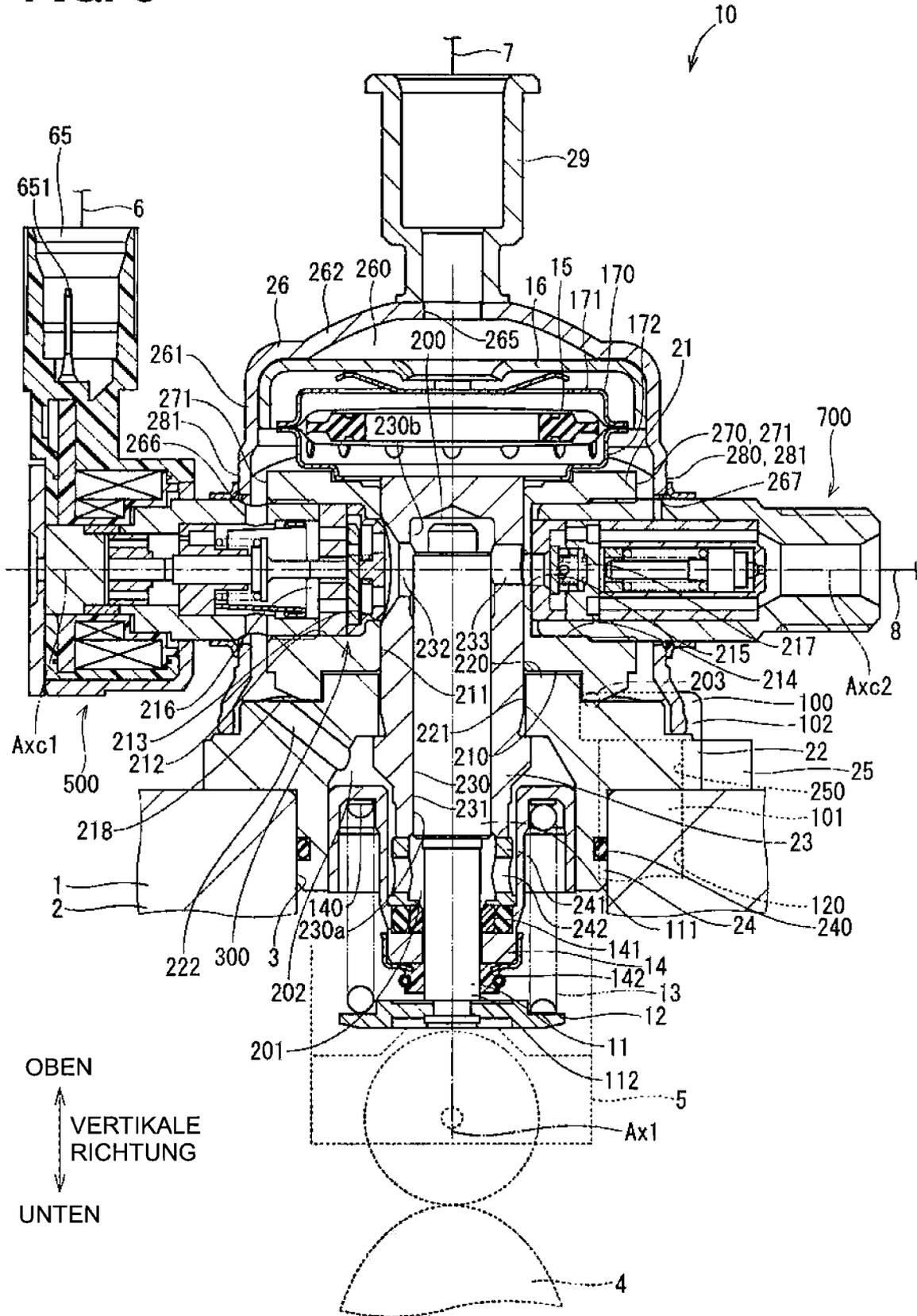


FIG. 4

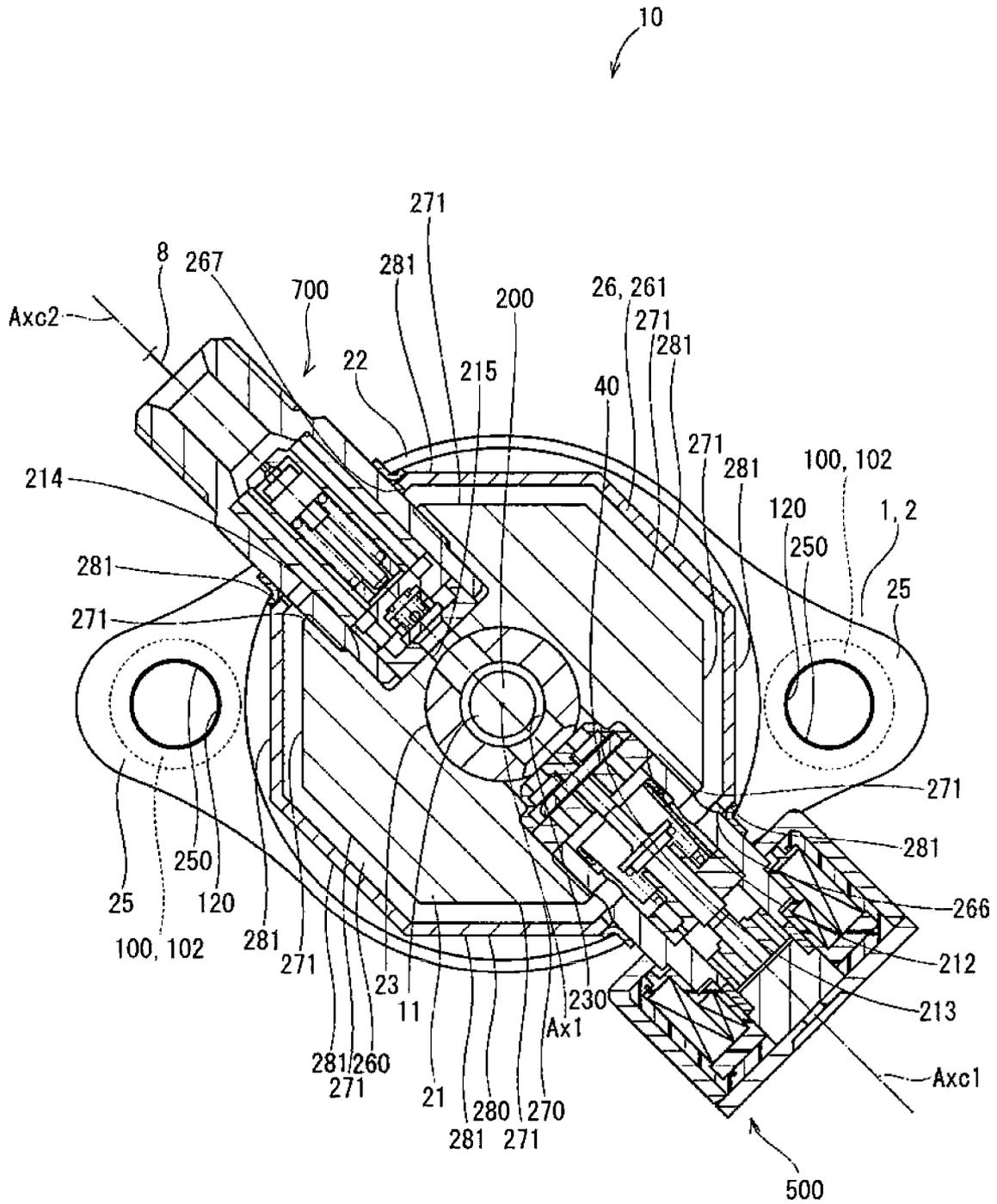


FIG. 5

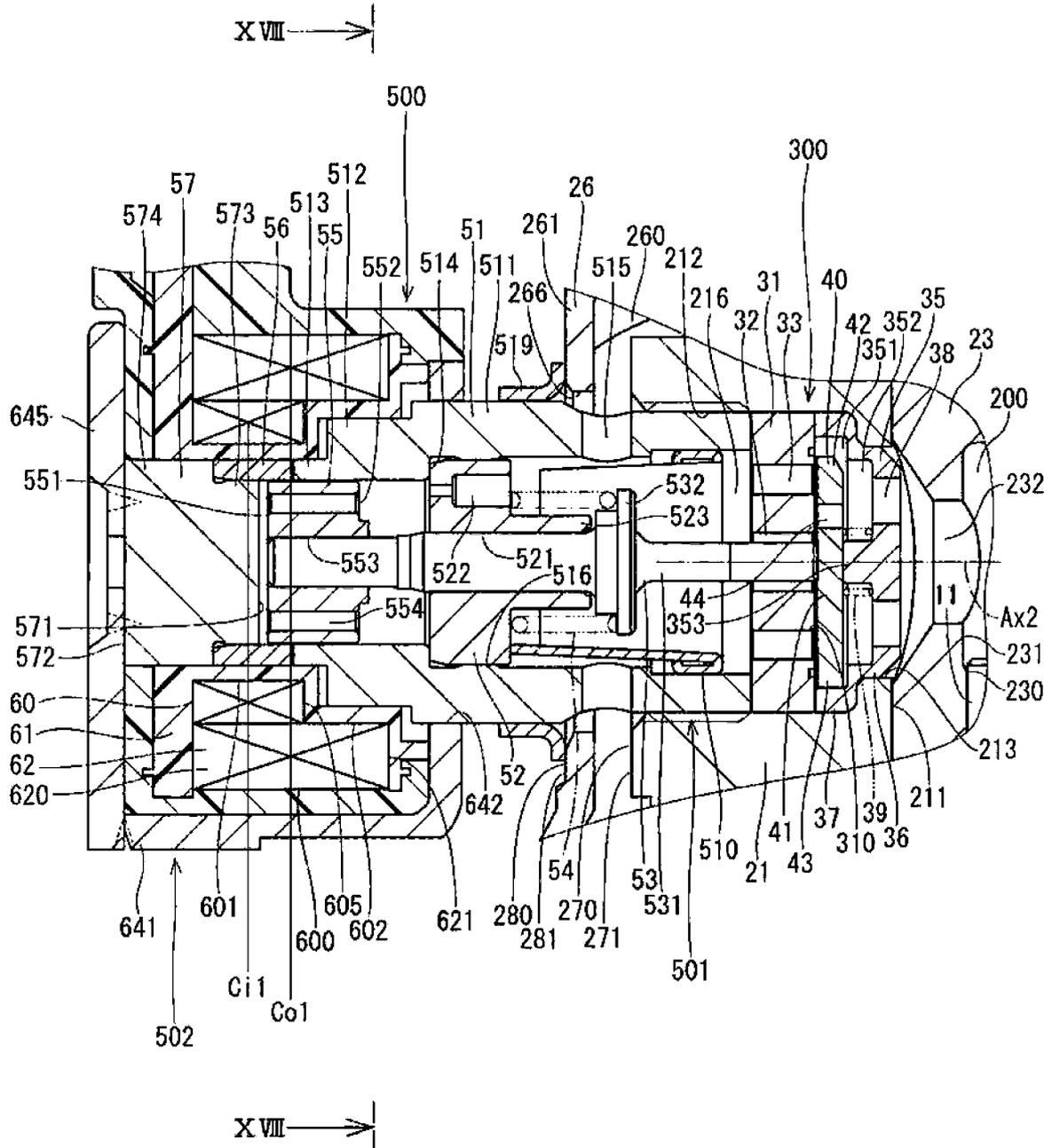


FIG. 6

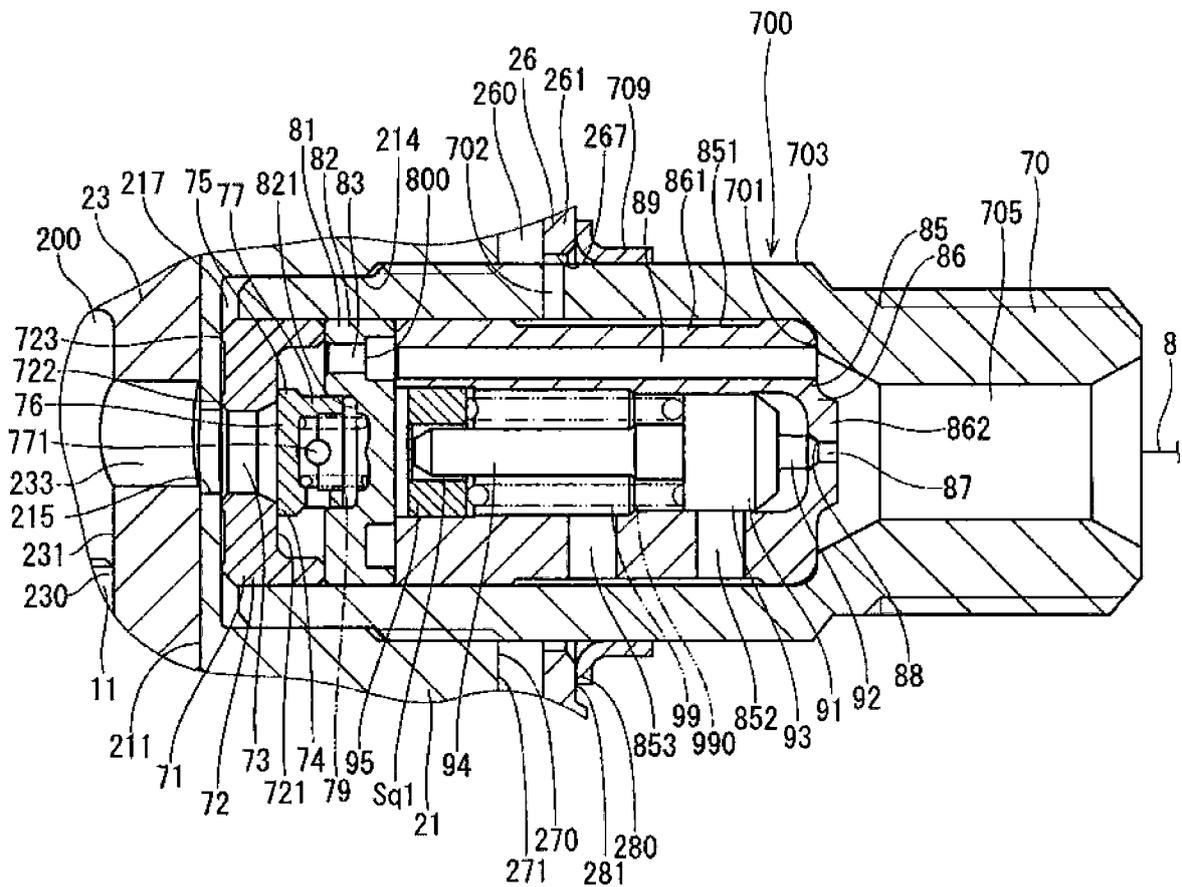


FIG. 7

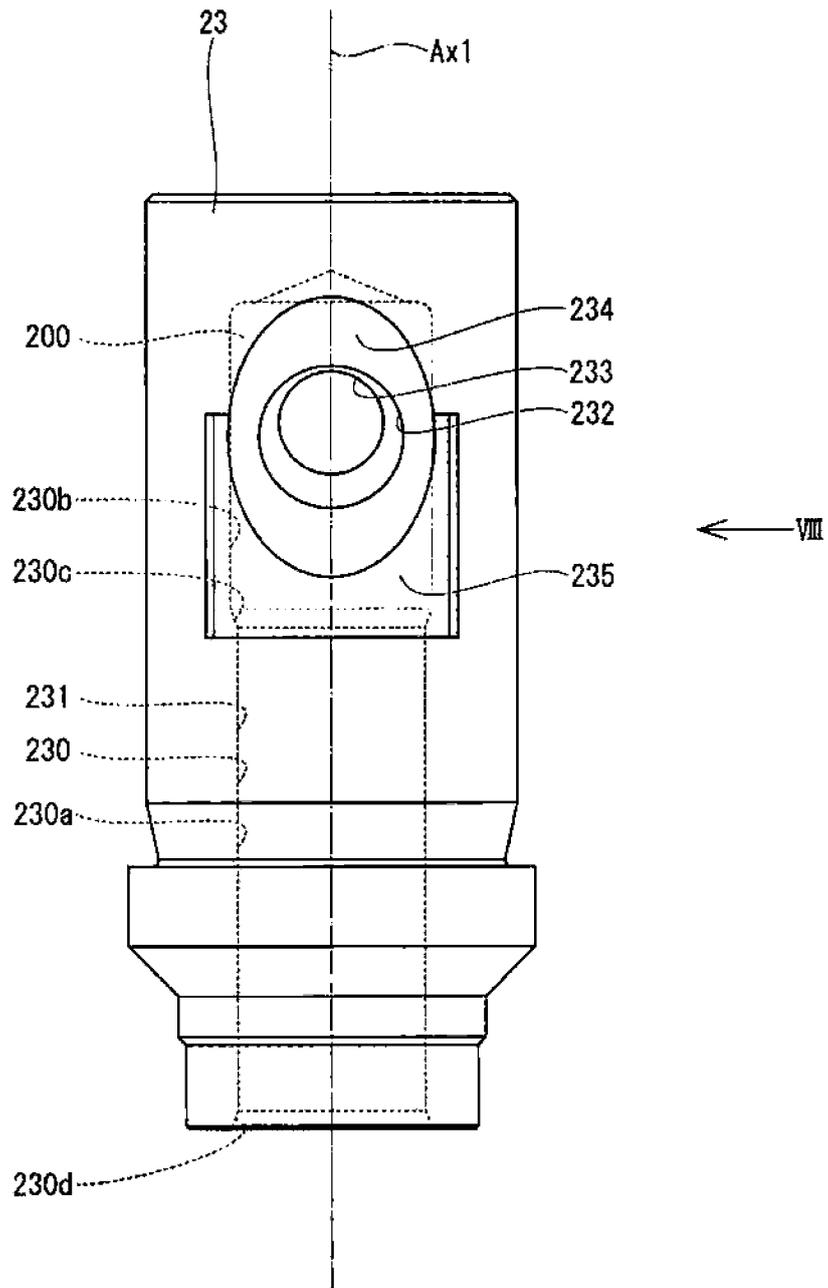


FIG. 8

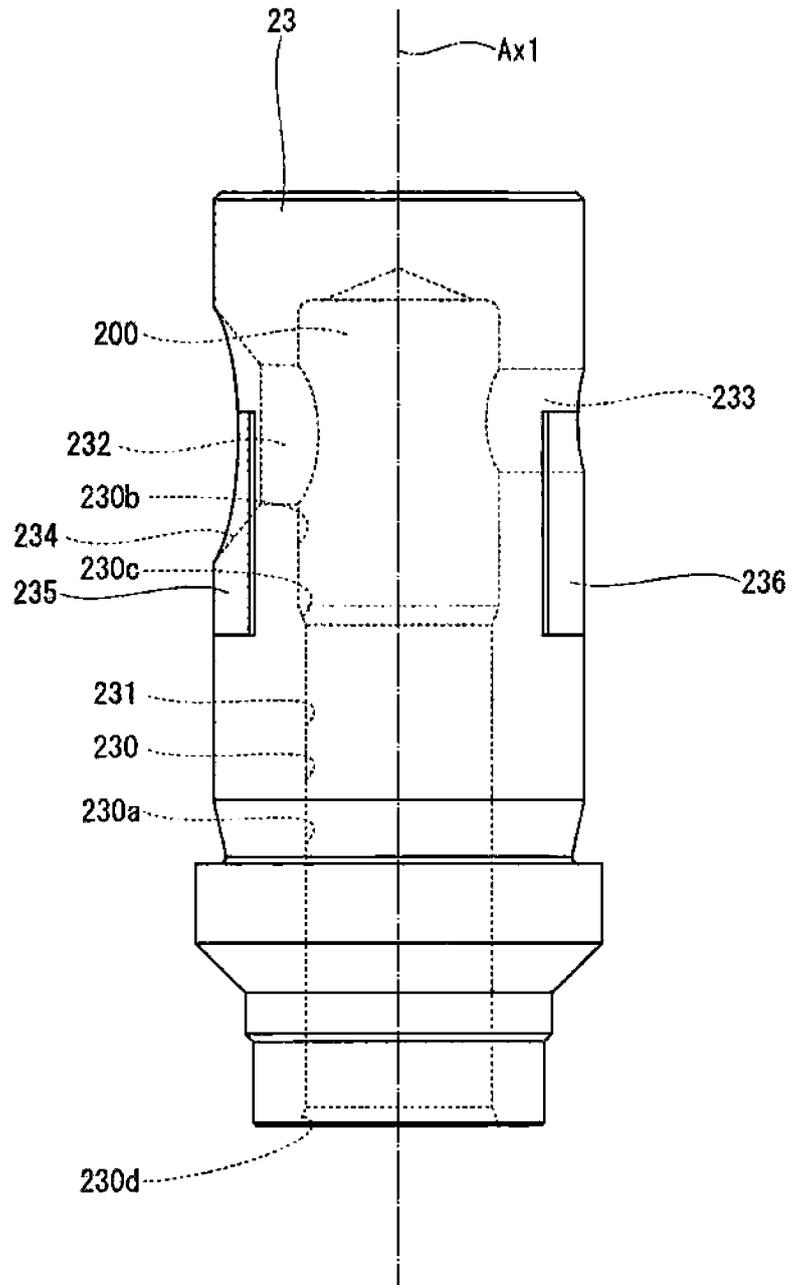


FIG. 9

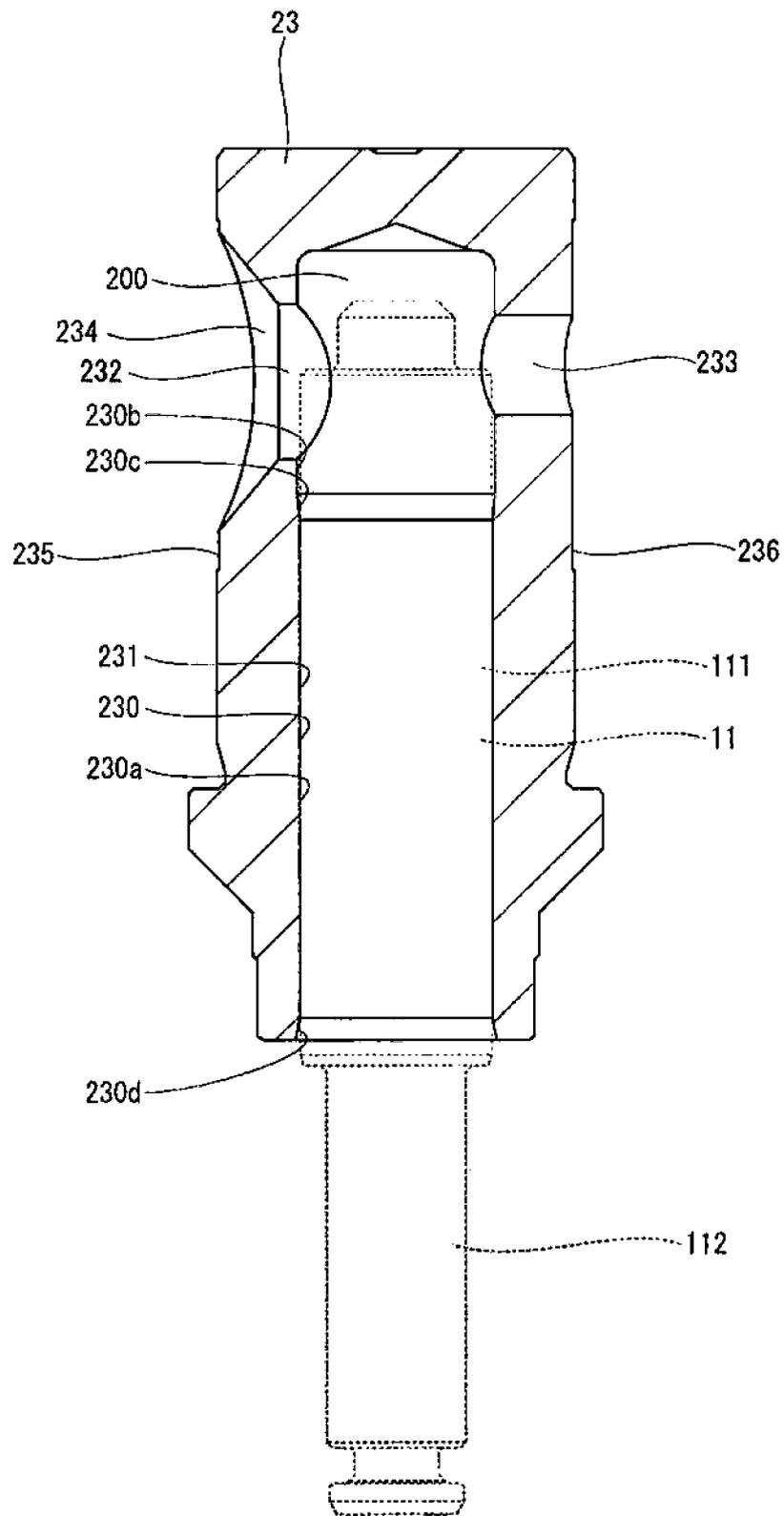


FIG. 11

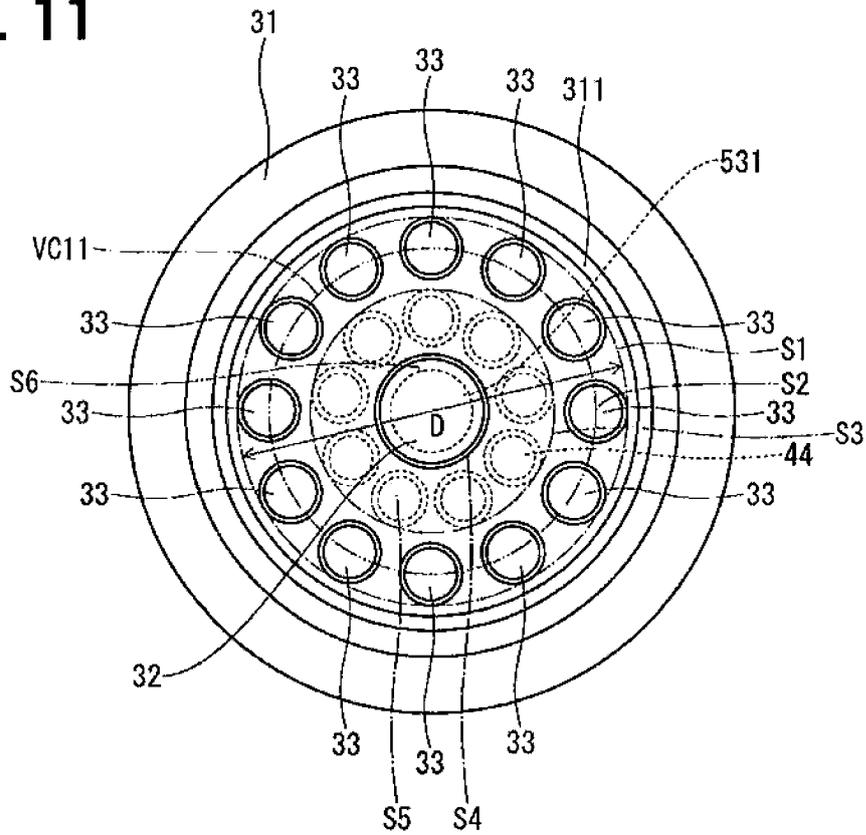


FIG. 12

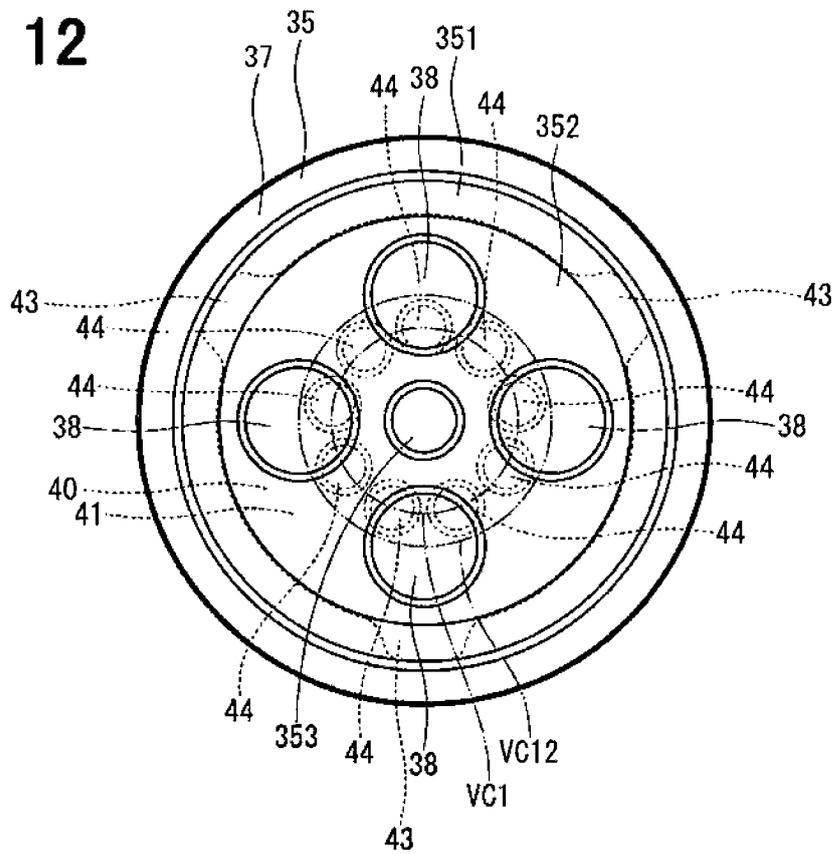


FIG. 13

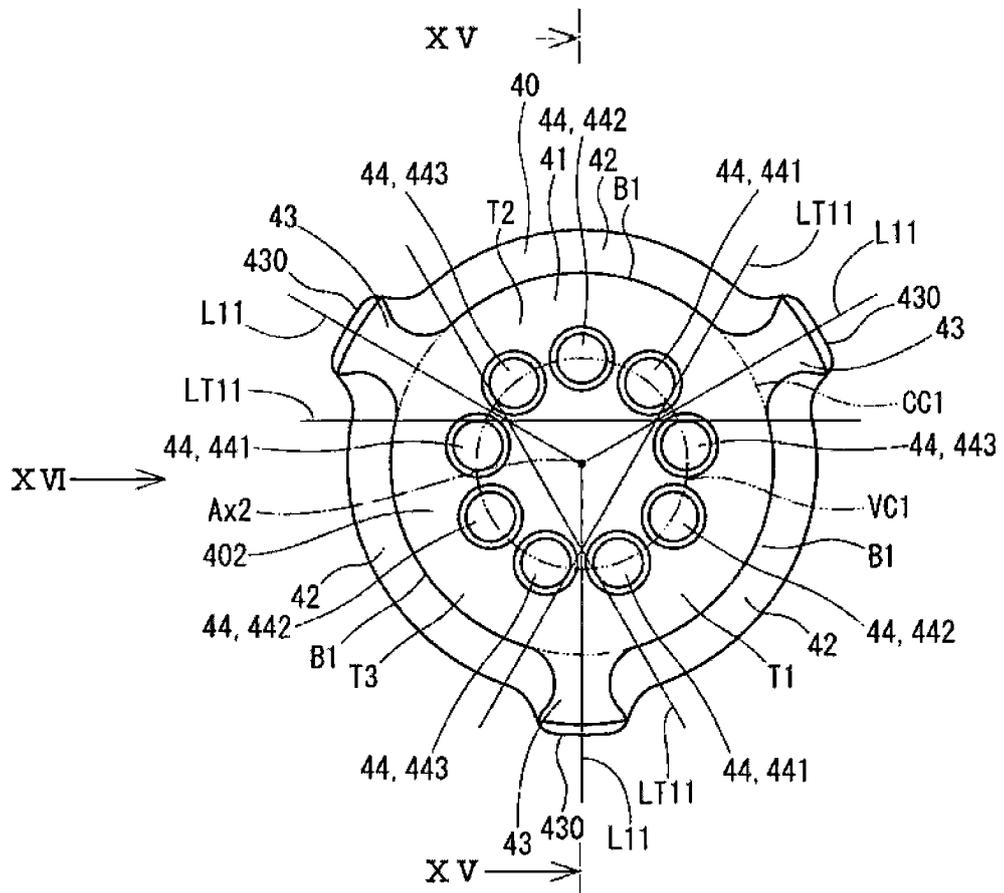


FIG. 14

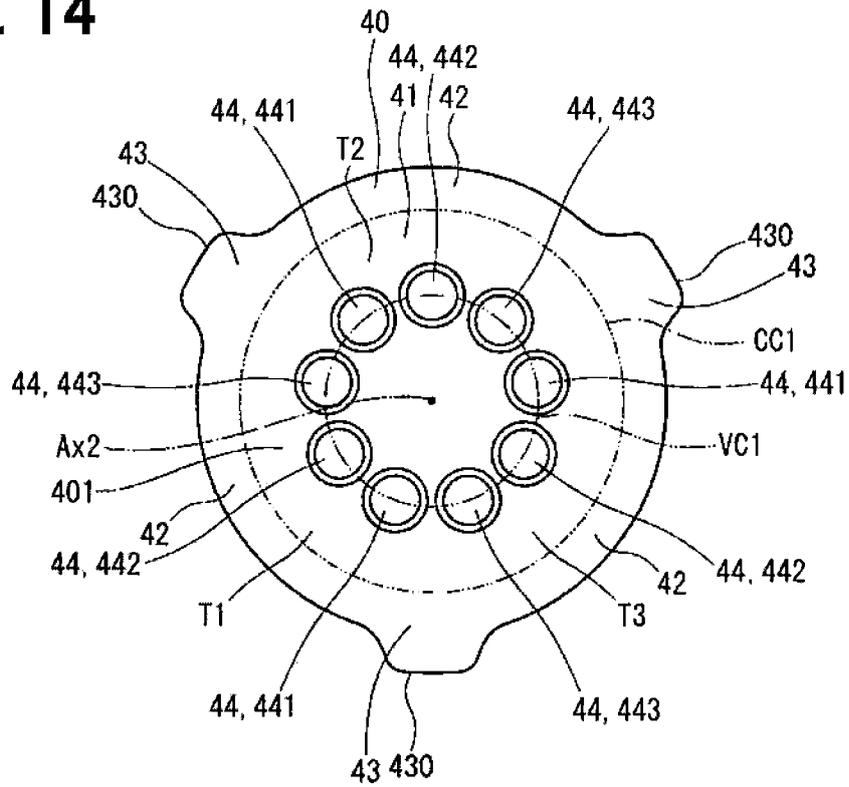


FIG. 15

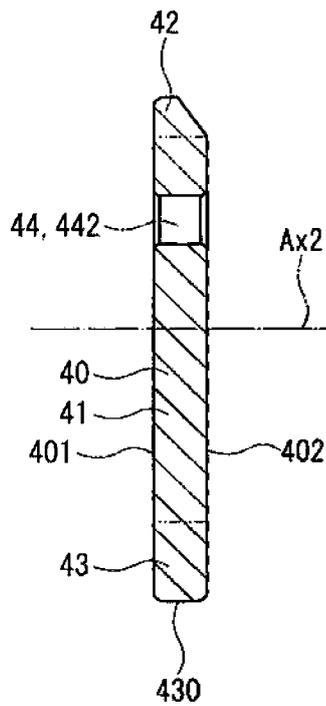


FIG. 16

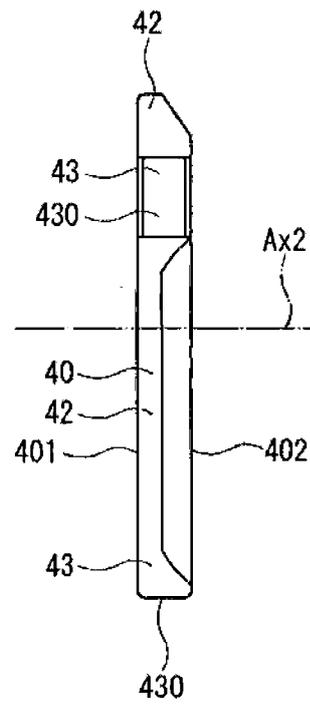


FIG. 17

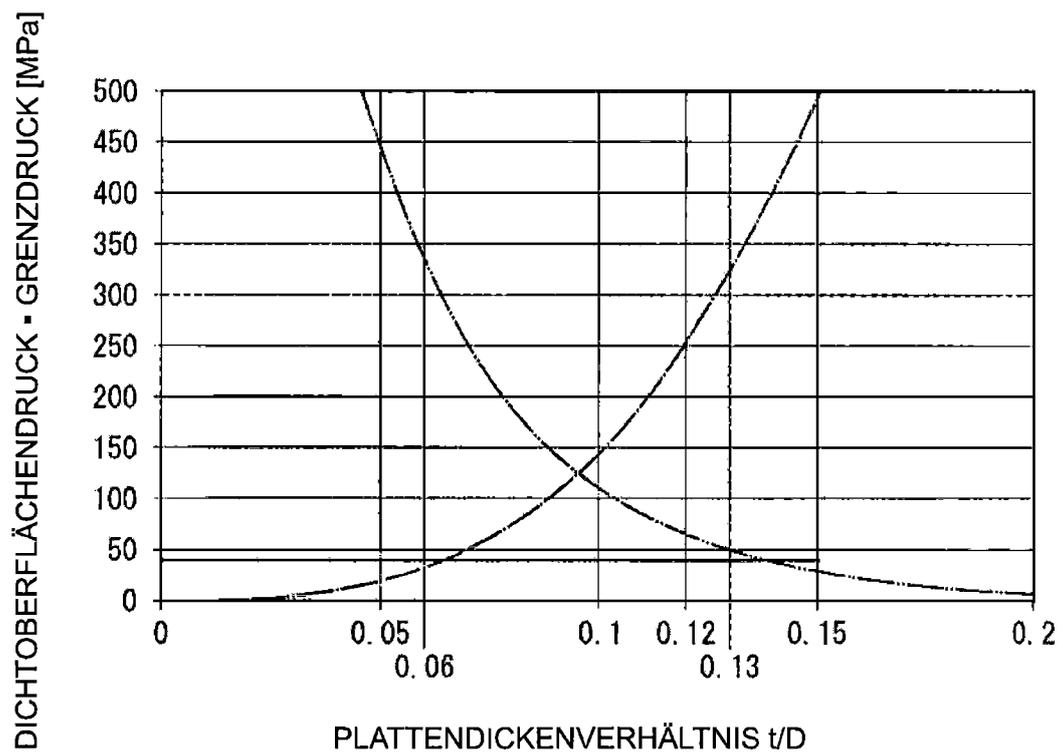


FIG. 18

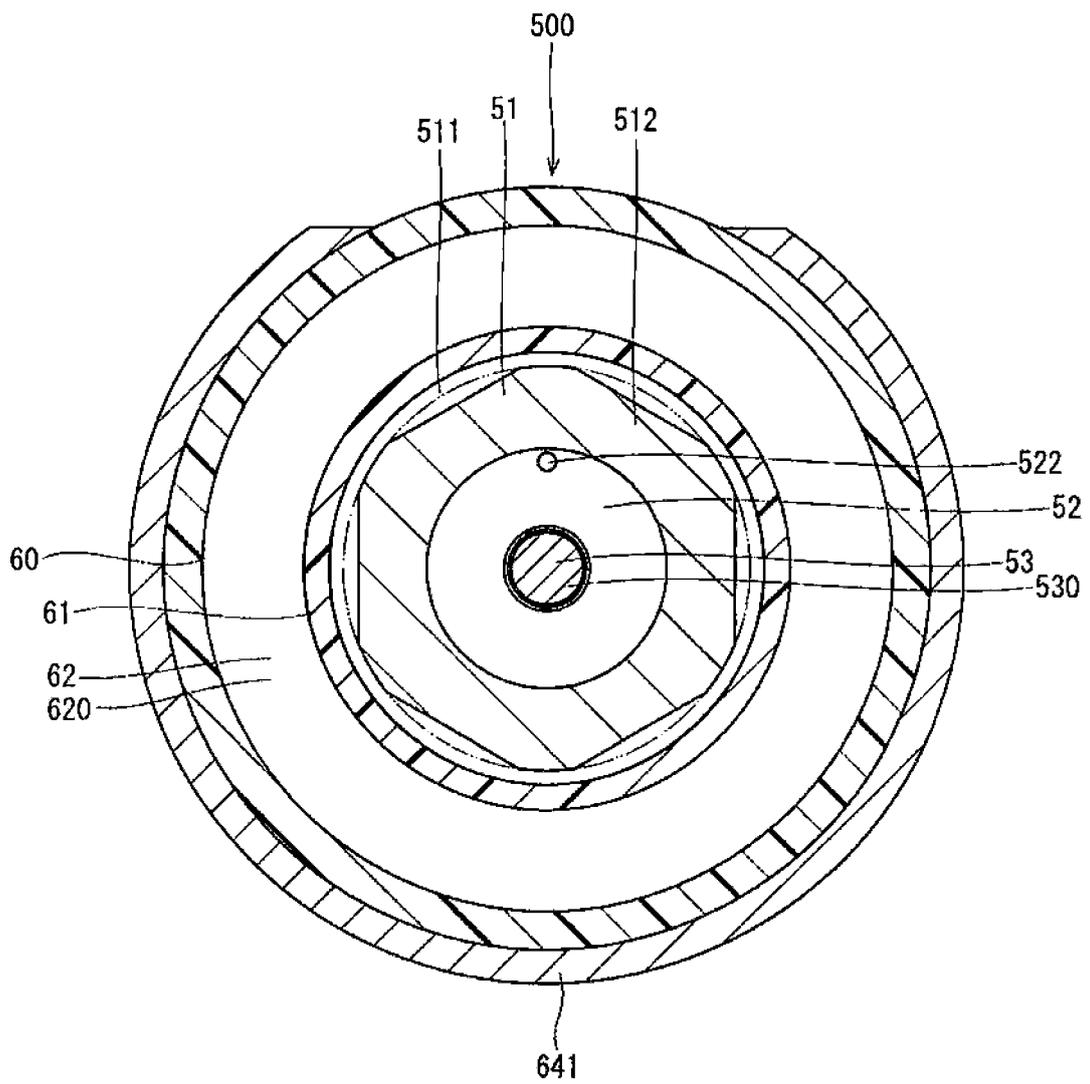


FIG. 19

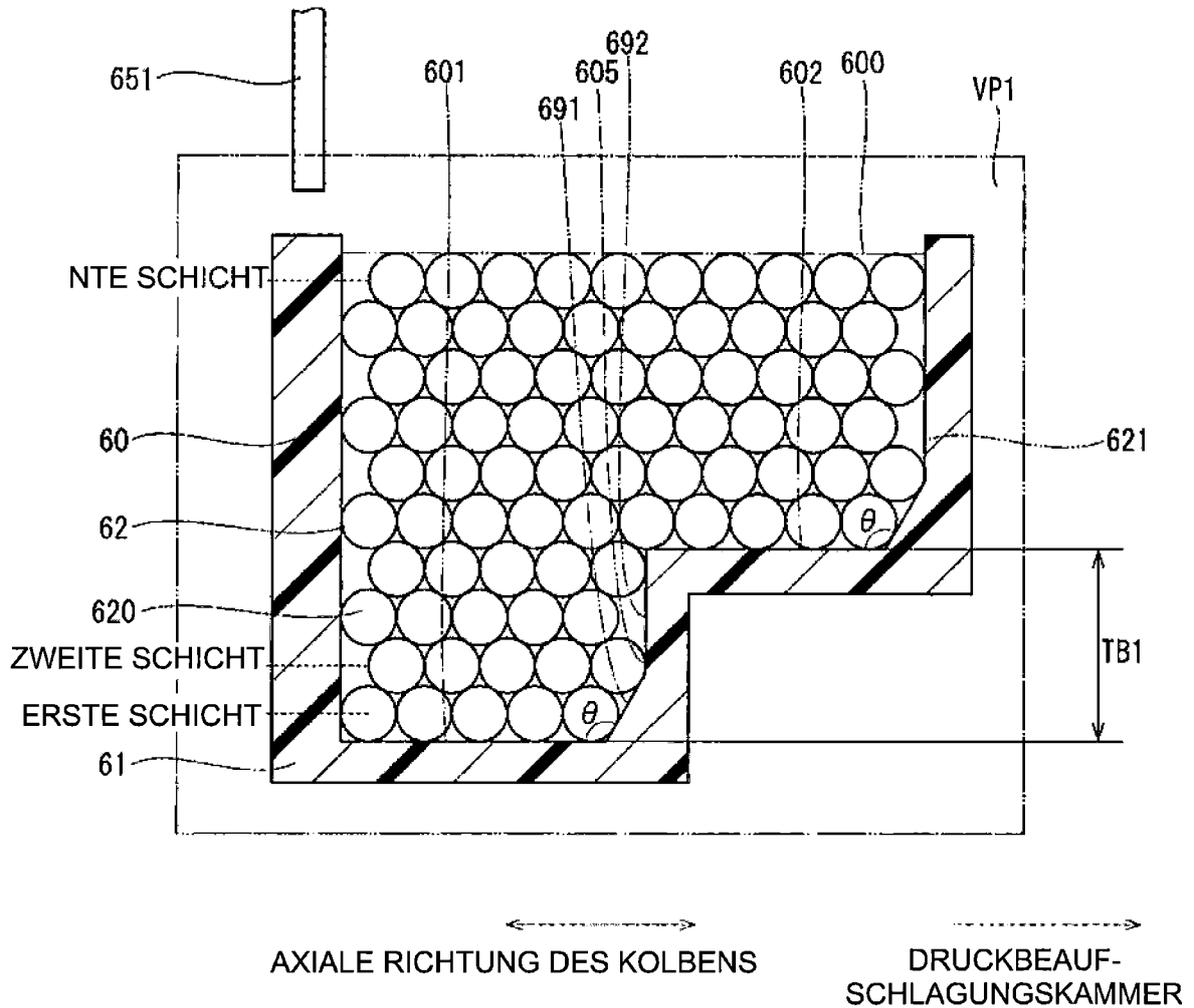


FIG. 20

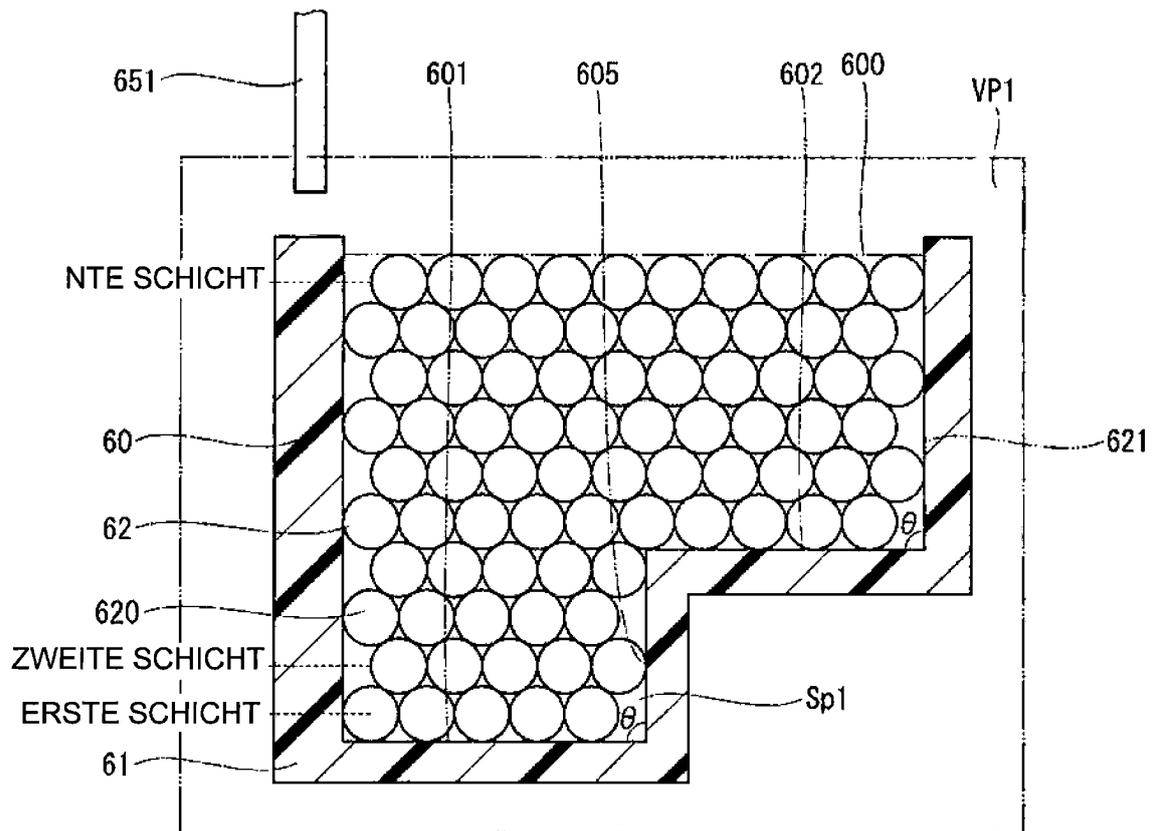


FIG. 21

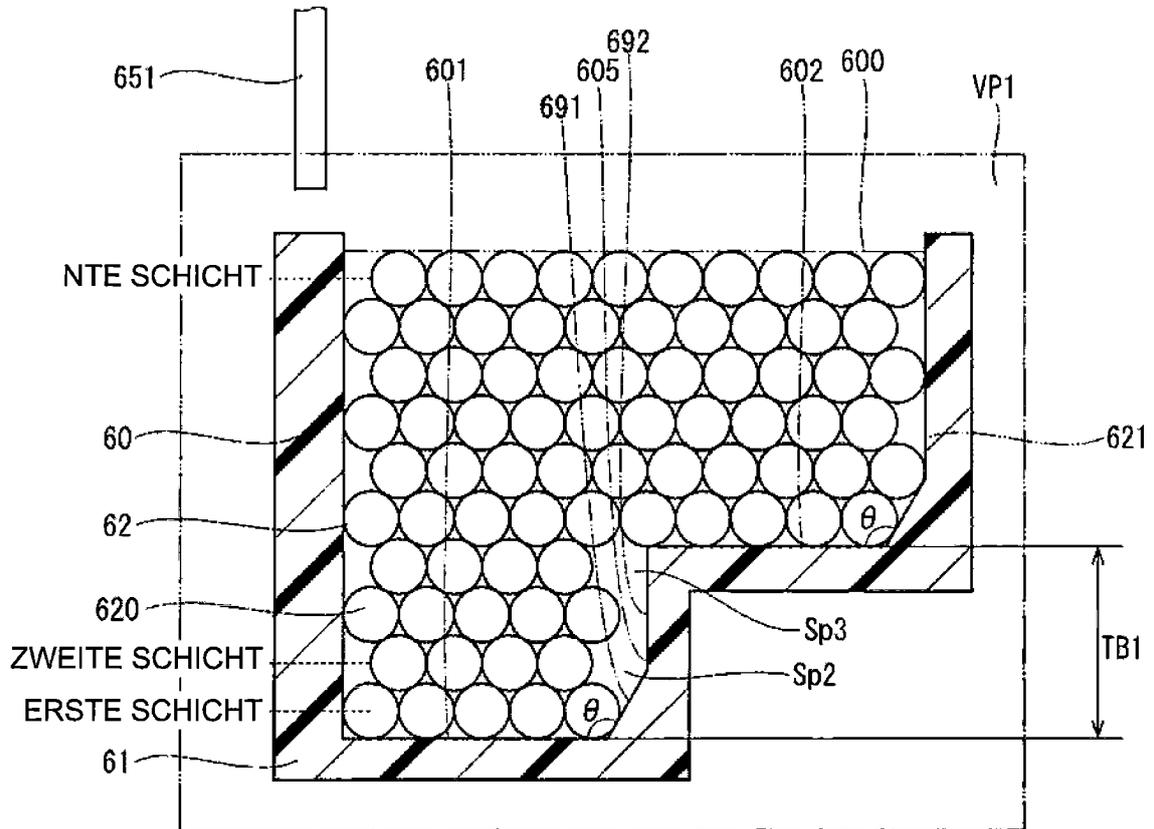


FIG. 22

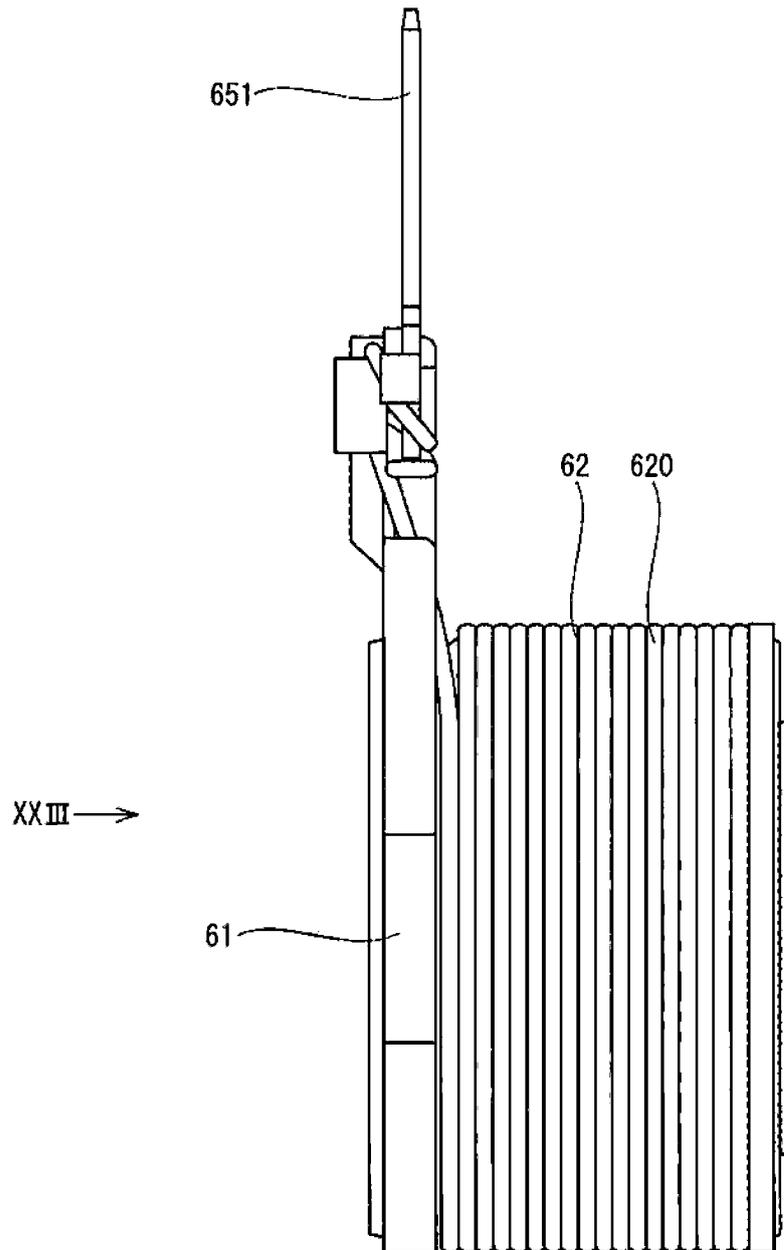


FIG. 23

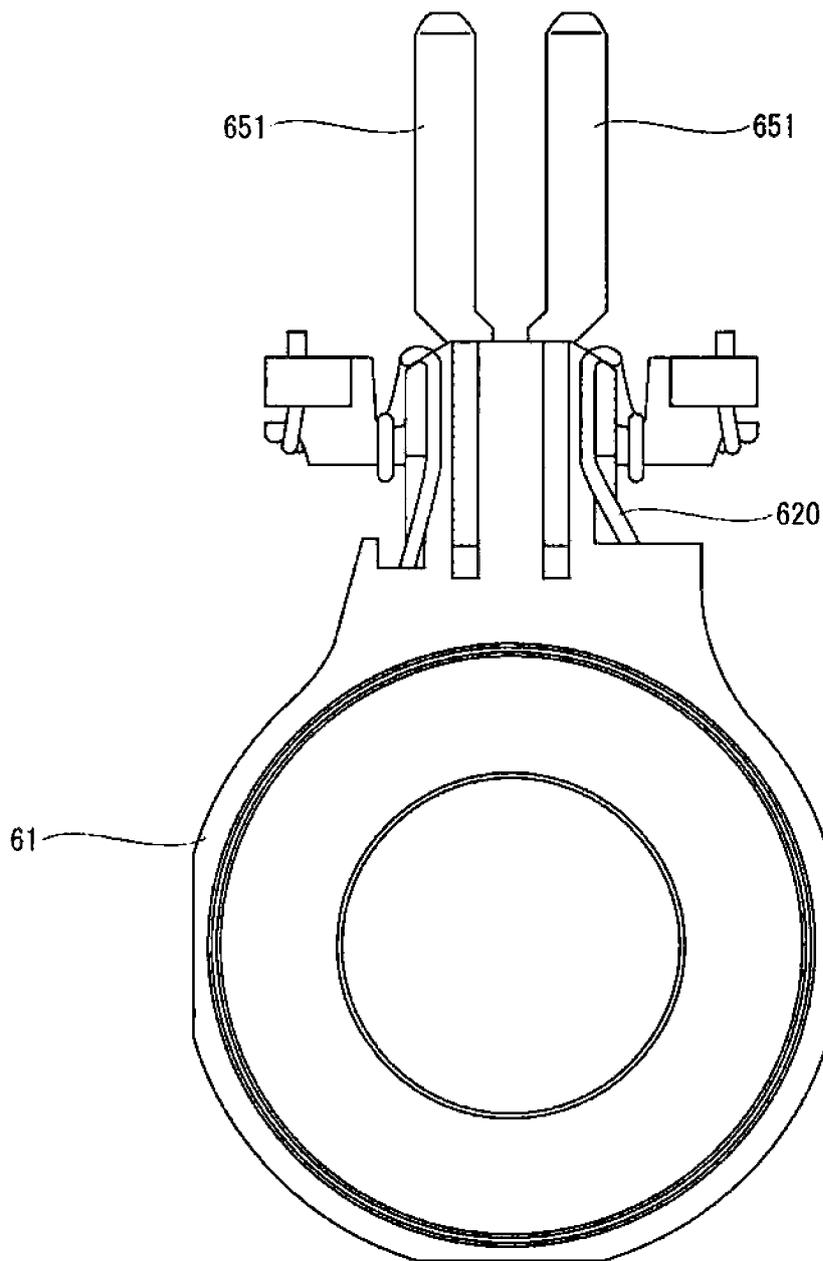


FIG. 24

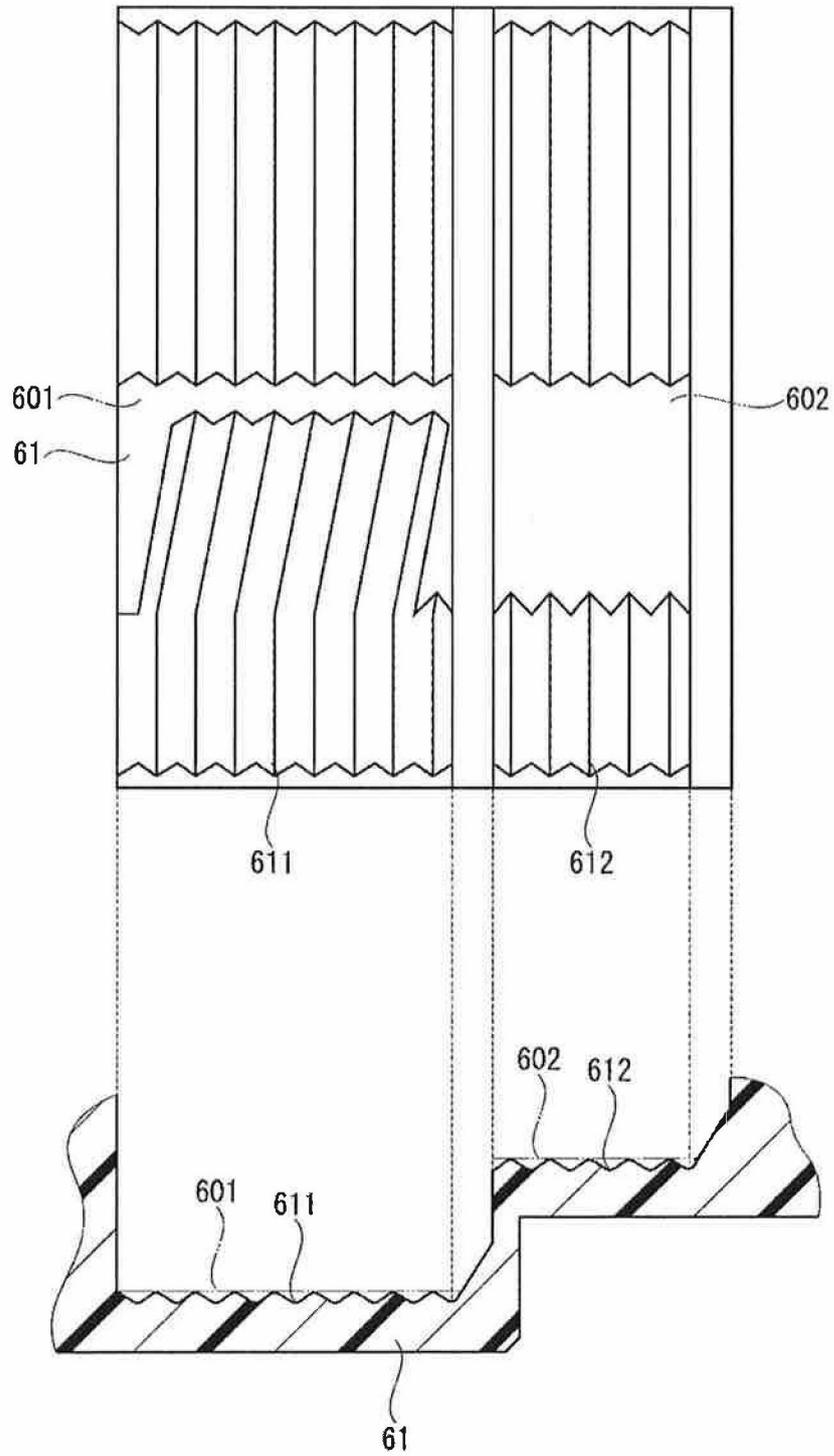


FIG. 25

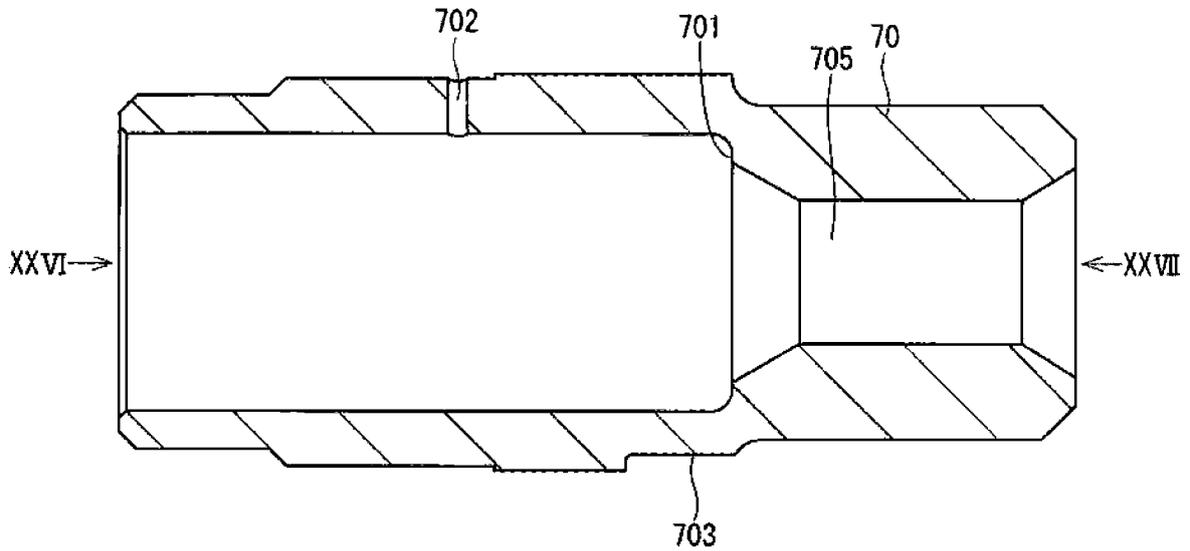


FIG. 26

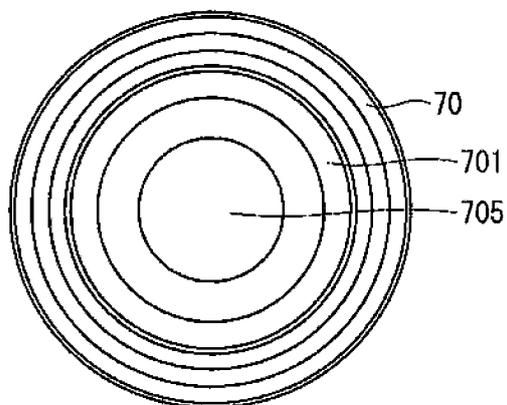


FIG. 27

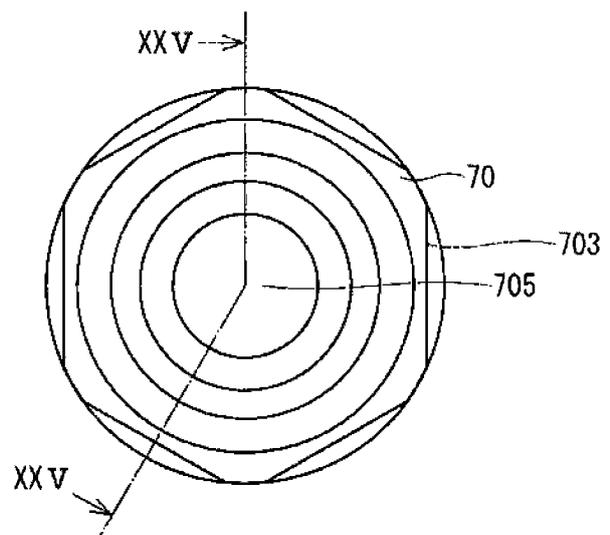


FIG. 28

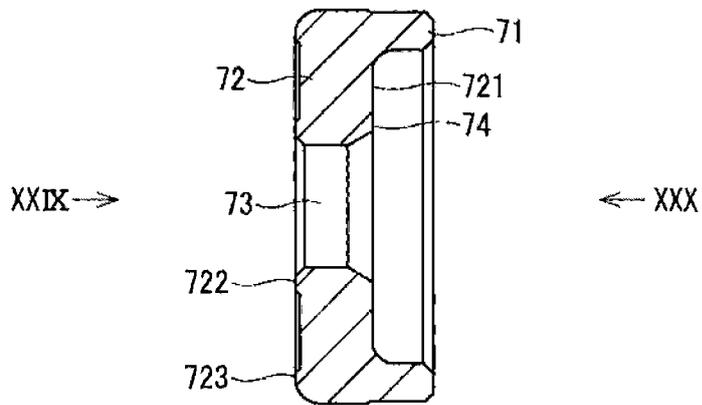


FIG. 29

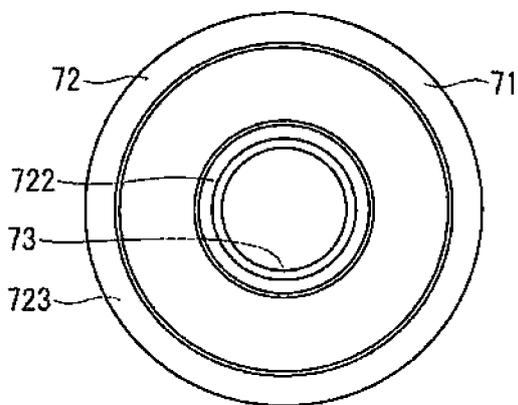


FIG. 30

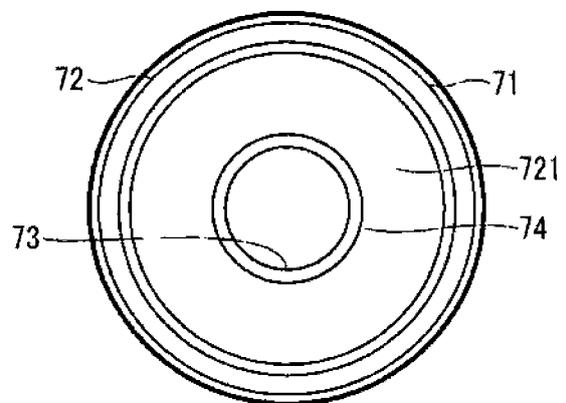


FIG. 31

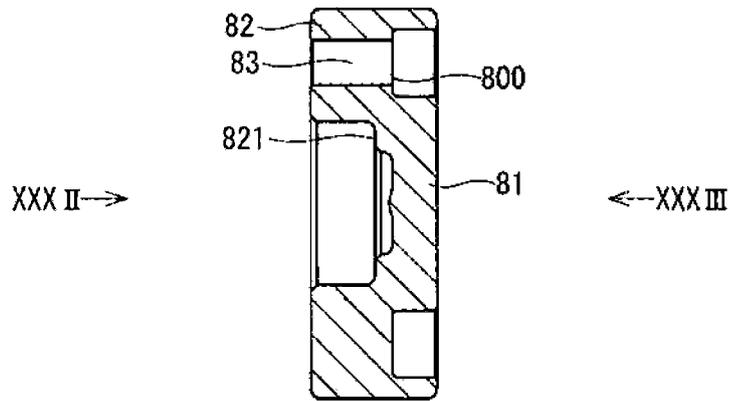


FIG. 32

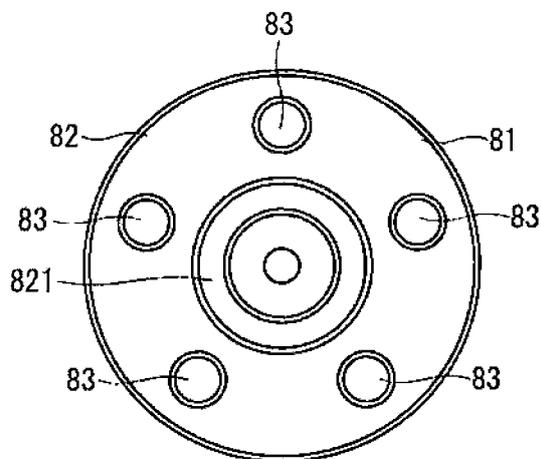


FIG. 33

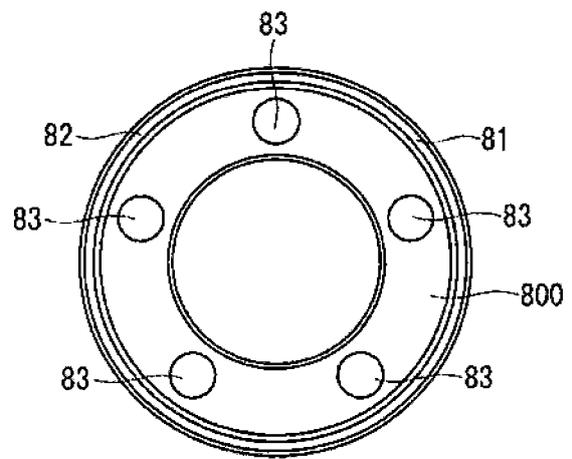


FIG. 34

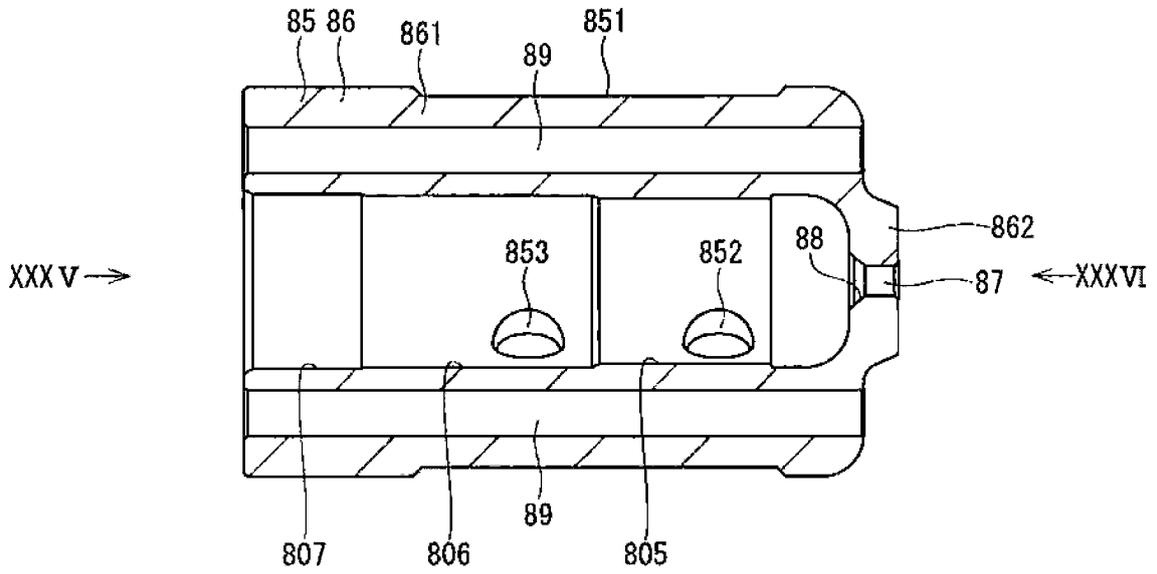


FIG. 35

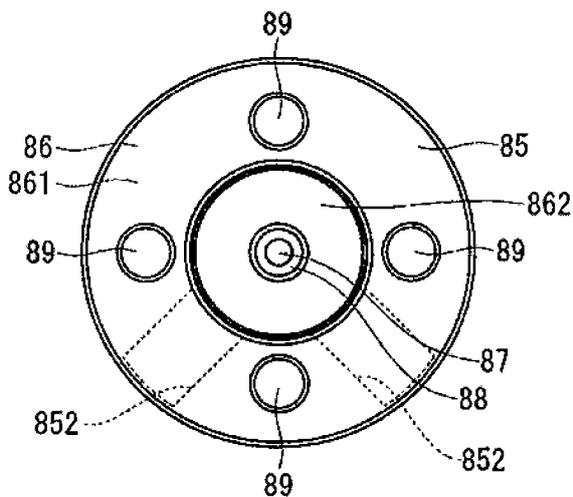


FIG. 36

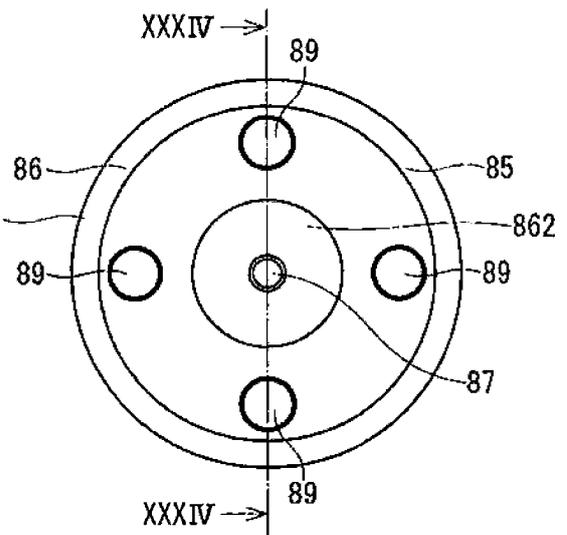


FIG. 37

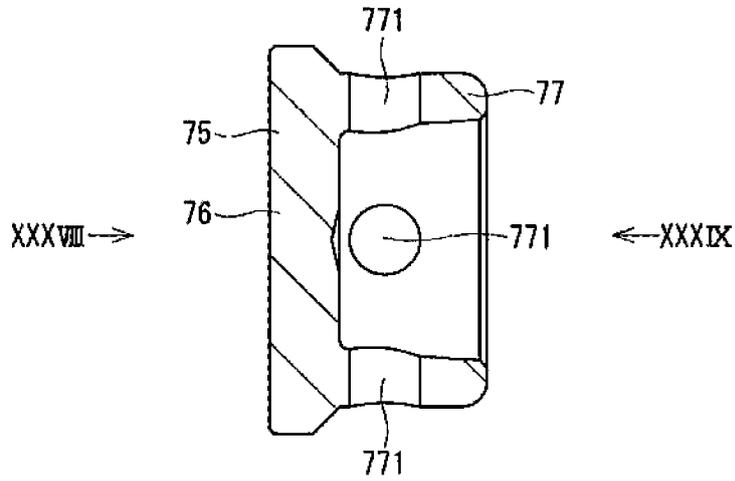


FIG. 38

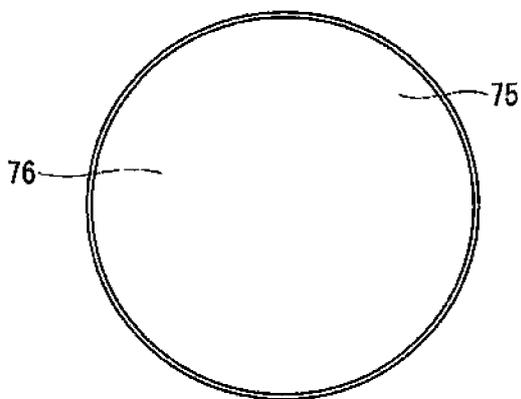


FIG. 39

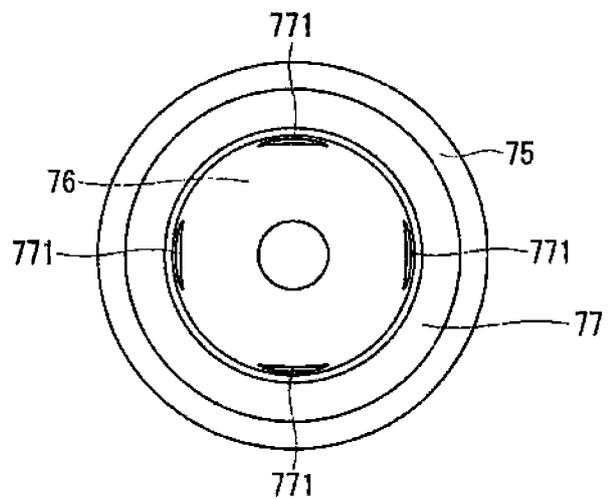


FIG. 40

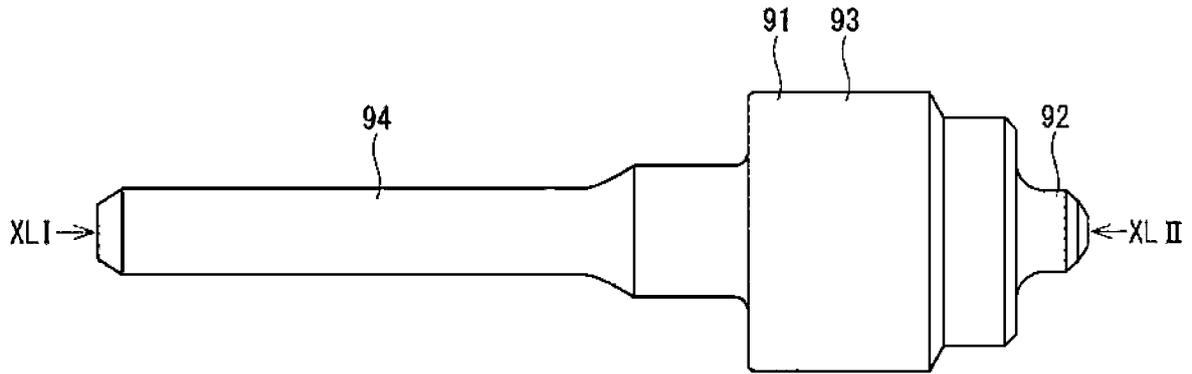


FIG. 41

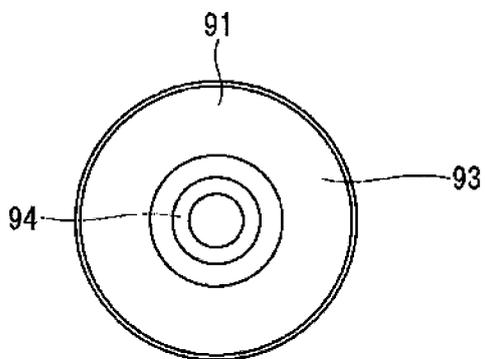


FIG. 42

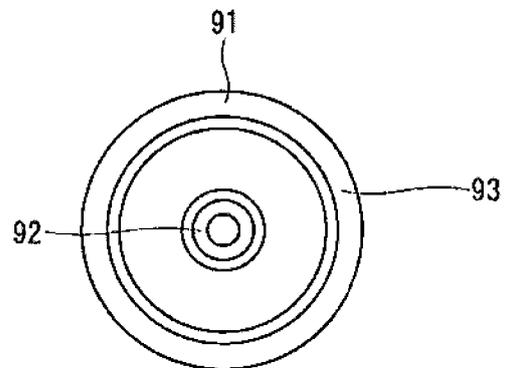


FIG. 43

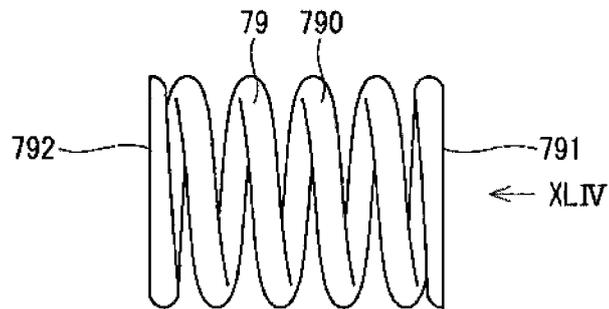


FIG. 44

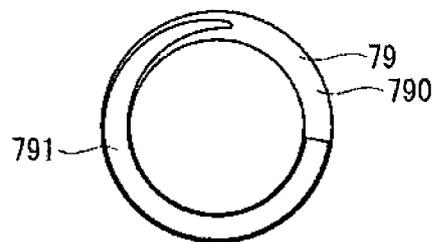


FIG. 45

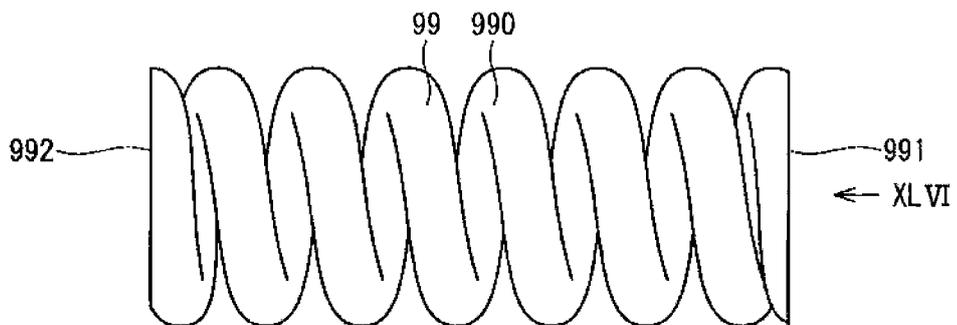


FIG. 46

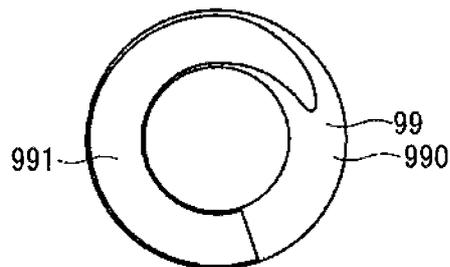


FIG. 47

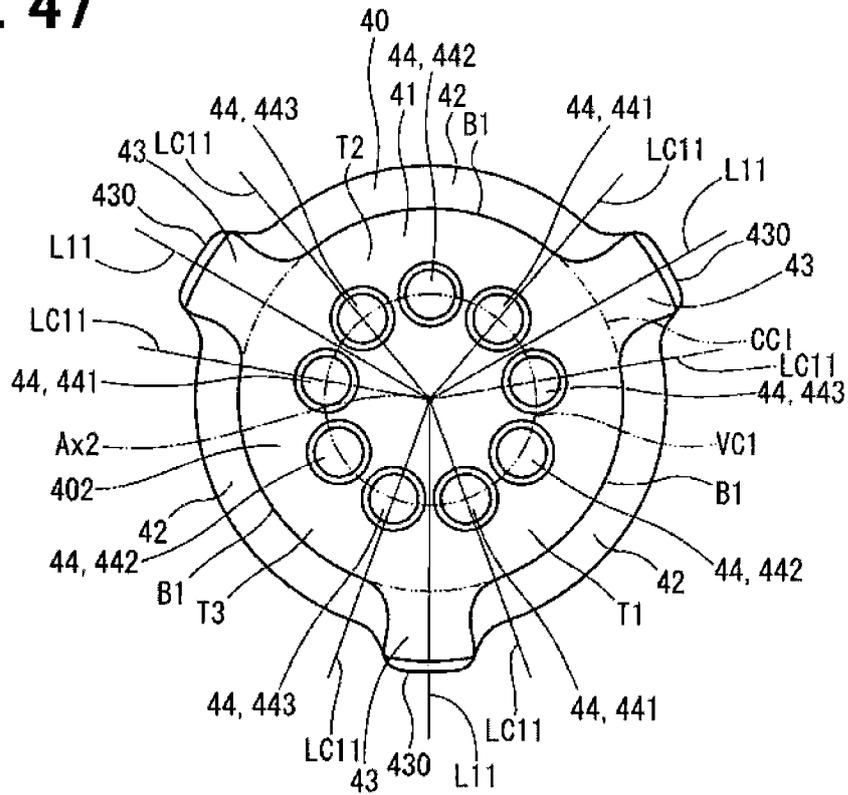


FIG. 48

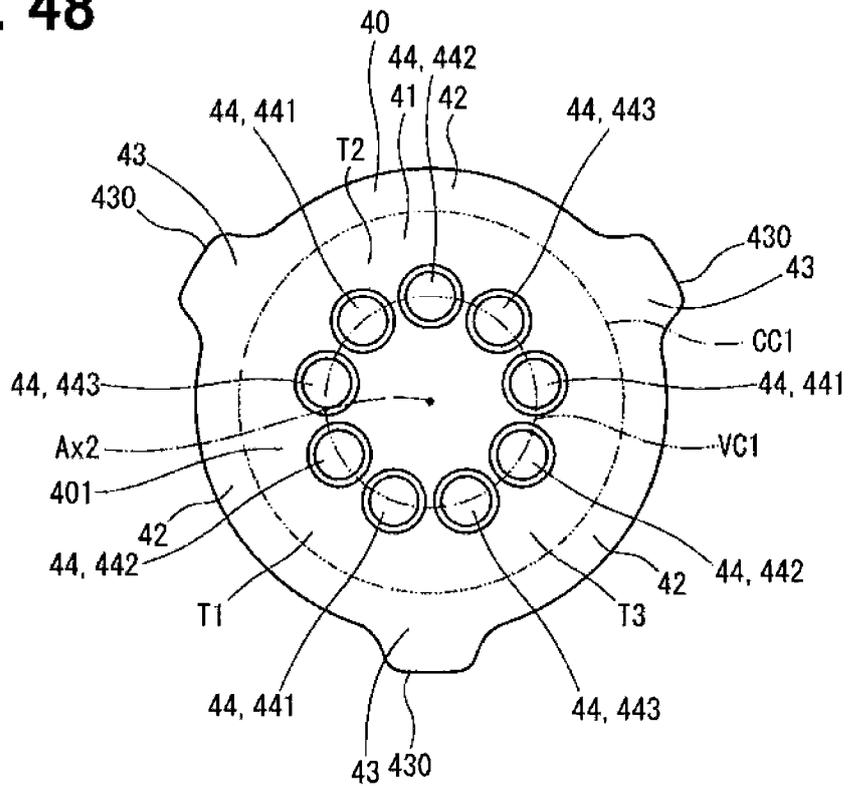


FIG. 49

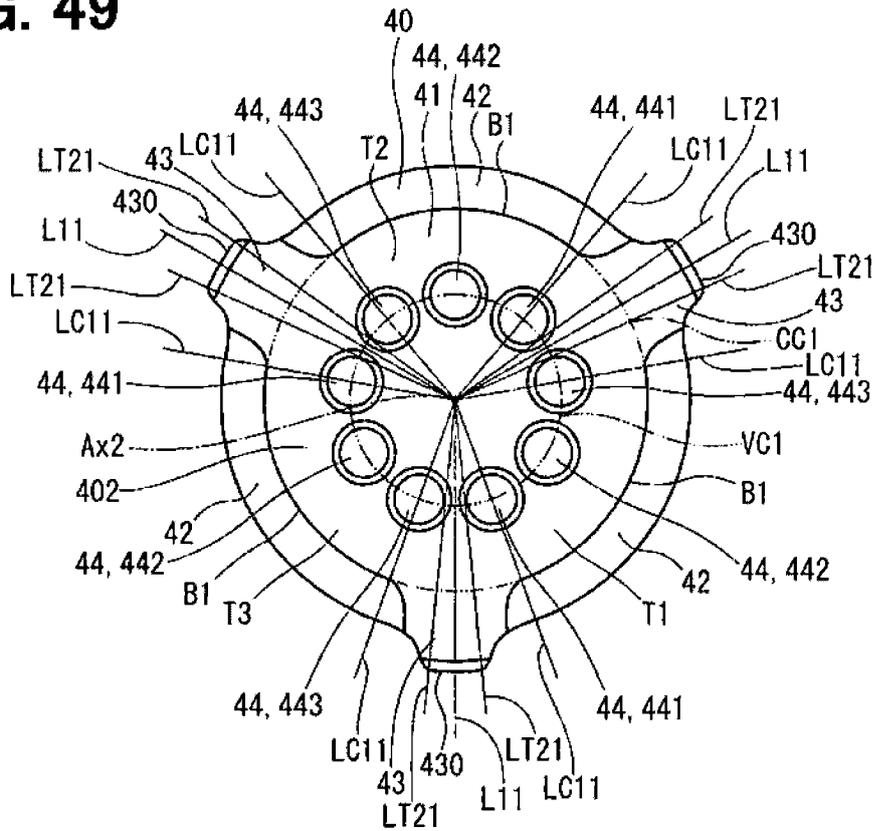


FIG. 50

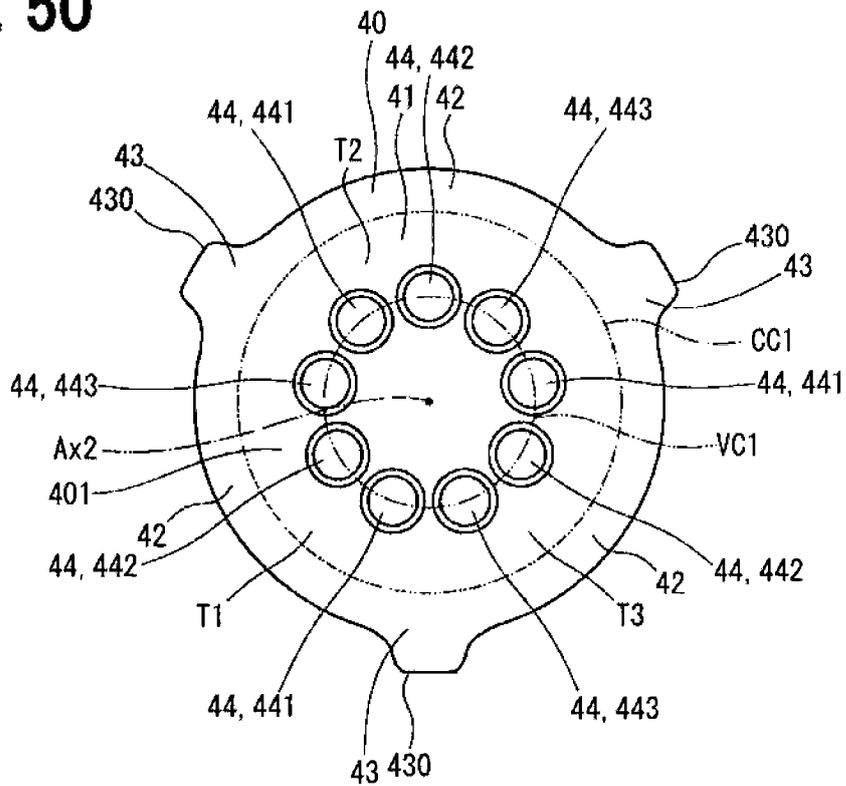


FIG. 53

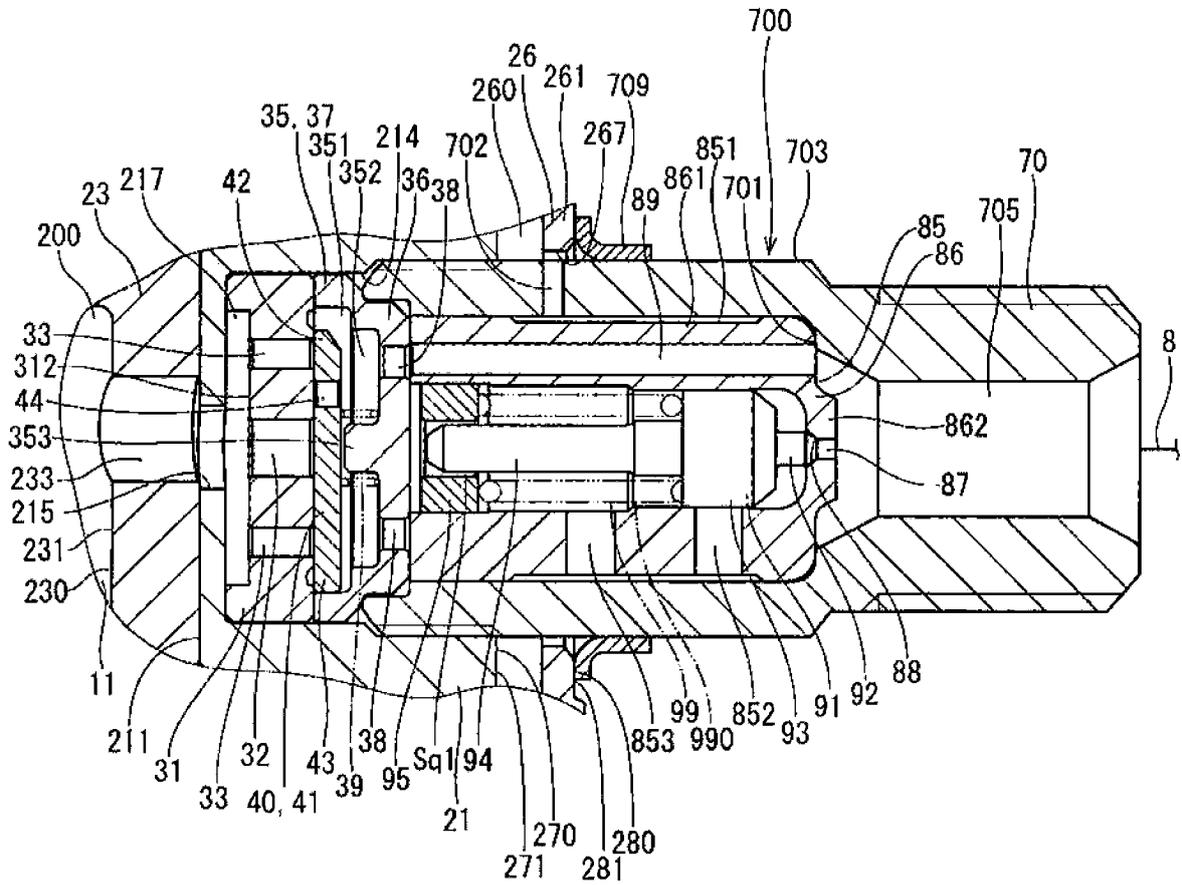


FIG. 54

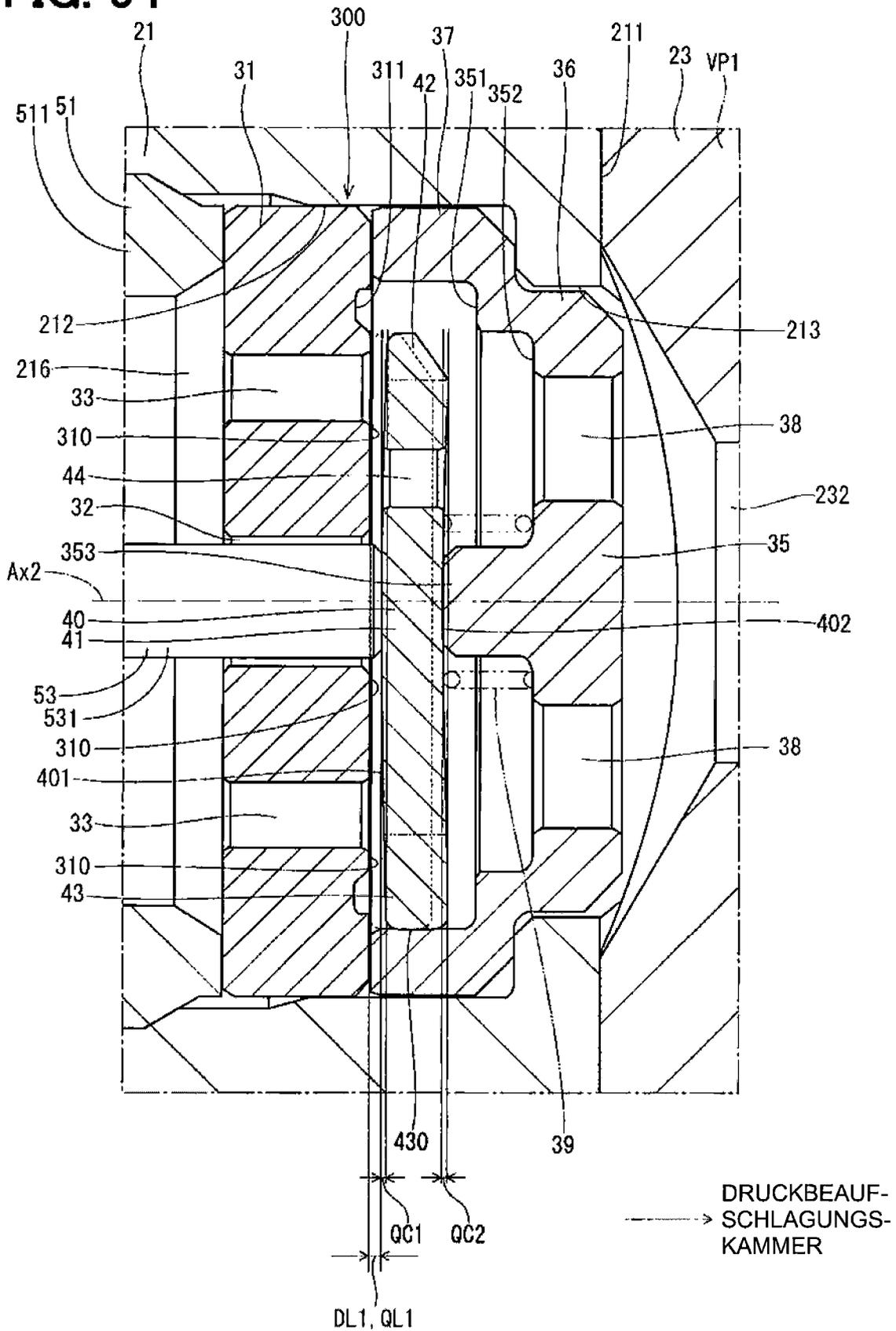


FIG. 55

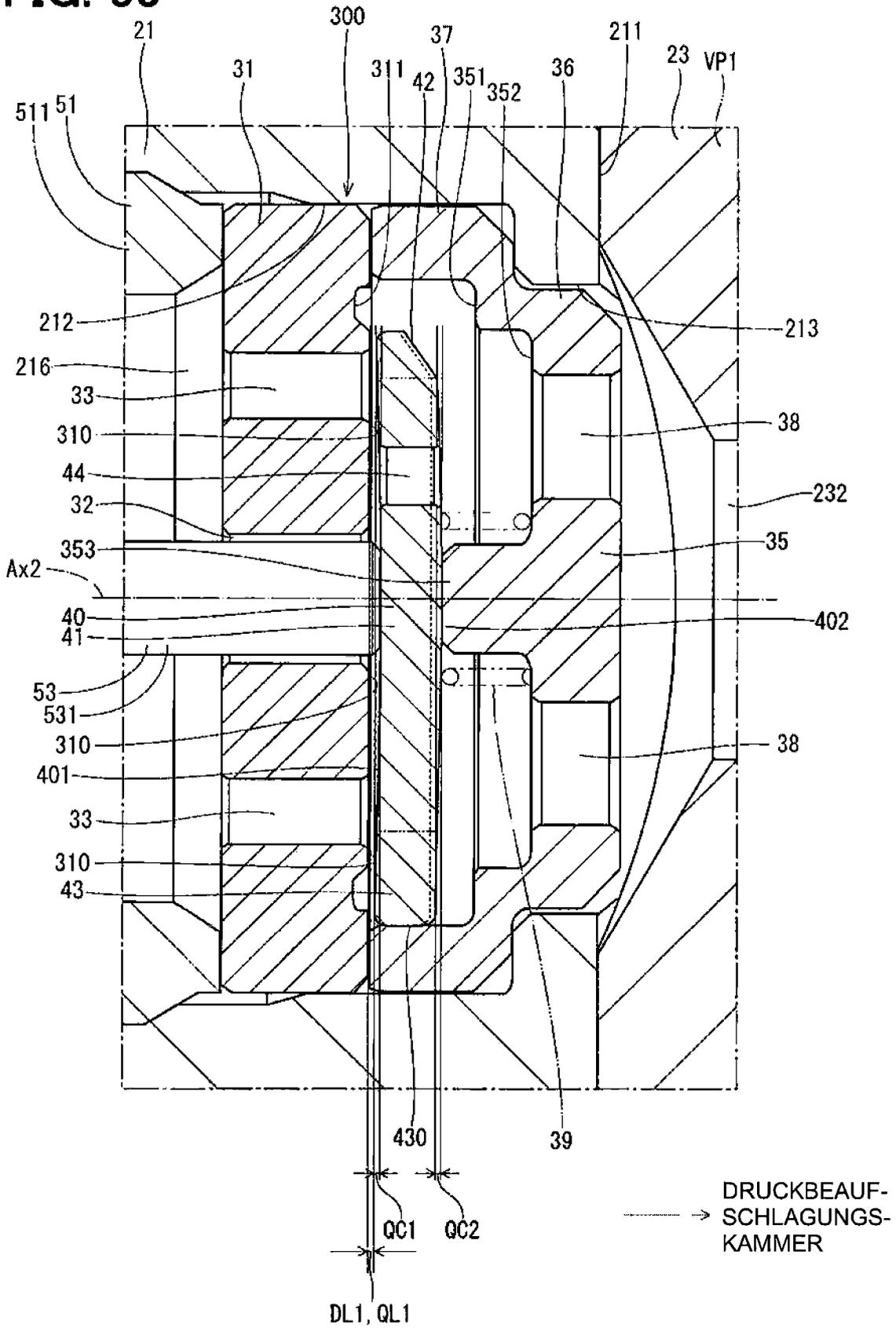


FIG. 56

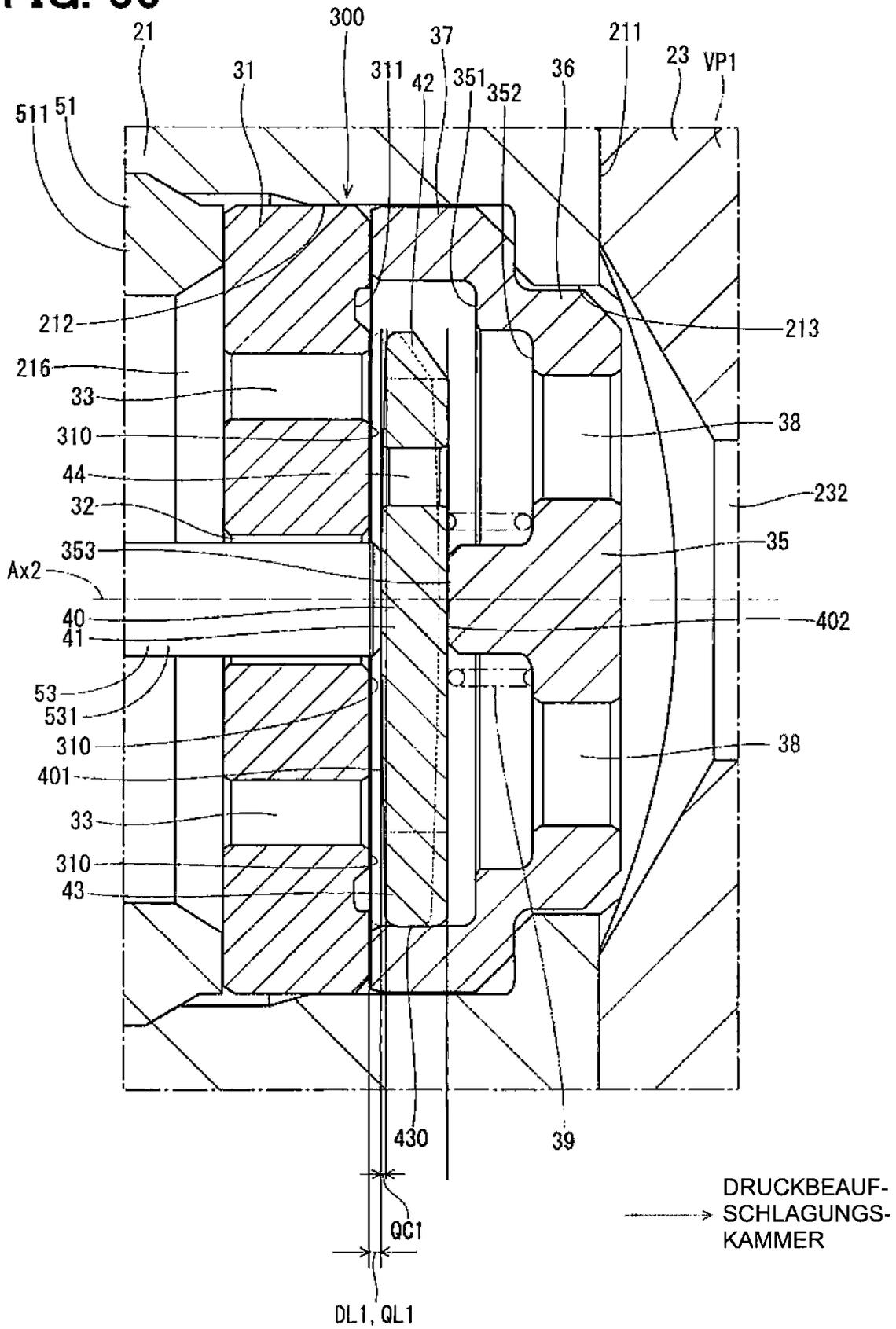


FIG. 57

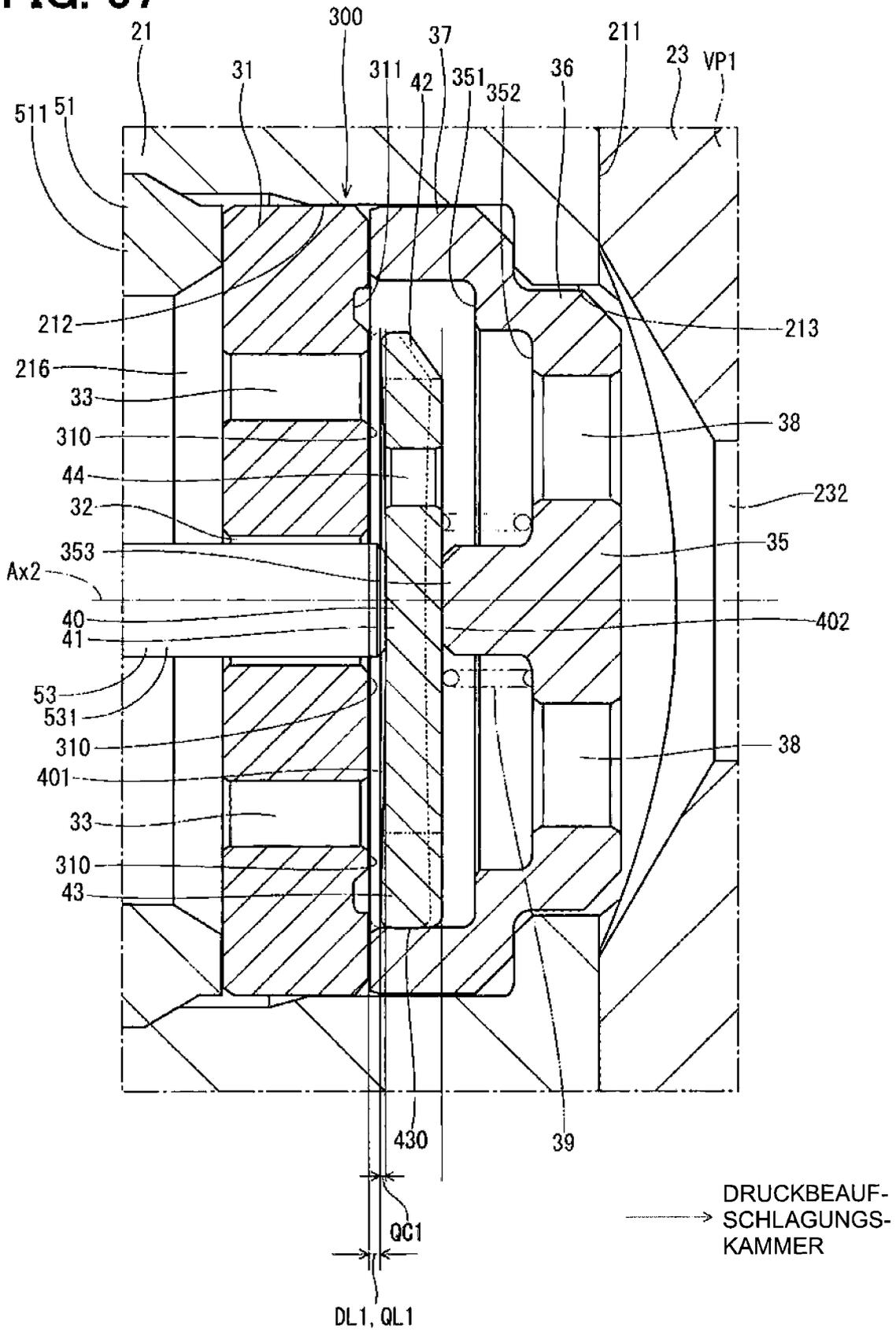


FIG. 58

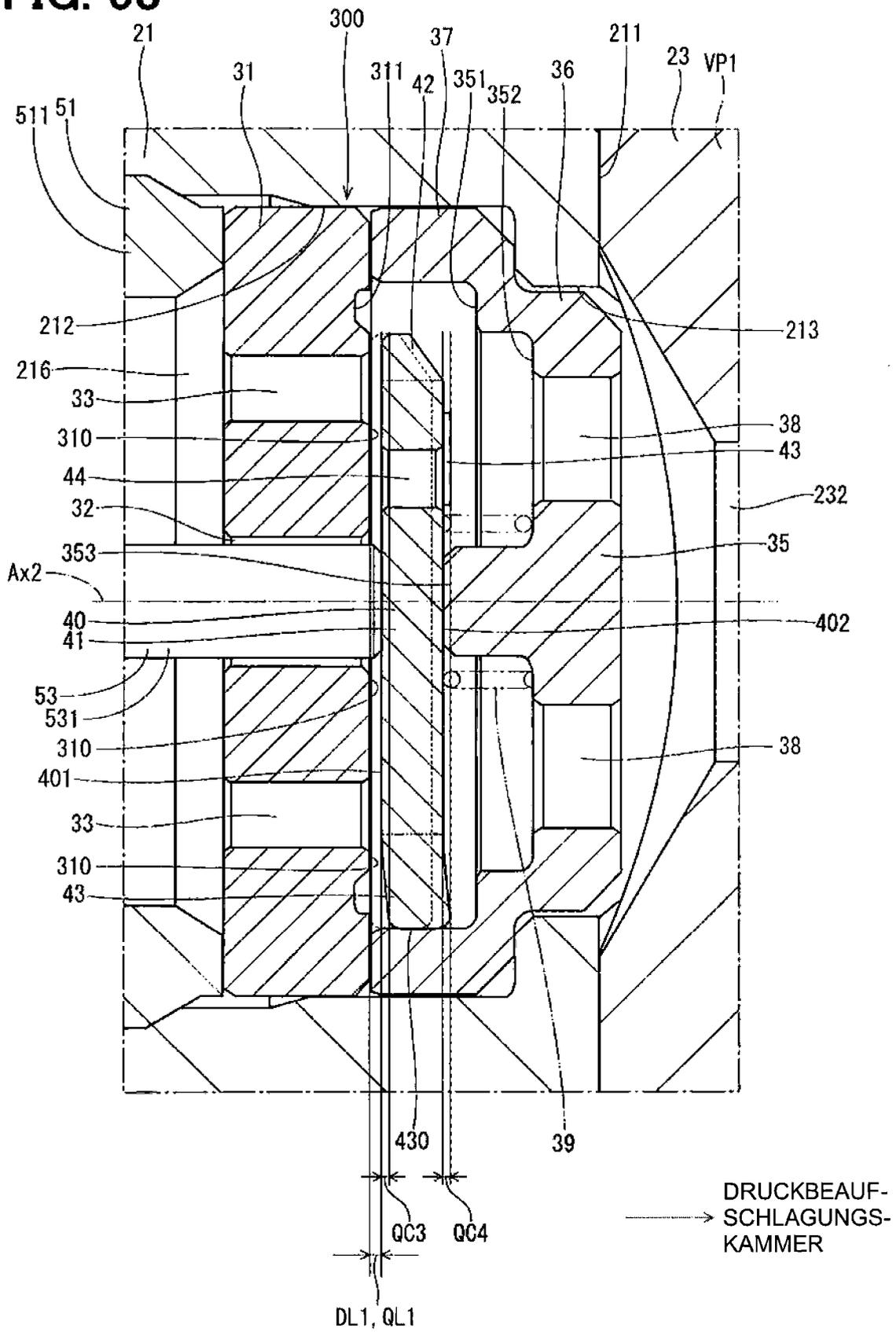


FIG. 59

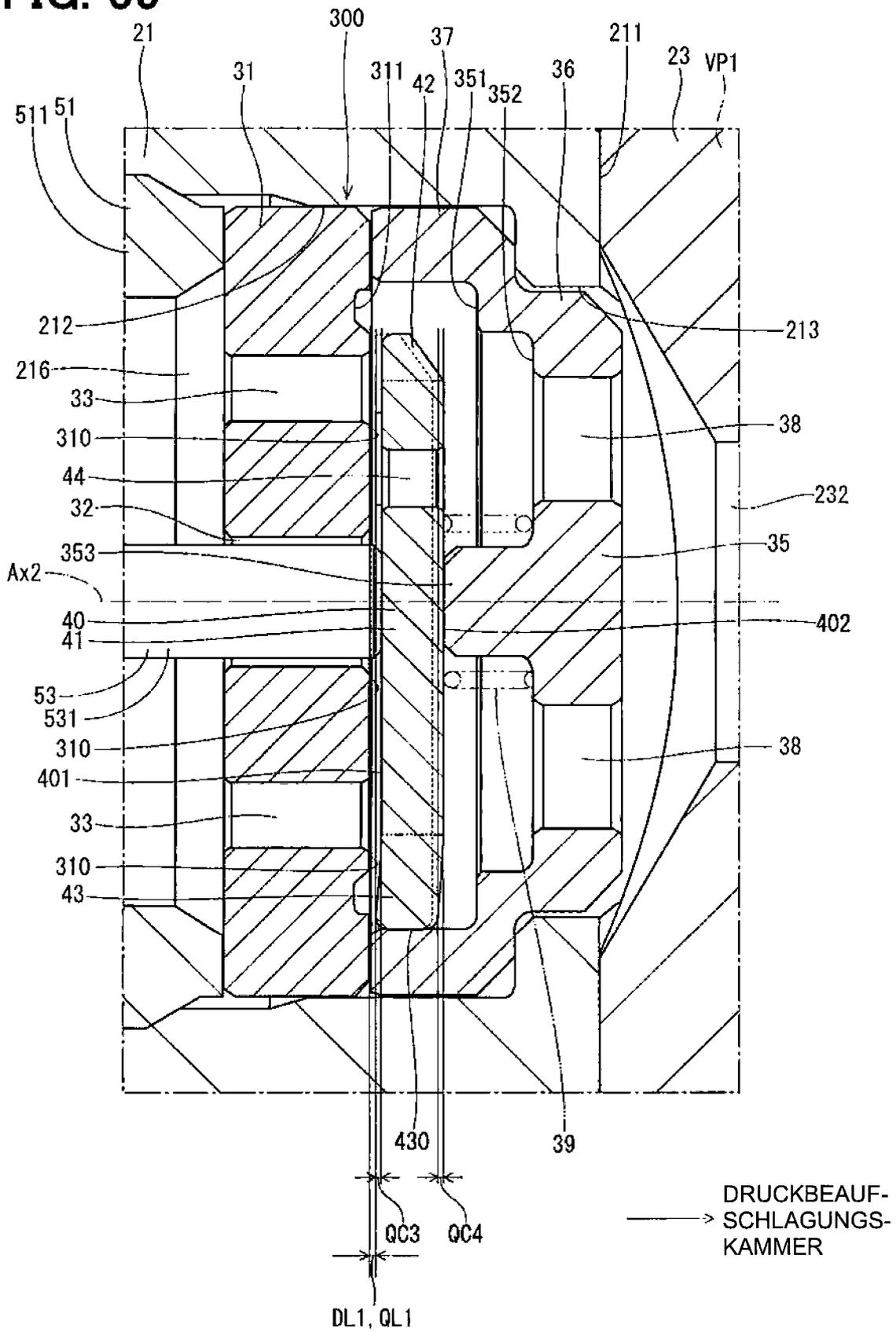


FIG. 60

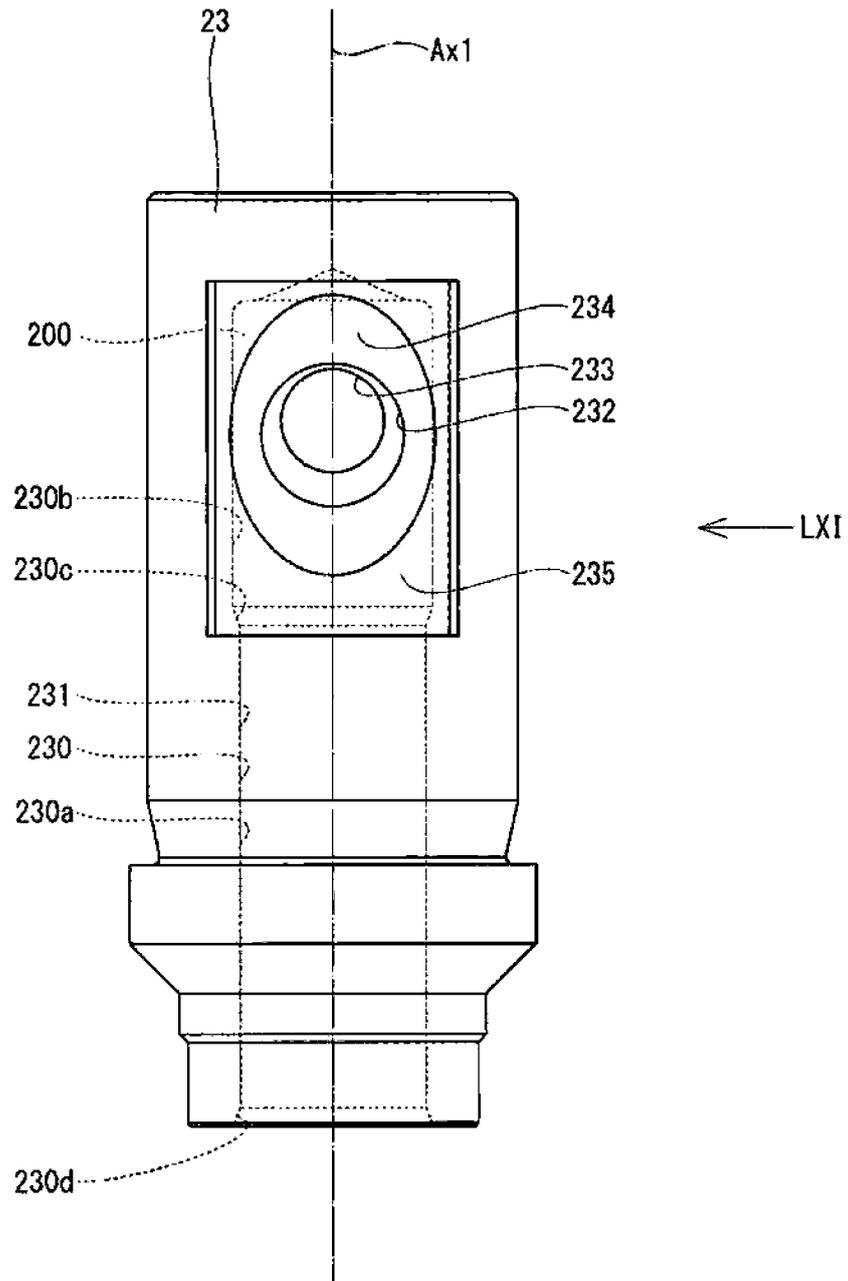


FIG. 61

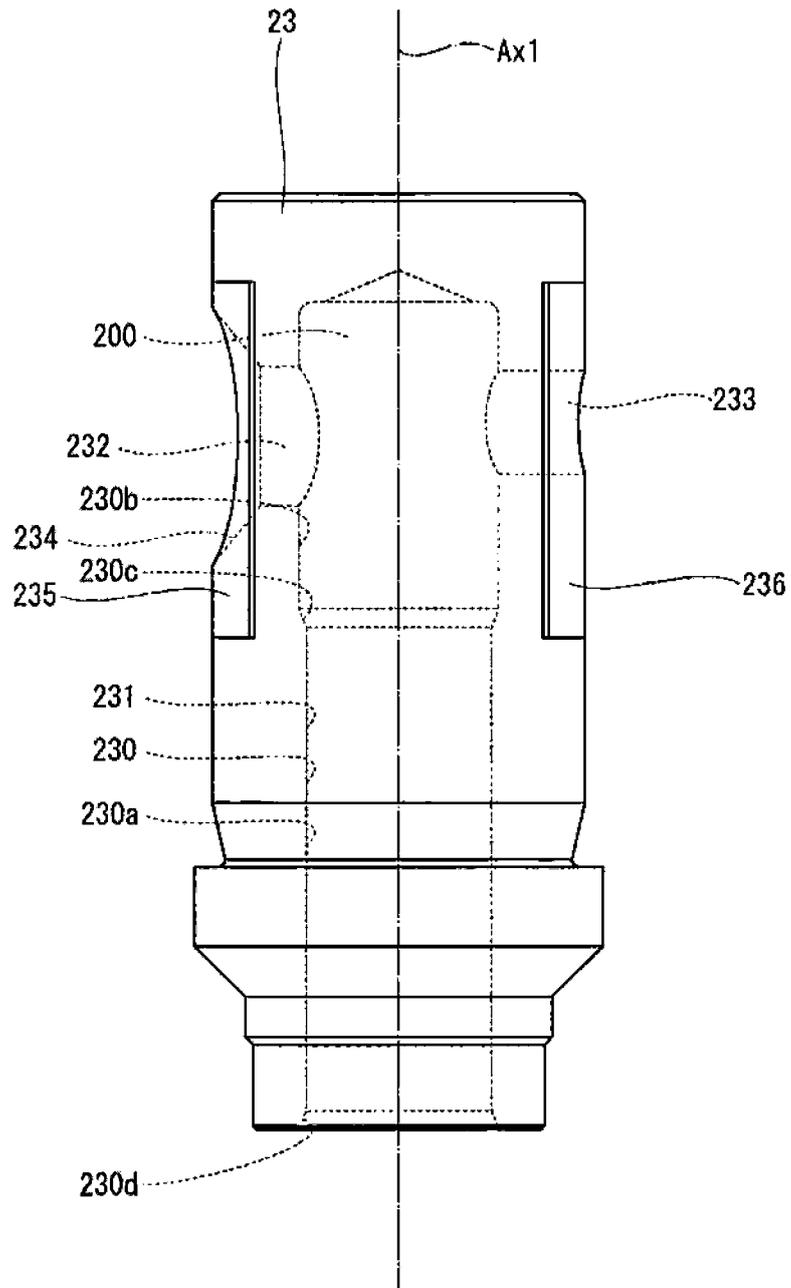


FIG. 62

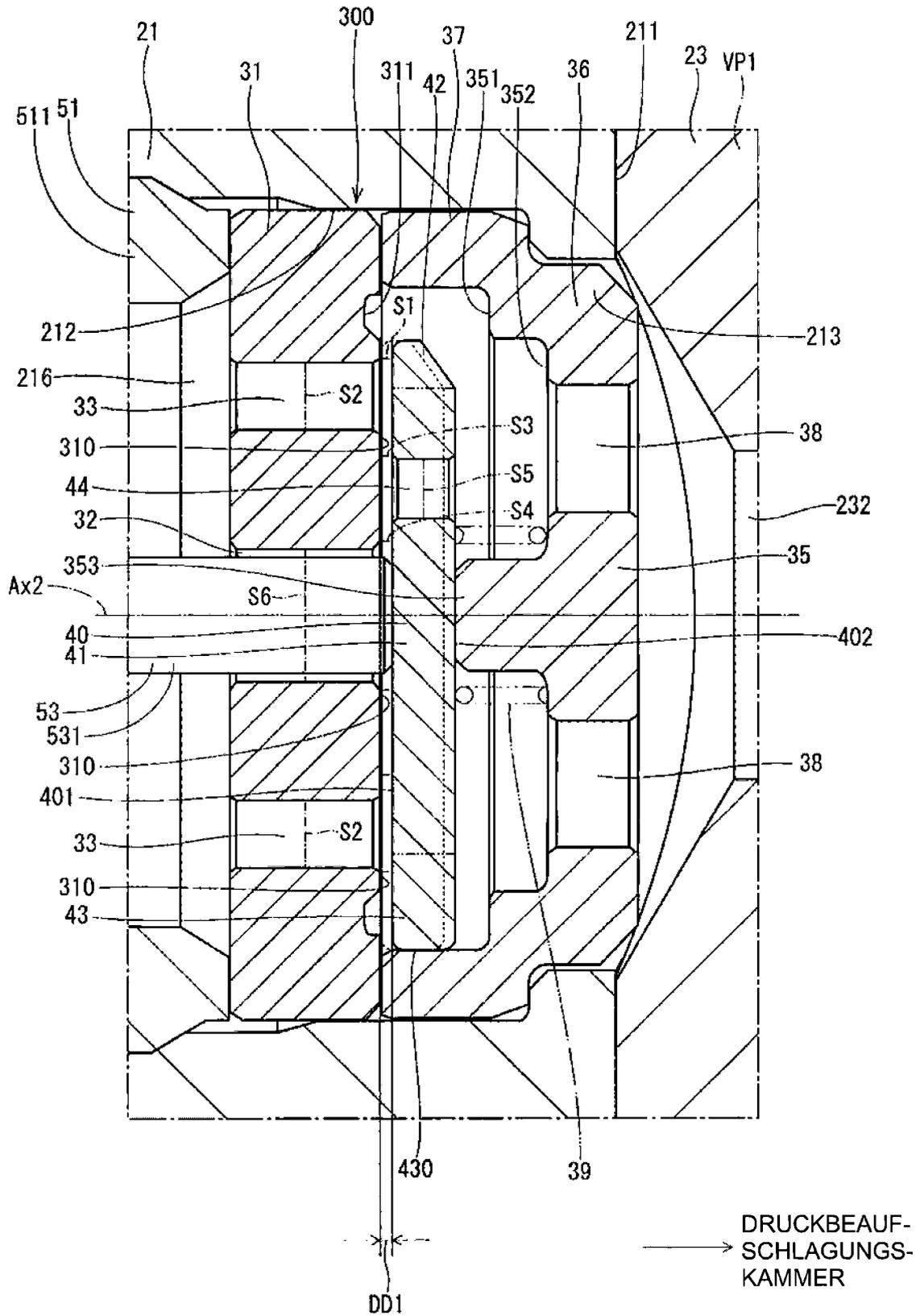


FIG. 63

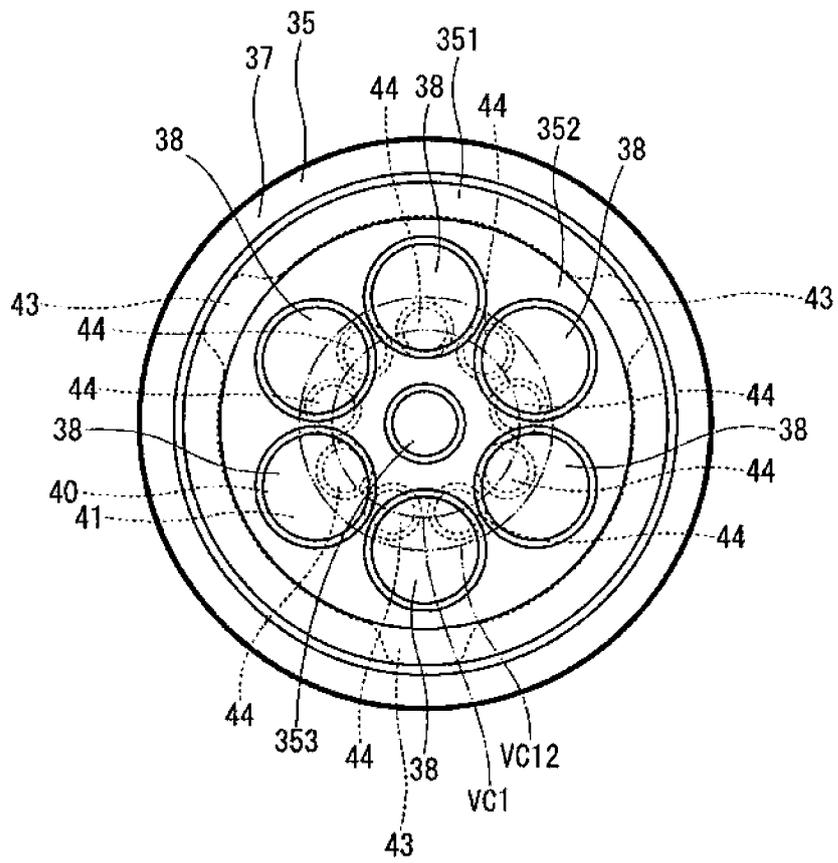


FIG. 64

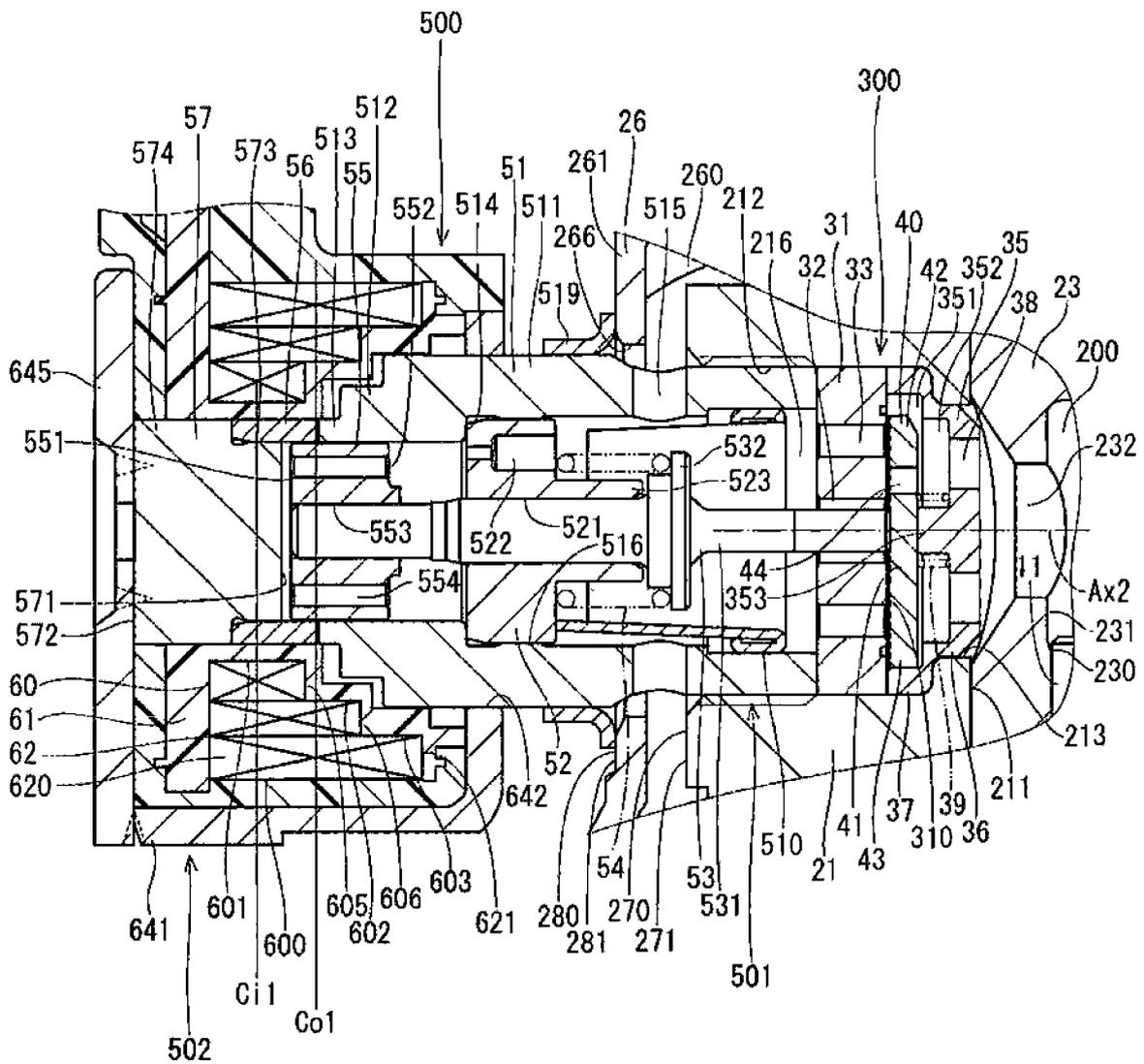


FIG. 65

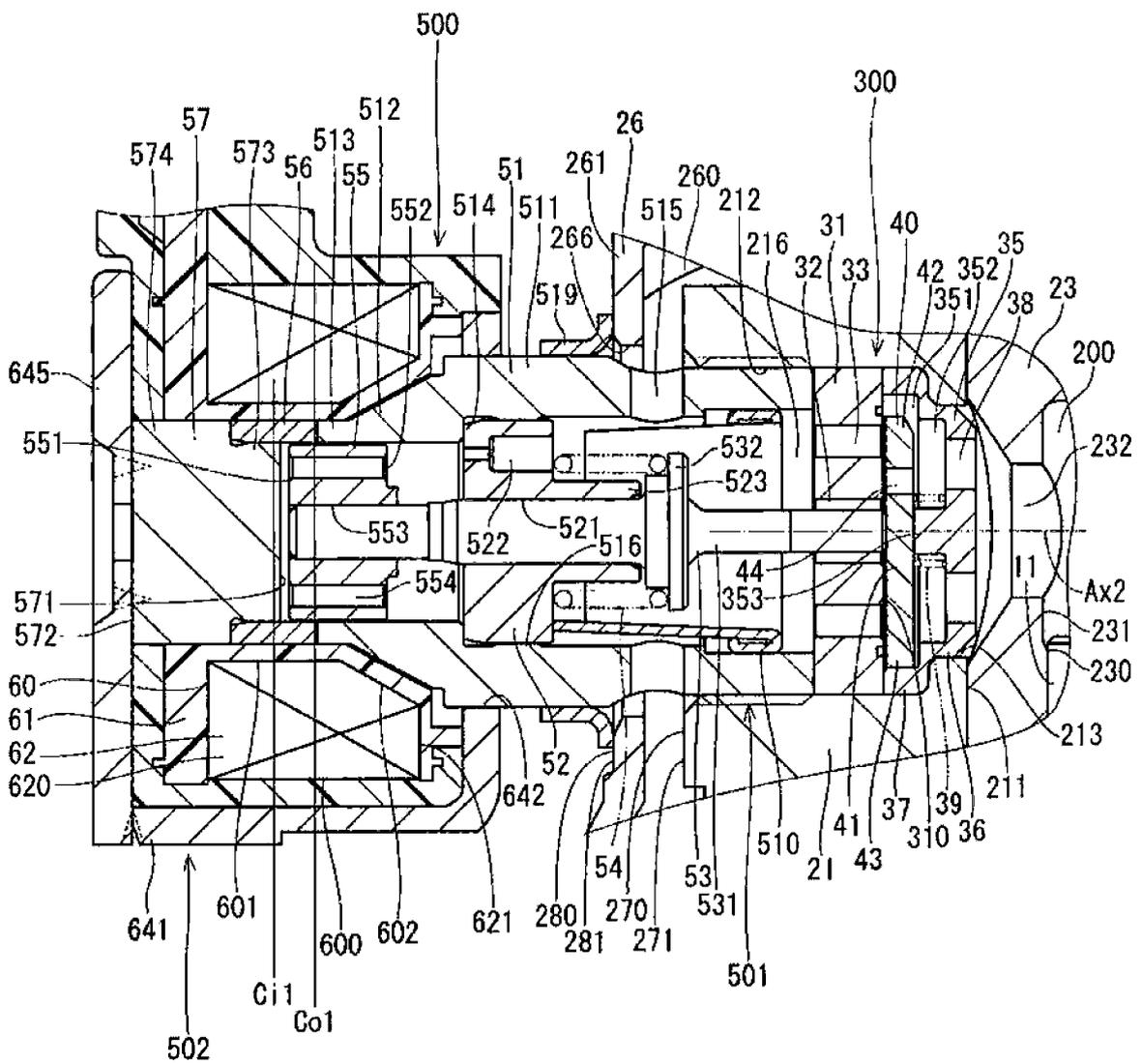


FIG. 67

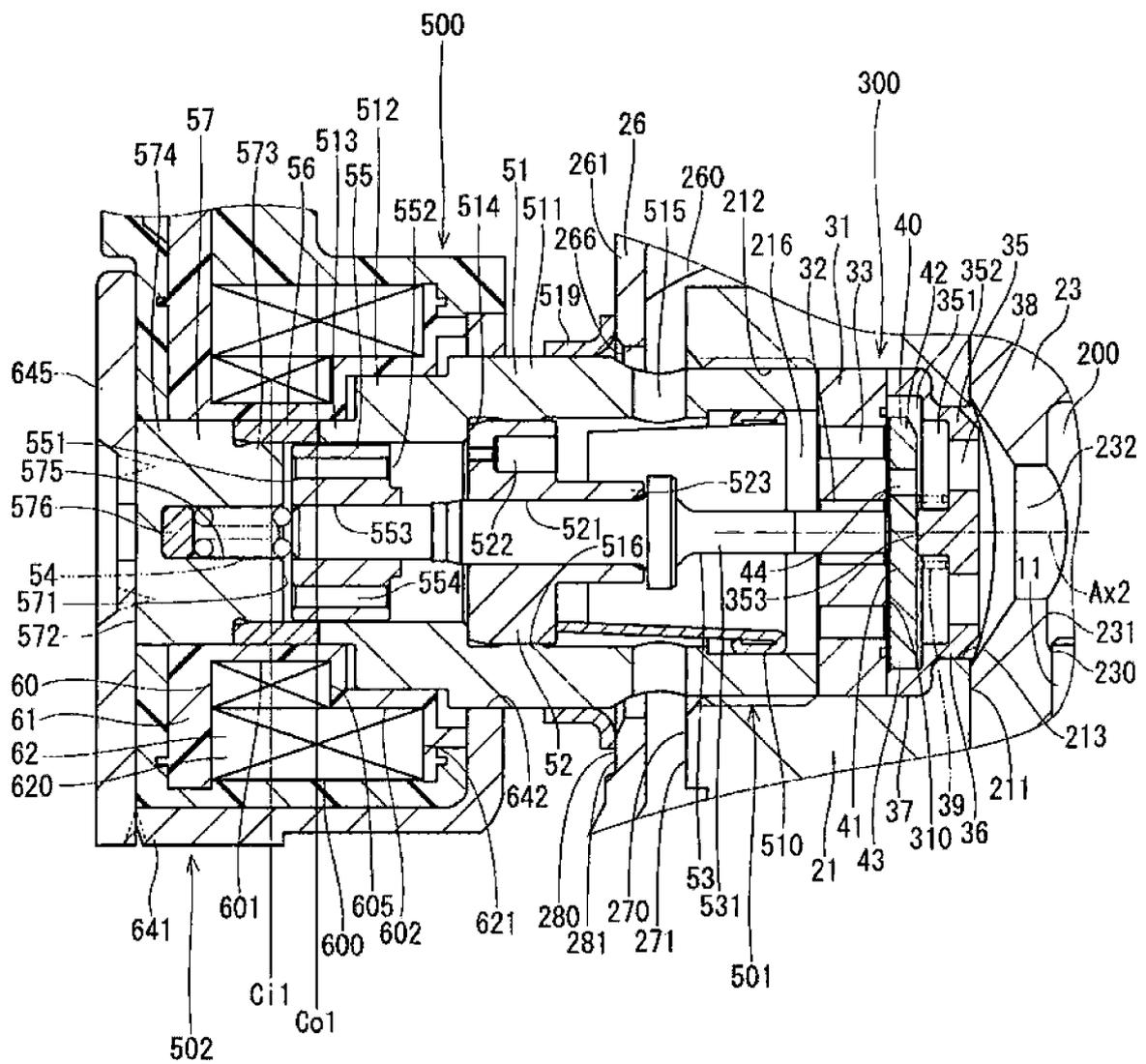


FIG. 69

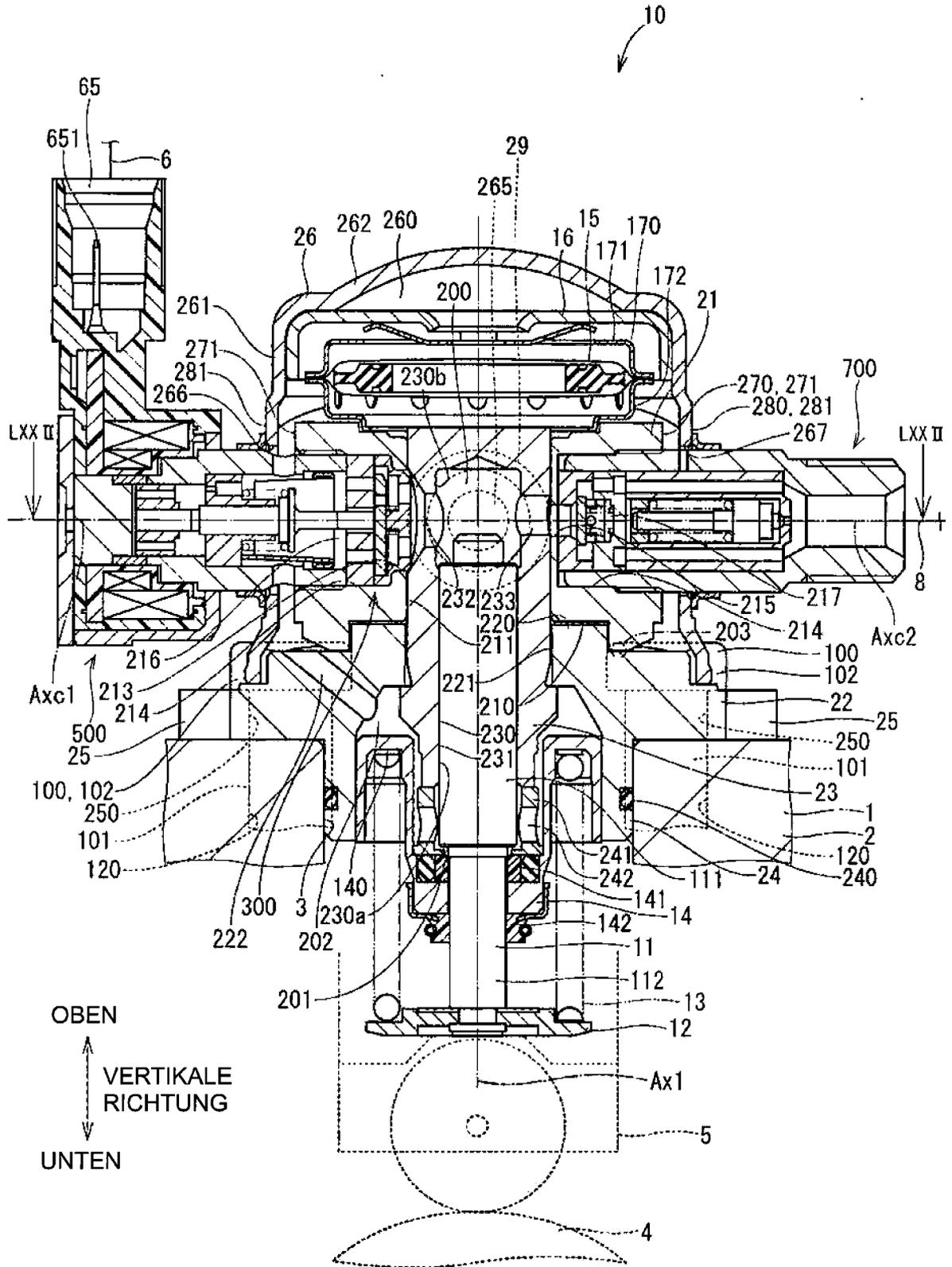


FIG. 70

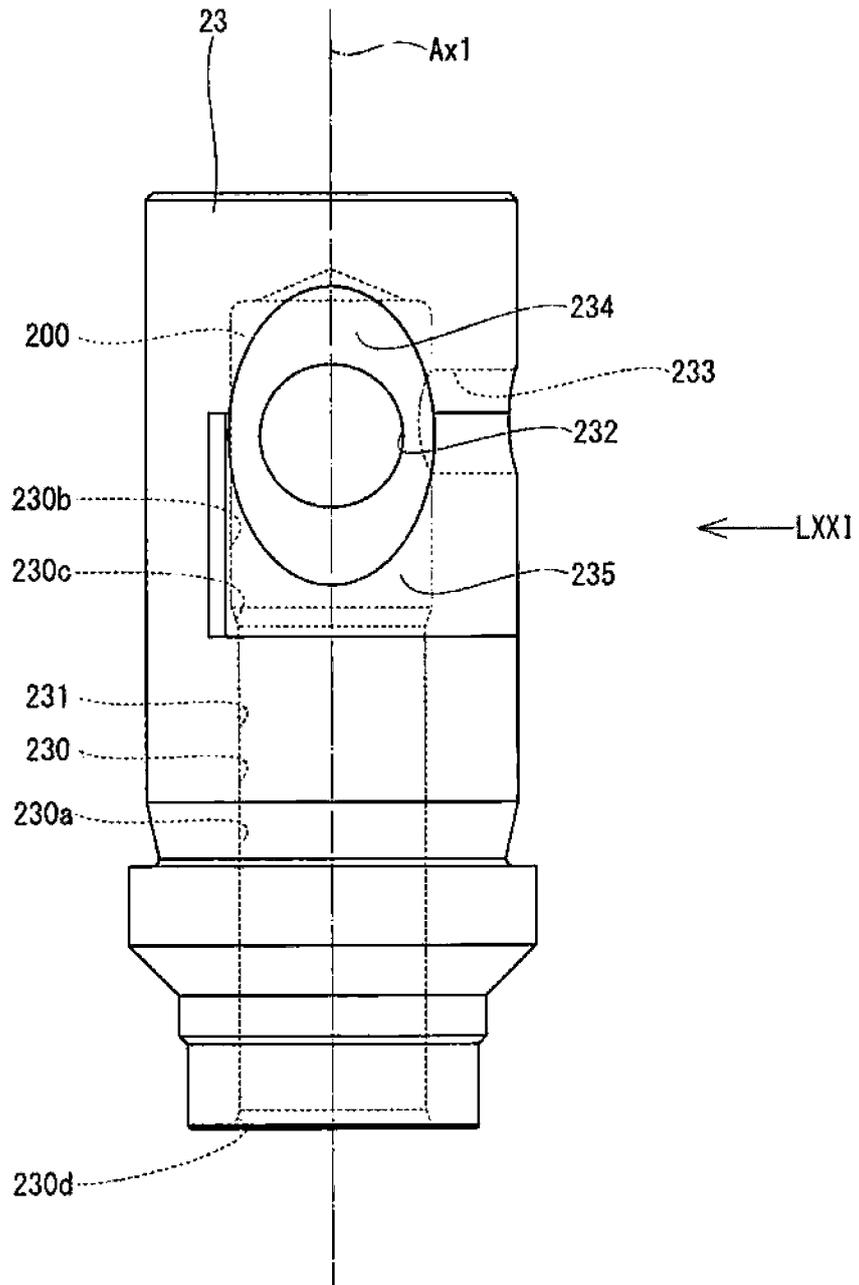


FIG. 71

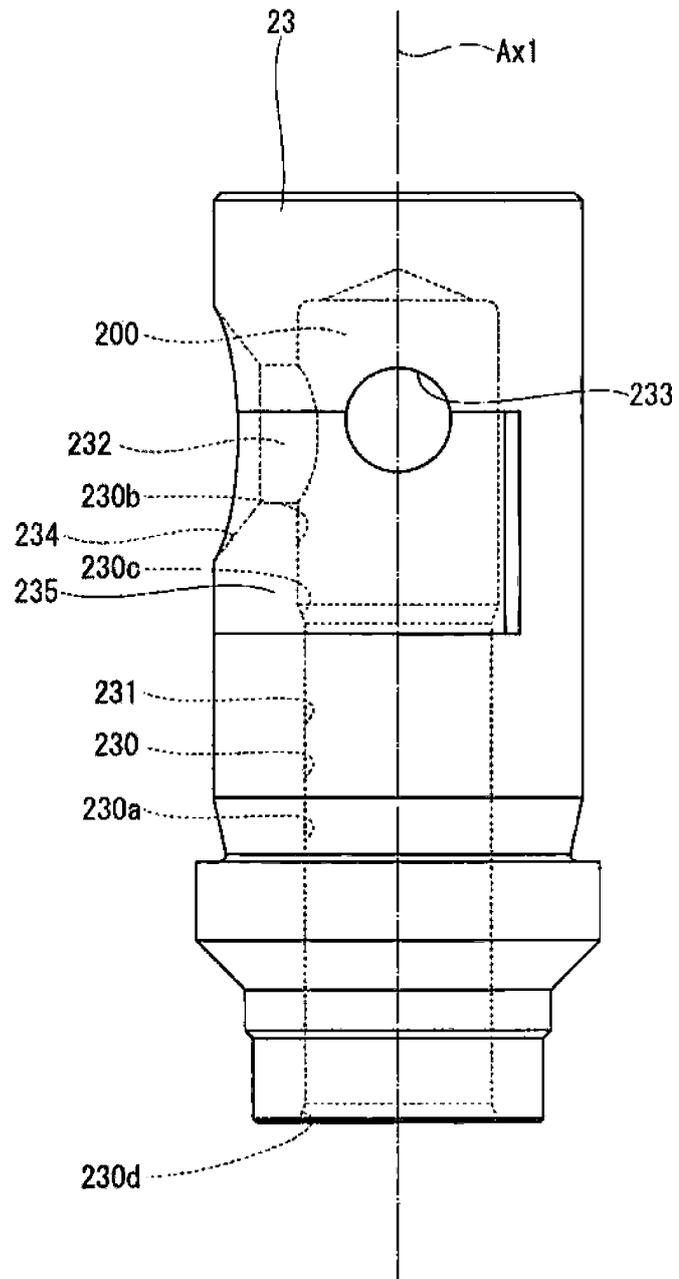


FIG. 72

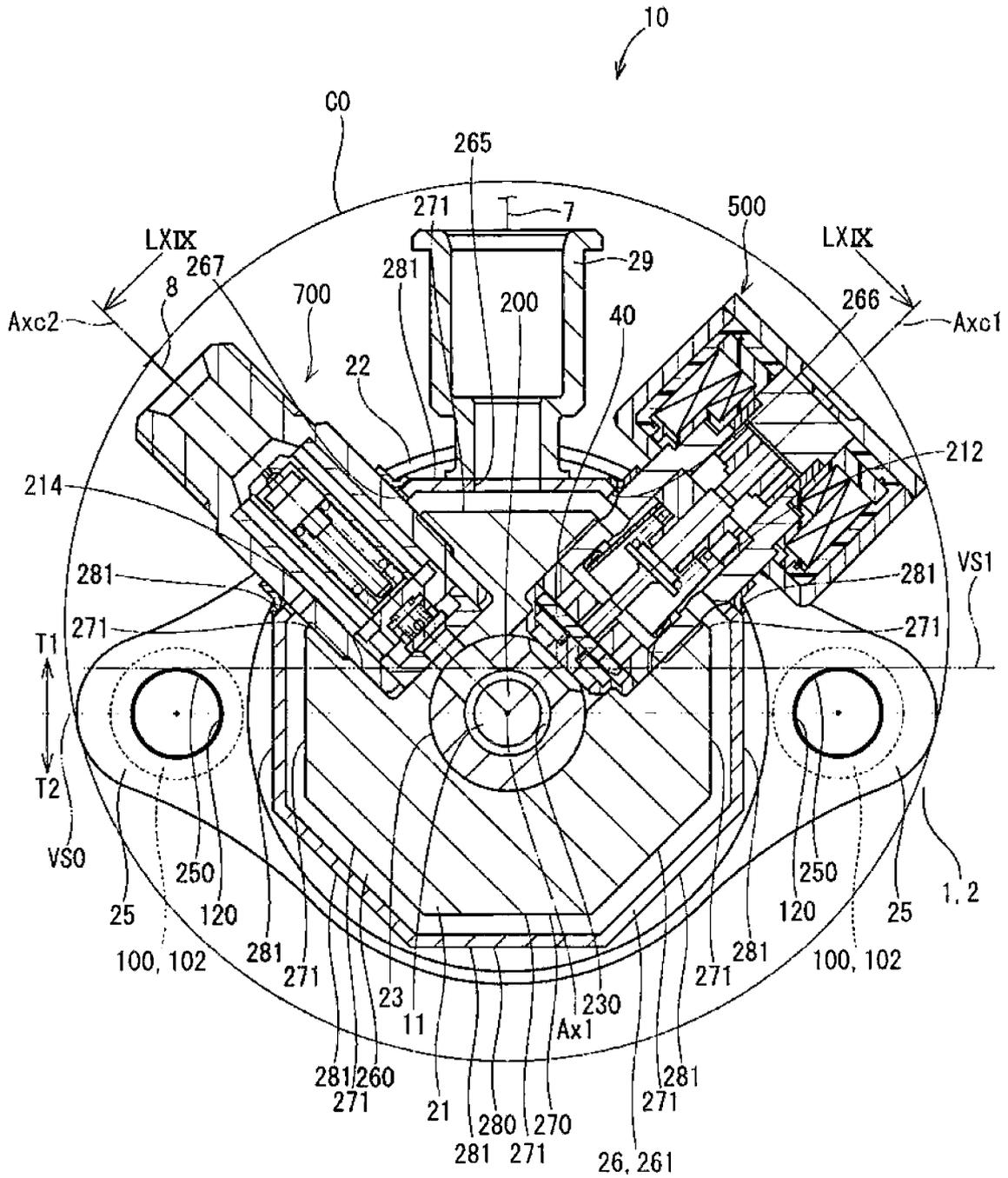


FIG. 73

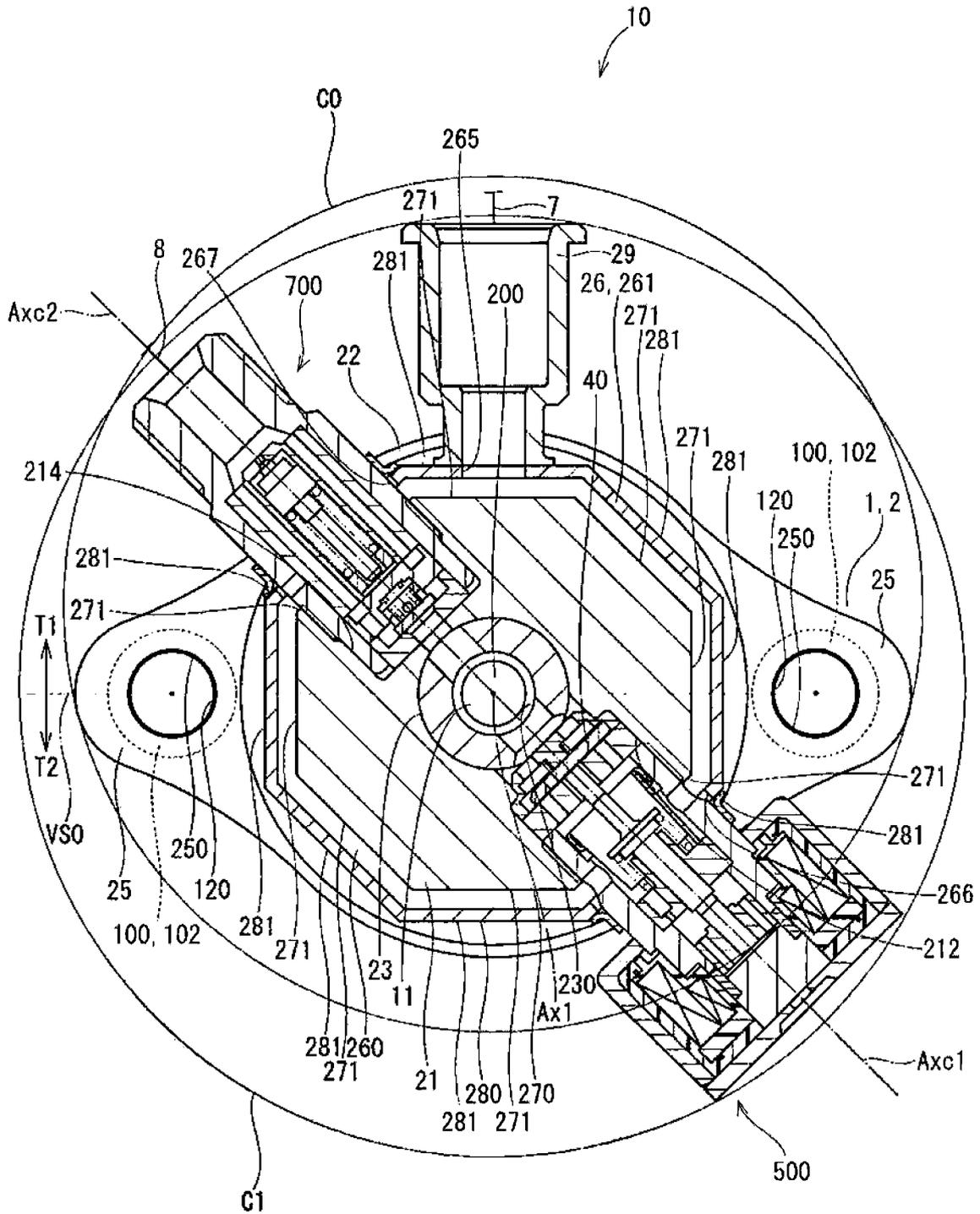


FIG. 76

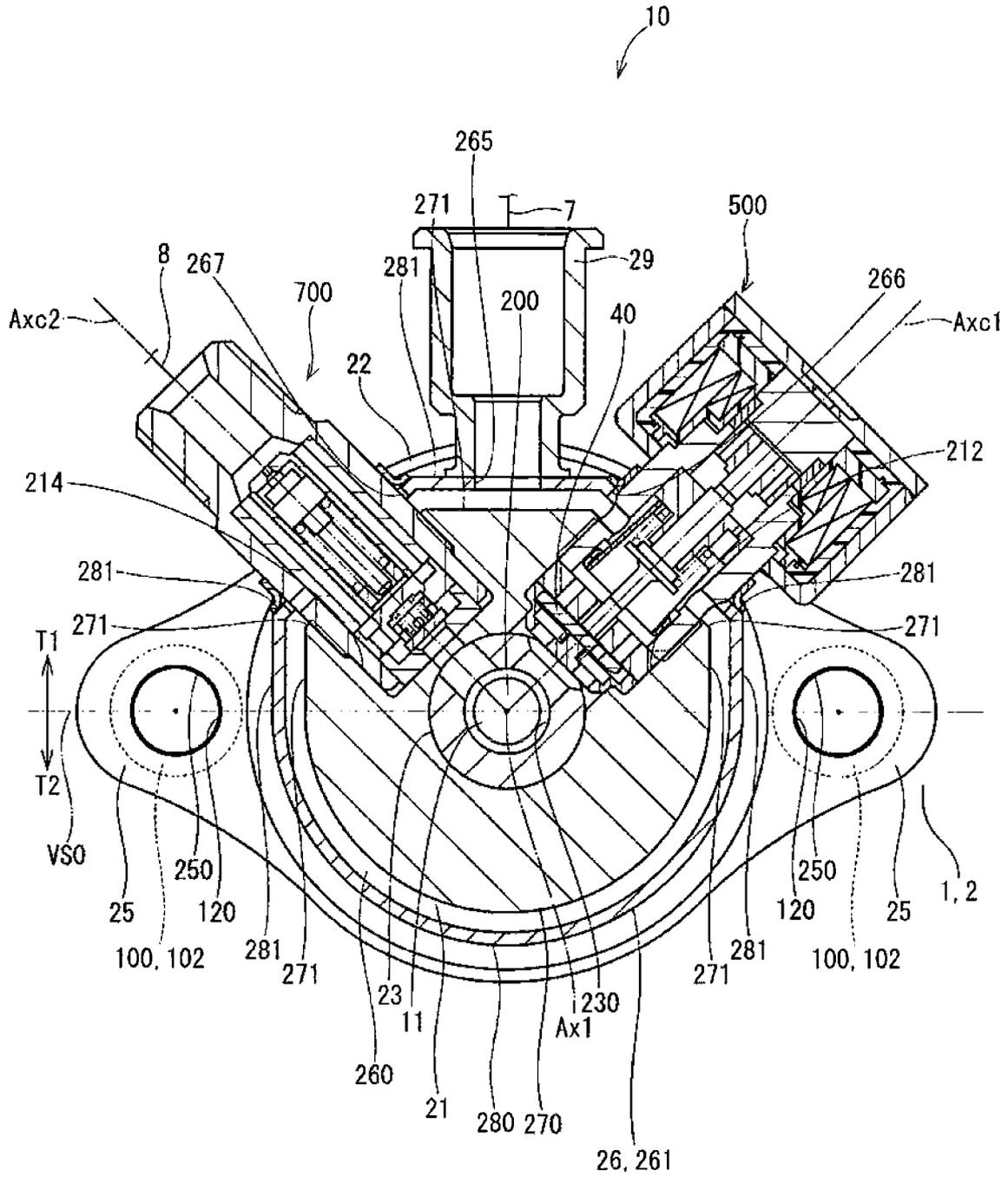


FIG. 79

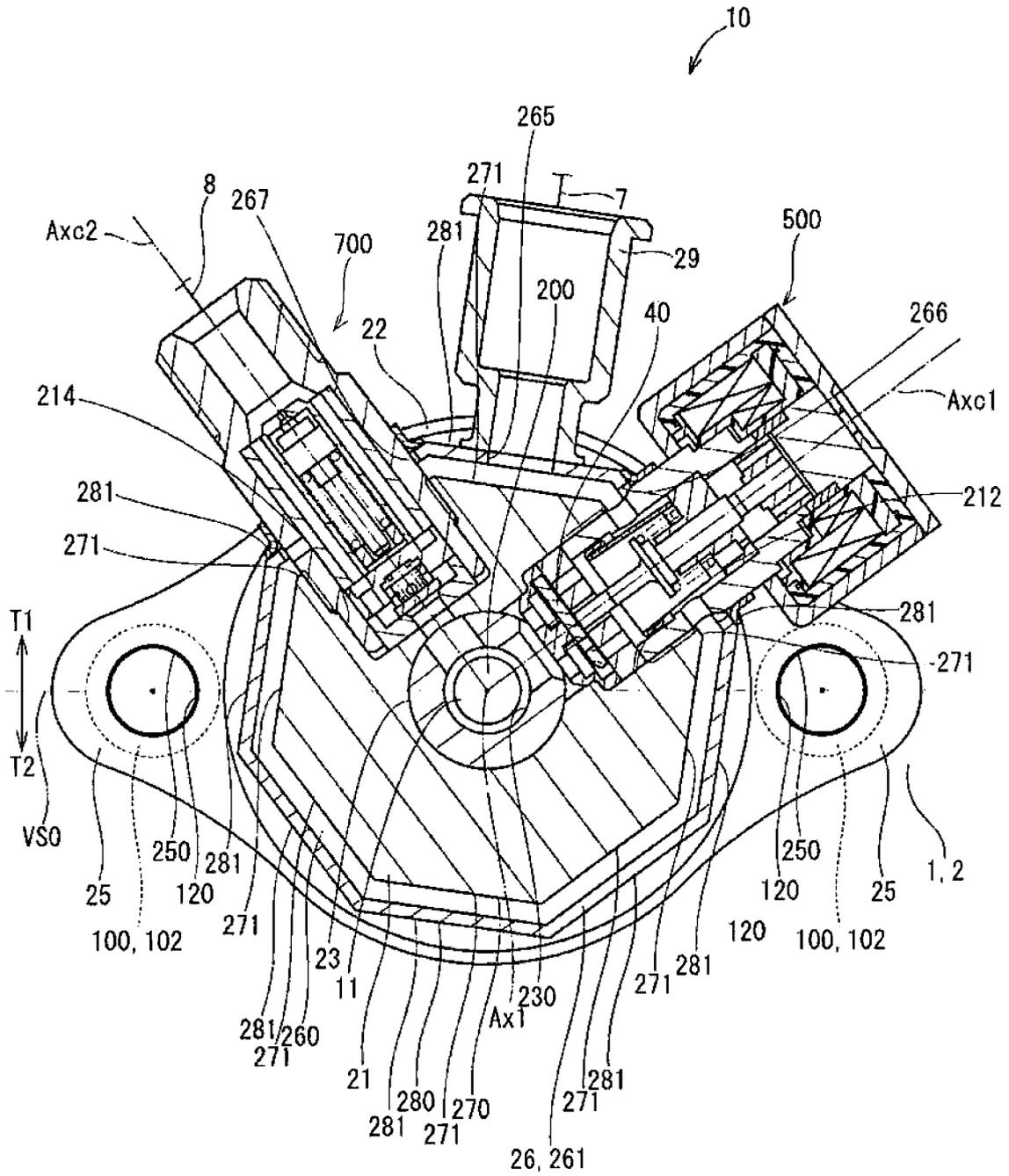


FIG. 81

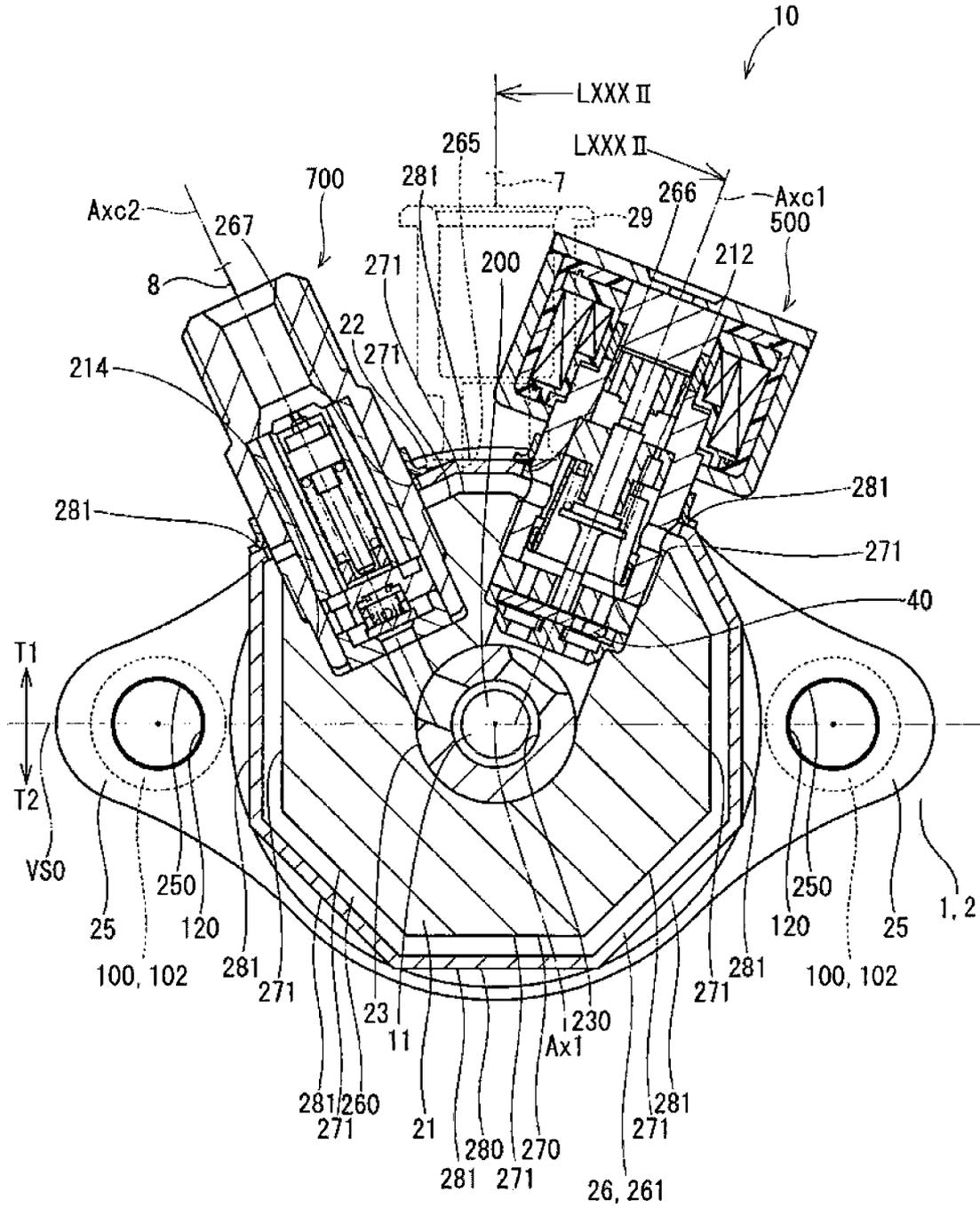


FIG. 82

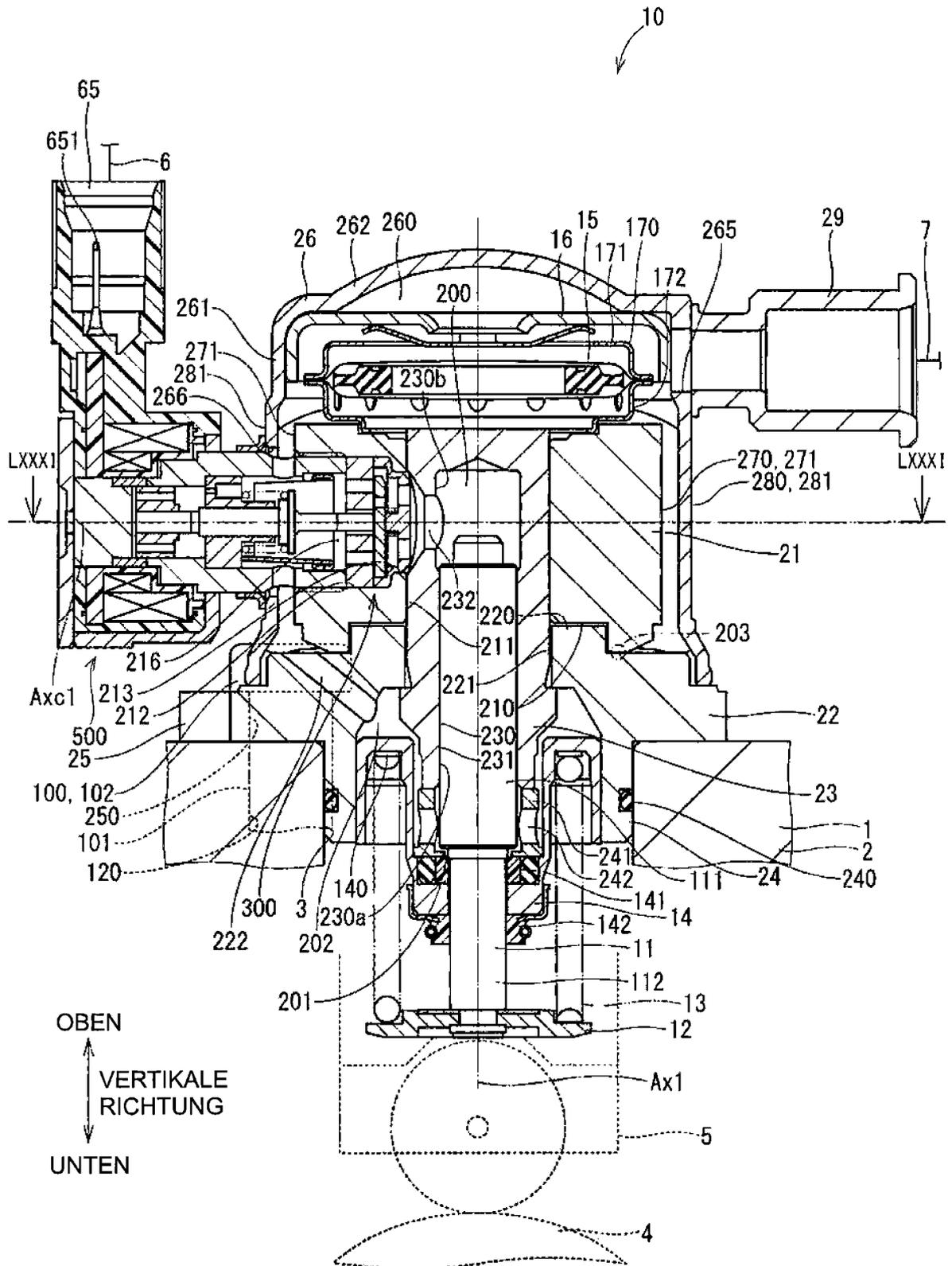


FIG. 83

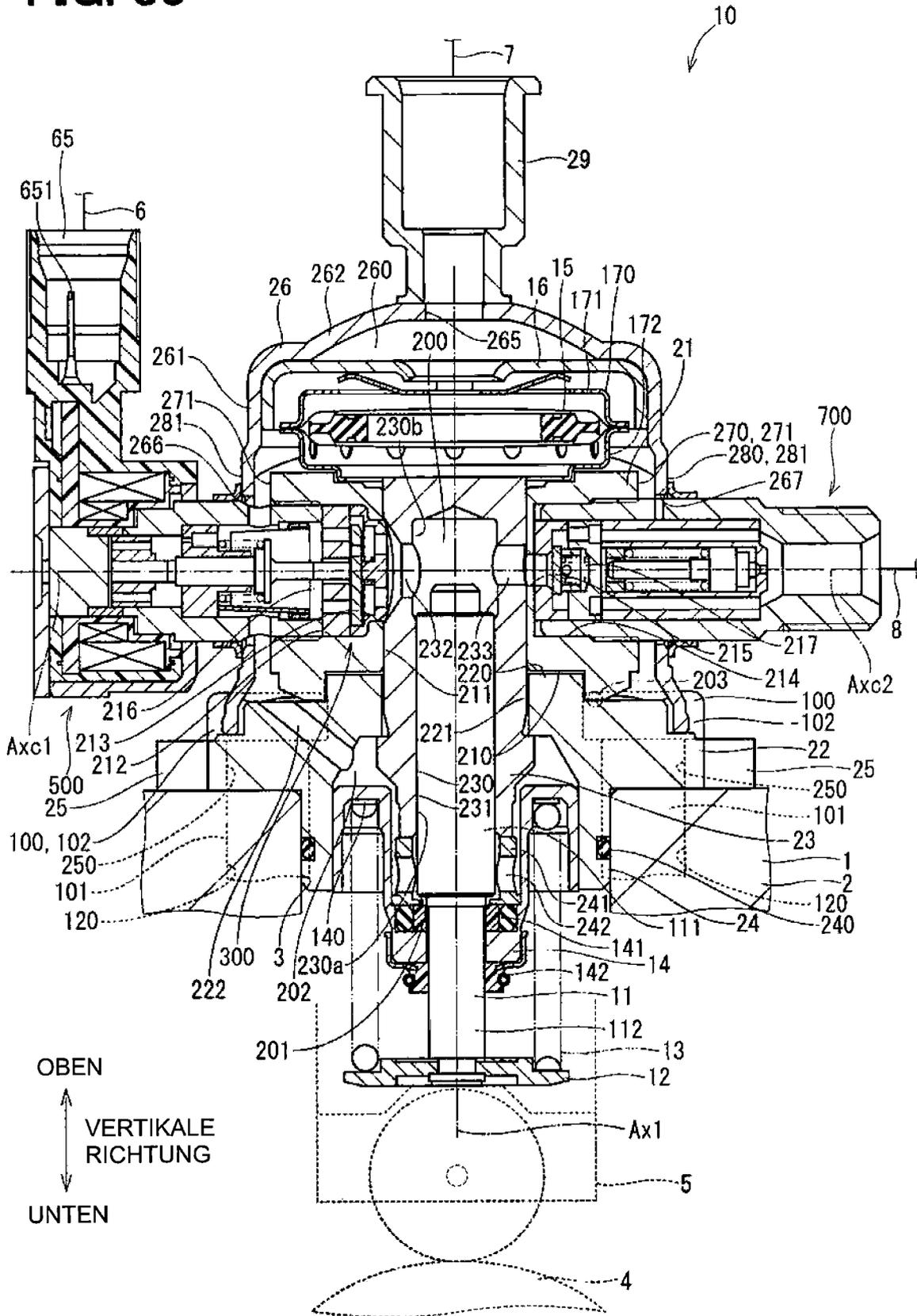


FIG. 84

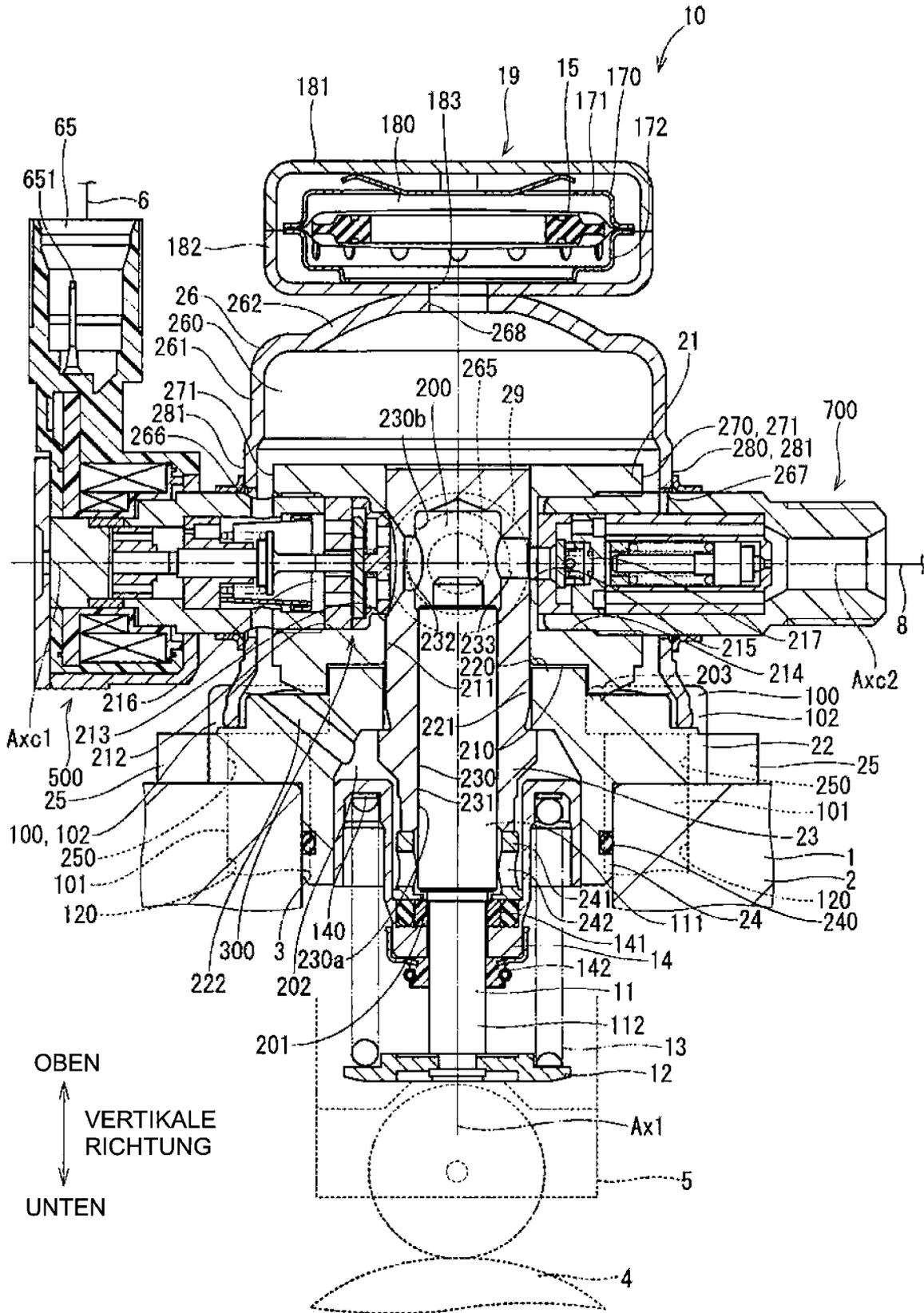


FIG. 85

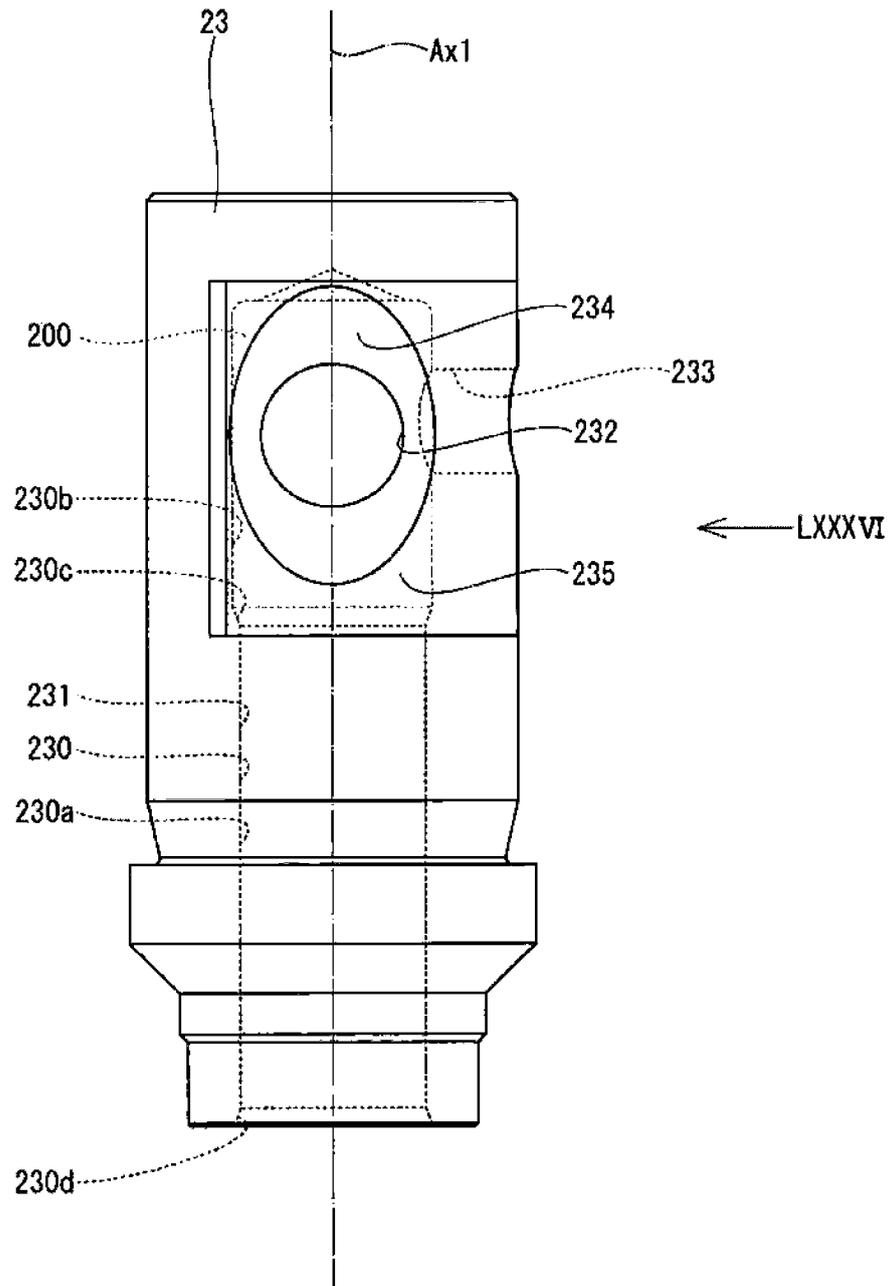


FIG. 86

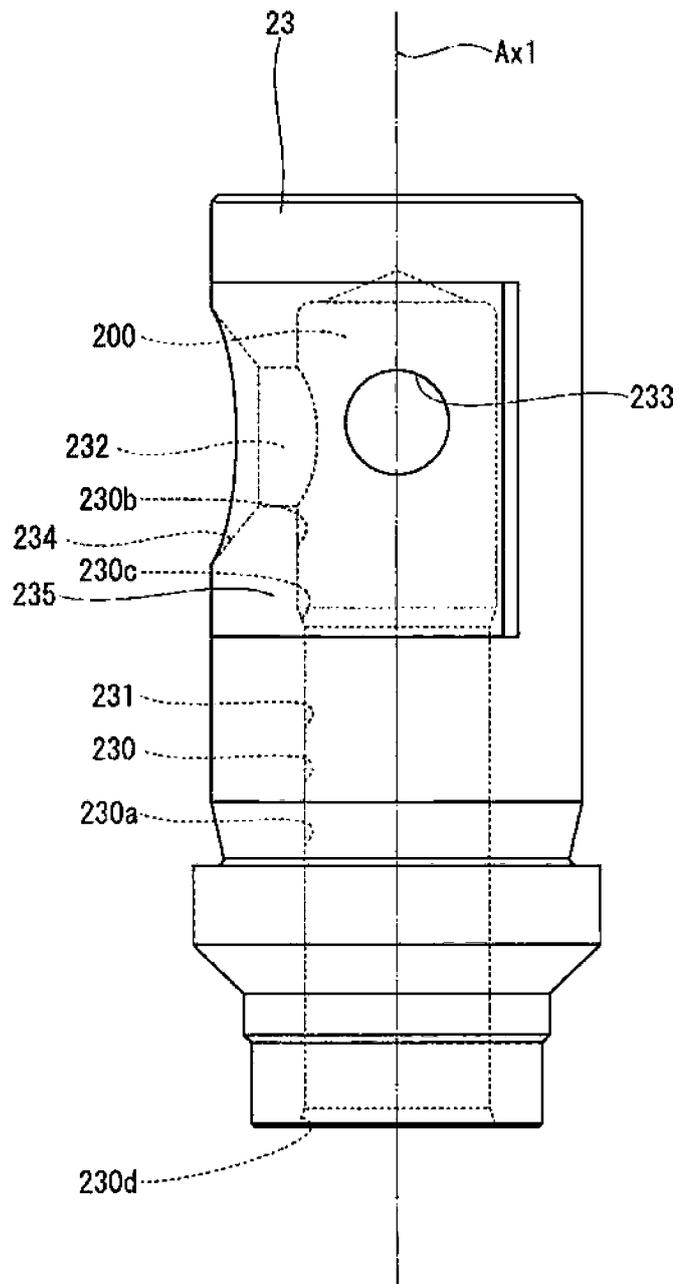


FIG. 89

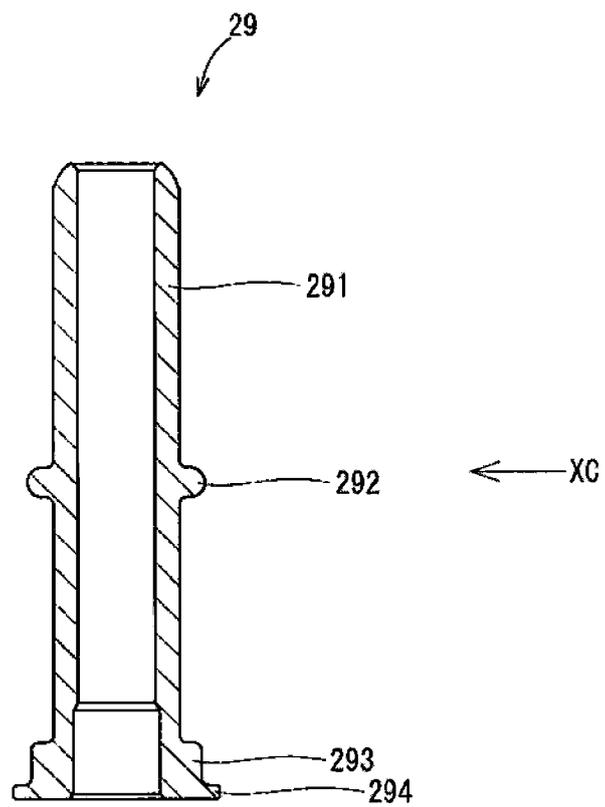


FIG. 90

