

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 716 089 B1

(51) Int. Cl.: F04B 41/06 (2006.01)
F04B 35/01 (2006.01)
F04B 39/04 (2006.01)
B63J 99/00 (2009.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 000420/2020

(22) Anmeldedatum: 07.04.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.10.2020

(30) Priorität: 09.04.2019 JP 2019-074372
11.10.2019 JP 2019-187594

(24) Patent erteilt: 15.08.2024

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.08.2024

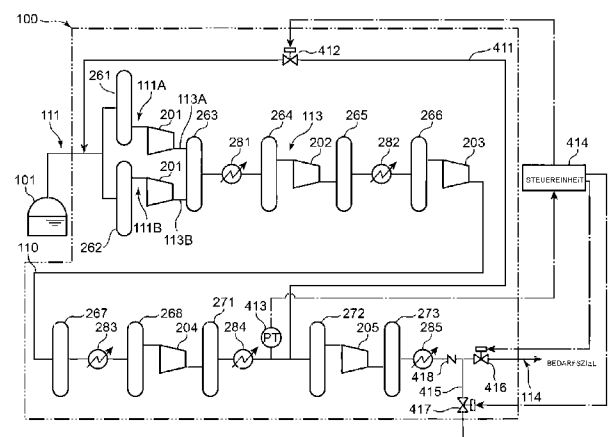
(73) Inhaber:
Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho (Kobe Steel, Ltd.),
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome Chuo-ku, Kobe-shi
Hyogo 651-8585 (JP)

(72) Erfinder:
NAGURA, Kenji, Hyogo 676-8670 (JP)
SEYAMA, Katsuhiro, Takasago-shi., Hyogo 676-8670 (JP)
Tezuka Satoshi, Takasago-shi Hyogo 676-8670 (JP)

(74) Vertreter:
E. Blum & Co. AG, Hofwiesenstrasse 349
8050 Zürich (CH)

(54) Kompressoreinheit für Boil-Off-Gas aus einem LNG-Speichertank eines Schiffes und Verfahren zum Anhalten der Kompressoreinheit.

(57) Diese Erfindung offenbart eine Kompressoreinheit (100) zum Installieren in einem Schiff. Sie ist zum Aufnehmen eines Zielgases konfiguriert, das ein Boil-Off-Gas aus einem LNG-Speichertank (101) des Schiffes ist, und ist konfiguriert zum Liefern zumindest eines Teils des Zielgases an einen Bestimmungs-ort, der das Zielgas benötigt. Die Kompressoreinheit (100) umfasst Folgendes: mehrere Dämpfer (263-272), die zwischen mehreren Kompressionsstufen (201-205) vorgesehen sind, um Druckschwankungen zu verhindern; ein erstes Dichtungsteil, das so konfiguriert ist, dass es zwischen einem Kolben und einem Zylinderteil abdichtet; und ein zweites Dichtungsteil, das einen Umfang einer Kolbenstange umgibt und so konfiguriert ist, dass es verhindert, dass das in den Zylinderteil gesaugte Zielgas in Richtung des Kurbelmechanismus strömt. Alle ersten und zweiten Dichtungsteile sind vom ölfreien Typ.



Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kompressoreinheit zum Liefern eines Zielgas, das ein Boil-Off-Gas aus einem LNG-Speichertank eines Schiffes ist, an einen Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt.

Stand der Technik

[0002] Konventionell wurde, wie in JP-A-2011-517749 offenbart, ein Kompressor entwickelt, der den Druck eines Boil-Off-Gases erhöht, das aus einem verflüssigten Erdgas (LNG) erzeugt wird, und das Boil-Off-Gas an einen Bestimmungsort liefert, der das Zielgas benötigt, z.B. einen Motor.

[0003] In diesem Zusammenhang wird in einem Kompressor, der in einem LNG-Schiff verwendet wird, ein Schmierkompressor verwendet (z.B. Absatz 0021 von JP-A-2018-128039, Absatz 0114 von JP-B-6371930).

[0004] Normalerweise wird ein im Kompressor verwendetes Öl in einem Zustand, in dem es mit einem Boil-Off-Gas gemischt ist, aus dem Kompressor abgelassen und dann durch einen Ölabscheider vom Boil-Off-Gas getrennt und gesammelt. In den letzten Jahren ist jedoch die Nachfrage nach einem sauberen Boil-Off-Gas gestiegen, und Entwicklungen gehen dahin, ein Öl zuverlässiger aufzufangen, indem zusätzlich zum Ölabscheider ein Kohlefilter verwendet wird. Es ist zu beachten, dass, wie in Absatz 0024 von US 2018/0066802 A offenbart, eine Ölschleuder- oder Ölabbstreiferdichtung vorgesehen sein kann, um zu verhindern, dass sich ein Öl zwischen einem Kompressionszylinder und einem Kompressionsrahmen bewegt.

[0005] Inzwischen wurde, wie in Absatz 0019 von JP-A-2017-89595 offenbart, auch ein Labyrinthkolben-Hubkolbenkompressor entwickelt, der kein Schmiermittel benötigt. Da das Labyrinthdichtungsverfahren jedoch im Allgemeinen berührungslos zwischen einem Kolben und einem Zylinder erfolgt, ist das Problem, dass ein Gas in der Kompressionskammer mit größerer Wahrscheinlichkeit austritt als im Fall des Kolbenringdichtungsverfahrens. Dieses Problem stellt sich insbesondere dann, wenn ein Hochdruckgas komprimiert wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Verbesserung der Zuverlässigkeit der Kompressoreinheit.

[0007] Eine Kompressoreinheit gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist zum Installieren in einem Schiff ausgebildet und so konfiguriert, dass sie ein Zielgas, das ein Boil-Off-Gas aus einem LNG-Speichertank des Schiffes ist, aufnimmt und zumindest einen Teil des Zielgases an einen Bestimmungsort liefert, der das Zielgas benötigt. Die Kompressoreinheit umfasst: mehrere Kompressionsstufen, die so konfiguriert sind, dass sie den Druck des Zielgases sequentiell erhöhen; mehrere Dämpfer, die zwischen den mehreren Kompressionsstufen vorgesehen sind, um Druckschwankungen zu verhindern; und einen Kurbelmechanismus, der so konfiguriert ist, dass er einen Kolben jeder der Kompressionsstufen antreibt. Jede der mehreren Kompressionsstufen umfasst: den Kolben; eine Kolbenstange, die mit dem Kolben verbunden und konfiguriert ist, um die Kraft des Kurbelmechanismus auf den Kolben zu übertragen; einen Zylinderteil, der konfiguriert ist, um den Kolben aufzunehmen und eine Kompressionskammer zu bilden; ein erstes Dichtungsteil, das konfiguriert ist, um zwischen dem Kolben und dem Zylinderteil abzudichten; ein zweites Dichtungsteil, das einen Umfang der Kolbenstange umgibt und konfiguriert ist, um zu verhindern, dass das Zielgas, das in den Zylinderteil gesaugt wird, in Richtung des Kurbelmechanismus strömt; ein Abstreiferteil, das den Umfang der Kolbenstange an einer Position umgibt, die näher am Kurbelmechanismus liegt als der zweite Dichtungsteil, und das konfiguriert ist, um den Eintritt eines Schmiermittels im Kurbelmechanismus in den Zylinderteil zu verhindern; und eine Ölschleuder, die an der Kolbenstange zwischen dem Abstreiferteil und dem zweiten Dichtungsteil angebracht ist und konfiguriert ist, um ferner den Eintritt des Schmiermittels in den Zylinderteil zu verhindern. Alle ersten und zweiten Dichtungsteile sind vom ölfreien Typ. Mindestens in einer letzten Kompressionsstufe umfasst das erste Dichtungsteil eine Kolbenringgruppe, die an einem äußeren Umfangsteil des Kolbens vorgesehen und konfiguriert ist, um zwischen dem Kolben und dem Zylinderteil abzudichten, wobei das zweite Dichtungsteil Folgendes umfasst: mehrere Gehäuseteile, die zwischen dem Zylinderteil und der Kolbenstange angeordnet sind; und mehrere Ringteile, die von den mehreren Gehäuseteilen gehalten werden, wobei das erste Dichtungsteil und das zweite Dichtungsteil mindestens der letzten Kompressionsstufe vom Kontaktyp sind.

[0008] Eine Kompressoreinheit nach einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist zum Installieren in einem Schiff ausgebildet und so konfiguriert, dass sie ein Zielgas, das ein Boil-Off-Gas aus einem LNG-Speichertank des Schiffes ist, aufnimmt und zumindest einen Teil des Zielgases an einen Bestimmungsort liefert, der das Zielgas benötigt. Die Kompressoreinheit umfasst: mehrere Kompressionsstufen, die so konfiguriert sind, dass sie den Druck des Zielgases sequentiell erhöhen; mehrere Dämpfer, die zwischen den mehreren Kompressionsstufen vorgesehen sind, um Druckschwankungen zu verhindern; und einen Kurbelmechanismus, der so konfiguriert ist, dass er einen Kolben jeder der Kompressionsstufen antreibt. Jede der mehreren Kompressionsstufen von einer ersten Kompressionsstufe bis zu einer letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe umfasst: den Kolben; eine Kolbenstange, die mit dem Kolben verbunden ist und konfiguriert ist, um die Kraft des Kurbelmechanismus auf den Kolben zu übertragen; einen Zylinderteil, der konfiguriert ist, um den Kolben aufzunehmen und eine Kompressionskammer zu bilden; ein erstes Dichtungsteil, das konfiguriert ist, um zwischen dem Kolben und dem Zylinderteil abzudichten; ein zweites Dichtungsteil, das einen Umfang

der Kolbenstange umgibt und konfiguriert ist, um zu verhindern, dass das in den Zylinderteil gesaugte Zielgas in Richtung des Kurbelmechanismus strömt; ein Abstreiferteil, das den Umfang der Kolbenstange an einer Position umgibt, die näher am Kurbelmechanismus liegt als der zweite Dichtungsteil, und das konfiguriert ist, um den Eintritt eines Schmiermittels im Kurbelmechanismus in den Zylinderteil zu verhindern; und eine Ölschleuder, die an der Kolbenstange zwischen dem Abstreiferteil und dem zweiten Dichtungsteil angebracht ist und konfiguriert ist, um ferner den Eintritt des Schmiermittels in den Zylinderteil zu verhindern. Die der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehende Kompressionsstufe und die letzte Kompressionsstufe weisen eine Tandemstruktur auf, bei der der Zylinderteil der letzten Kompressionsstufe auf dem Zylinderteil der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe angeordnet ist. Der Kolben in der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe und der Kolben in der letzten Kompressionsstufe, der im Durchmesser kleiner ist als der Kolben in der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe, sind einheitlich konfiguriert. Die letzte Kompressionsstufe teilt sich die Kolbenstange, das zweite Dichtungsteil, das Abstreiferteil und das Ölschleuderteil mit der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe. Zumindest in der letzten Kompressionsstufe umfasst der erste Dichtungsteil eine Kolbenringgruppe, die an einem äußeren Umfangsteil des Kolbens vorgesehen ist und so konfiguriert ist, dass sie zwischen dem Kolben und dem Zylinderteil abdichtet, und als Kontaktyp konfiguriert ist. Mindestens in der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe umfasst das zweite Dichtungsteil: mehrere Gehäuseteile, die zwischen dem Zylinderteil und der Kolbenstange angeordnet sind; und mehrere Ringteile, die von den mehreren Gehäuseteilen gehalten werden, und als Kontaktyp konfiguriert sind. Alle ersten und zweiten Dichtungsteile sind vom ölfreien Typ.

[0009] Hinsichtlich eines Verfahrens zum Anhalten einer Kompressoreinheit gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Kompressoreinheit Folgendes:

ein Rückschlagventil, das im ausstoßseitigen Strömungsweg der letzten Kompressionsstufe vorgesehen ist; eine Dekompressionsleitung, die mit dem ausstoßseitigen Strömungsweg weiter stromabwärts des Rückschlagventils verbunden ist; und ein Ein-Aus-Ventil, das im ausstoßseitigen Strömungsweg stromabwärts der Dekompressionsleitung vorgesehen ist. Das Verfahren umfasst Folgendes. Schließen des Ein-Aus-Ventils und Reduzieren des Drucks im Zylinderteil der letzten Kompressionsstufe durch Öffnen der Dekompressionsleitung bei Stillstand der Kompressoreinheit.

[0010] Hinsichtlich eines Verfahrens zum Anhalten einer Kompressoreinheit gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Kompressoreinheit Folgendes: ein Rückschlagventil, das im ausstoßseitigen Strömungsweg der letzten Kompressionsstufe vorgesehen ist; und eine Dekompressionsleitung, die mit dem ausstoßseitigen Strömungsweg zwischen der letzten Kompressionsstufe und dem Rückschlagventil verbunden ist. Das Verfahren umfasst Folgendes: Reduzieren des Drucks im Zylinderteil der letzten Kompressionsstufe durch Öffnen der Dekompressionsleitung bei Stillstand der Kompressoreinheit.

[0011] Die oben beschriebene Technik kann die Zuverlässigkeit der Kompressoreinheit verbessern.

[0012] Der Gegenstand, die Eigenschaft und der Vorteil der vorliegenden Erfindung wird aus der folgenden detaillierten Beschreibung und den begleitenden Zeichnungen besser ersichtlich.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0013]

- FIG. 1 ist ein schematisches Flussdiagramm einer Kompressoreinheit nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- FIG. 2 ist eine schematische Darstellung eines Kompressors;
- FIG. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht eines zweiten Dichtungsteils des Kompressors;
- FIG. 4 ist ein schematisches Flussdiagramm eines Teils einer anderen Kompressoreinheit;
- FIG. 5 ist ein schematisches Flussdiagramm eines Teils einer anderen Kompressoreinheit;
- FIG. 6 ist ein schematisches Flussdiagramm einer anderen Kompressoreinheit;
- FIG. 7 ist ein schematisches Flussdiagramm einer anderen Kompressoreinheit;
- FIG. 8 ist ein schematisches Flussdiagramm einer anderen Kompressoreinheit;
- FIG. 9 ist eine schematische Querschnittsansicht des zweiten Dichtungsteils;
- FIG. 10 ist eine schematische Draufsicht auf einen Zylinderteil des Kompressors;
- FIG. 11 ist eine schematische Längsschnittdarstellung des Zylinderteils;

- FIG. 12 ist eine schematische Längsschnittdarstellung des Zylinderteils;
 FIG. 13 ist eine schematische Draufsicht auf ein anderes Zylinderteil;
 FIG. 14 ist eine schematische Längsschnittdarstellung des Zylinderteils;
 FIG. 15 ist eine schematische Draufsicht auf ein anderes Zylinderteil;
 FIG. 16 ist eine schematische Querschnittsansicht des zweiten Dichtungsteils;
 FIG. 17 ist eine schematische Darstellung einer Kompressionsstufe mit Tandemstruktur;
 FIG. 18 ist eine schematische Darstellung der Kompressionsstufe mit Tandemstruktur;
 FIG. 19 ist eine schematische Darstellung der Kompressionsstufe mit Tandemstruktur;
 FIG. 20 ist eine schematische Darstellung von zwei Kompressionsstufen mit doppelt wirkender Struktur;
 FIG. 21 ist ein schematisches Flussdiagramm einer anderen Kompressoreinheit;
 FIG. 22 ist ein schematisches Flussdiagramm einer anderen Kompressoreinheit; und
 FIG. 23 ist ein schematisches Diagramm eines horizontalen Kompressors.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0014] FIG. 1 ist ein schematisches Flussdiagramm einer Kompressoreinheit 100 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. FIG. 2 ist eine schematische Darstellung eines Kompressors 500, der die Kompressoreinheit 100 bildet. Die Kompressoreinheit 100 wird unter Bezugnahme auf FIG. 1 und 2 beschrieben.

[0015] Die Kompressoreinheit 100 ist in einem Schiff (nicht abgebildet) mit einem LNG-Speichertank 101 installiert, in dem ein verflüssigtes Erdgas (LNG) gespeichert wird. Die Kompressoreinheit 100 ist so konfiguriert, dass sie ein Zielgas sammelt, das ein im LNG-Speichertank 101 erzeugtes Boil-Off-Gas ist. Die Kompressoreinheit 100 ist so konfiguriert, dass sie den Druck des gesammelten Zielgases auf etwa 300 bar erhöht und das unter Druck stehende Zielgas an einen vorbestimmten Bestimmungsort liefert, der das Zielgas benötigt (z.B. einen Schiffsmotor). In der folgenden Beschreibung werden die Begriffe „stromaufwärts“ und „stromabwärts“ in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung des Zielgases verwendet.

[0016] Die Kompressoreinheit 100 umfasst einen Strömungsweg 110, durch den das Zielgas zu dem Bestimmungsort strömt, der das Zielgas benötigt; den Kompressor 500; eine Bypassleitung 411, die so konfiguriert ist, dass das Zielgas zur stromaufwärtigen Seite zurückgeführt wird; mehrere Dämpfer und mehrere Kühler (siehe FIG. 1). In FIG. 1 ist die Kompressoreinheit 100 als ein Gerät mit Komponenten dargestellt, die in einer doppelgestrichelten Kettenlinie von FIG. 1 dargestellt sind (ähnlich wie in FIG. 6 bis 8). Der Kompressor 500 umfasst mehrere Kompressionsstufen, einen Kurbelmechanismus, der als gemeinsame Antriebsquelle für die mehreren Kompressionsstufen dient, ein Kurbelgehäuse 301, in dem der Kurbelmechanismus untergebracht ist, und sechs Querverführungen 303, die am Kurbelgehäuse 301 befestigt sind (siehe FIG. 2). Die mehreren Kompressionsstufen umfassen eine erste Kompressionsstufe 201, eine zweite Kompressionsstufe 202, die eine nächste Stufe der ersten Kompressionsstufe 201 ist, eine dritte Kompressionsstufe 203, die eine nächste Stufe der zweiten Kompressionsstufe 202 ist, eine vierte Kompressionsstufe 204, die eine nächste Stufe der dritten Kompressionsstufe 203 ist, und eine fünfte Kompressionsstufe 205, die eine nächste Stufe der vierten Kompressionsstufe 204 ist. Der Druck des Zielgases, das durch den Strömungsweg 110 fließt, wird durch die mehreren Kompressionsstufen sequentiell erhöht. Die mehreren Dämpfer sind vor und nach den Kompressionsstufen vorgesehen, um Druckschwankungen im Zielgas zu verhindern, die durch intermittierendes Ansaugen und Ausstoßen in Verbindung mit der Hin- und Herbewegung des Kolbens in den jeweiligen Kompressionsstufen 201 bis 205 verursacht werden. Zur Kühlung des in den verschiedenen Kompressionsstufen komprimierten Zielgases sind mehrere Kühler vorgesehen.

[0017] Ein stromaufwärts gelegenes Ende des Strömungsweges 110 ist mit einem oberen Teil des LNG-Speichertanks 101 verbunden, so dass das im LNG-Speichertank 101 erzeugte Boil-Off-Gas einströmt. Ein stromabwärts gelegenes Ende des Strömungsweges 110 ist mit dem Bestimmungsort verbunden, der das Zielgas benötigt.

[0018] Der Strömungsweg 110 umfasst einen Speichertankverbindungs-Strömungsweg 111, einen Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 und einen Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114. Der Speichertankverbindungs-Strömungsweg 111 ist mit dem LNG-Speichertank verbunden und leitet das Boil-Off-Gas zur Kompressoreinheit 100. Da zwei erste Kompressionsstufen 201 vorhanden sind, verzweigt der Speichertankverbindungs-Strömungsweg 111 in die Verzweigungsteile 111A und 111B, wobei diese Verzweigungsteile 111A und 111B jeweils mit der ersten Kompressionsstufe 201 verbunden sind. Die Verzweigungsteile 111A und 111B sind mit den Dämpfern 261 bzw. 262 versehen. Der Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 verbindet die Kompressionsstufen 201 bis 205. Im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 verzweigt sich ein Verbindungsteil mit den ersten Kompressionsstufen 201 in zwei Verzweigungsteile 113A und 113B. Andere Teile des Stufenverbindungs-Strömungsweges 113 sind mit der zweiten bis fünften Kompressionsstufe 202 bis 205, den Dämpfern

263 bis 268, 271, 272 und mehreren Kühlern 281 bis 284 versehen. Der Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114 ist ein Strömungsweg, der die fünfte Kompressionsstufe 205 und das Ziel, das das Zielgas anfordert, verbindet, wobei ein Dämpfer 273 und ein Kühler 285 vorgesehen sind.

[0019] Die beiden ersten Kompressionsstufen 201 werden in zwei Verzweigungsteilen 111A und 111B bereitgestellt, so dass sie parallel zueinander angeordnet sind. Zweite bis fünfte Kompressionsstufen 202 bis 205 sind in Abständen hintereinander im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 vorgesehen.

[0020] Der Kurbelmechanismus ist so konfiguriert, dass die Drehung einer Kurbelwelle in eine lineare Hin- und Herbewegung mehrerer Kreuzköpfe umgewandelt wird. Die Kurbelwelle wird von einem Motor 302 angetrieben. Die Kreuzköpfe werden als Verbindungsbereiche mit Kolbenstangen 213 der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 verwendet.

[0021] Die Kurbelwelle ist mit dem Motor 302 durch ein im Kurbelgehäuse 301 ausgebildetes Durchgangsloch verbunden. Das Kurbelgehäuse 301 ist so konfiguriert, dass es das Auslaufen eines Schmiermittels verhindert, das zur Schmierung des Kurbelmechanismus um das Durchgangsloch herum verwendet wird, hat jedoch keine abgedichtete Struktur (luftdichte Struktur). Daher ist der Druck im Innenraum des Kurbelgehäuses 301 im Wesentlichen gleich dem atmosphärischen Druck.

[0022] Die sechs Querverführungen 303 sind in horizontaler Richtung in Abständen zueinander angeordnet und ragen in einer zur horizontalen Richtung im Wesentlichen senkrechten Richtung vor (genauer gesagt in der vorliegenden Ausführungsform nach oben in einer Gravitationsrichtung). In den Querverführungen 303 führen die oben beschriebenen Traversen eine Hin- und Herbewegung aus.

[0023] In jeder Querverführung 303 ist ein Sperrteil 306 vorgesehen. In der Mitte des Sperrteils 306 ist ein Durchgangsloch ausgebildet, durch das die den Kolben verbindende Kolbenstange 213, die in jeder der Kompressionsstufen 201 bis 205 hin und her bewegt wird, und der entsprechende Kreuzkopf hindurchgeführt werden können.

[0024] Zur Erhöhung der Sicherheit der Kompressoreinheit 100 wird dem Innenraum der Querverführung 303 oberhalb des Sperrteils 306 ein Inertgas (z.B. Stickstoff) zugeführt. Der Versorgungsdruck des Inertgases ist im Wesentlichen gleich dem atmosphärischen Druck. Daher ist der Druck im Innenraum der Querverführung 303 im Wesentlichen gleich dem atmosphärischen Druck, ähnlich wie beim Druck im Innenraum des Kurbelgehäuses 301.

[0025] Die ersten bis fünften Kompressionsstufen 201 bis 205 sind entsprechend den Positionen der in horizontaler Richtung angeordneten Querverführungen 303 aufgebaut. Die erste Kompressionsstufe 201, die vierte Kompressionsstufe 204, die fünfte Kompressionsstufe 205, die zweite Kompressionsstufe 202, die dritte Kompressionsstufe 203 und die erste Kompressionsstufe 201 sind in dieser Reihenfolge von der Seite des Motors 302 aus angeordnet. Die erste bis fünfte Kompressionsstufe 201 bis 205 sind über den Strömungsweg 110 verbunden, um die in FIG. 1 gezeigte Rohrverbindung zu erhalten. Es ist zu beachten, dass FIG. 2 schematisch die Anordnung der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 zeigt, und tatsächlich liegen die ersten bis fünften Kompressionsstufen 201 bis 205 nahe beieinander. Darüber hinaus ist die Anordnungsreihenfolge der jeweiligen Kompressionsstufen 201 bis 205 nicht darauf beschränkt.

[0026] Die erste Kompressionsstufe 201 umfasst einen Zylinderteil 211, einen Kolben 212, die Kolbenstange 213, ein Saugventil-Paar 214, ein Auslassventil-Paar 215 und eine Zylinderbuchse (nicht abgebildet).

[0027] Der Zylinderteil 211 umfasst ein Rohrteil 216, das im Wesentlichen coaxial zur Querverführung 303 verläuft, einen hinteren Kopf 217, der an einem Öffnungsende des Rohrteils 216 auf einer Seite des Kurbelmechanismus befestigt ist, und einen vorderen Kopf 218, der das andere Öffnungsende des Rohrteils 216 verschließt. In der zentralen Position des hinteren Kopfes 217 sind das Durchgangsloch und ein ausgesparter Teil im Wesentlichen coaxial zum Durchgangsloch ausgebildet. Der ausgesparte Teil des hinteren Kopfes 217 ist zur Seite des Kurbelmechanismus hin offen.

[0028] Der Kolben 212 ist in einem Gehäuseraum des Zylinderteils 211 untergebracht, der von dem Rohrteil 216, dem hinteren Kopf 217 und dem vorderen Kopf 218 umgeben ist. Im Zylinderteil 211 werden die Kompressionskammern 221 und 222 zum Verdichten des Zielgases jeweils zwischen einer Endfläche auf der Seite des Kurbelmechanismus des Kolbens 212 und dem hinteren Kopf 217 und zwischen einer Endfläche auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus des Kolbens 212 und dem vorderen Kopf 218 gebildet. Auf diese Weise hat die erste Kompressionsstufe 201 eine doppelt wirkende Struktur, bei der die Kompressionskammern 221 und 222 auf beiden Seiten des Kolbens 212 gebildet werden.

[0029] Das Saugventil-Paar 214 ist an Sauganschlüssen befestigt, die an Positionen gebildet werden, die den Kompressionskammern 221 und 222 entsprechen. Wenn der Druck des Zielgases in den Kompressionskammern 221 und 222 gleich oder kleiner als der Druck stromaufwärts der Saugventile 214 wird, lassen die Saugventile 214 das Zielgas in die Kompressionskammern 221 und 222 strömen.

[0030] Das Auslassventil-Paar 215 ist an Auslassöffnungen befestigt, die an Positionen gebildet werden, die den Kompressionskammern 221 und 222 entsprechen. Wenn der Druck des Zielgases in den Kompressionskammern 221 und 222 gleich oder größer als der Druck hinter den Auslassventilen 215 wird, lassen die Auslassventile 215 das Zielgas aus den Kompressionskammern 221 und 222 ausströmen.

[0031] Die Zylinderbuchse (nicht abgebildet) ist ein zylindrisches Element, das an der inneren Umfangsfläche des Zylinderteils 211 befestigt ist, um den Verschleiß des Zylinderteils 211 zu verhindern, und besteht aus Gusseisen oder legiertem Stahl. Die Zylinderbuchse lässt sich austauschen, wenn sie durch Kontakt mit einem ersten, später beschriebenen Dichtungsteil verschlissen ist. In der folgenden Beschreibung wird die Zylinderbuchse als Teil des Zylinderteils 211 beschrieben.

[0032] Die Kolbenstange 213 ist mit der Endfläche des Kolbens 212 auf der Seite des Kurbelmechanismus und dem Kreuzkopf des Kurbelmechanismus verbunden. Die Kolbenstange 213 geht durch den hinteren Kopf 217, reicht bis zum Kurbelmechanismus in der Querführung 303 und wird in das Durchgangsloch des Sperrteils 306 eingeführt.

[0033] Die erste Kompressionsstufe 201 umfasst ein Abstreiferteil 231 und eine Ölschleuder 232, um zu verhindern, dass das zur Schmierung des Kurbelmechanismus verwendete Schmiermittel durch den äußeren Umfangsteil der Kolbenstange 213 in die Kompressionsräume 221 und 222 gelangt.

[0034] Das Abstreiferteil 231 ist ein ringförmiges Dichtelement, das einen Umfang der Kolbenstange 213 umgibt. Das Abstreiferteil 231 ist am Sperrteil 306 befestigt. Der innere Umfangsteil des Abstreiferteils 231 steht in Kontakt mit dem äußeren Umfangsteil der Kolbenstange 213.

[0035] Die Ölschleuder 232 ist ein ringförmiges Plattenelement. Die Ölschleuder 232 ist an der Kolbenstange 213 zwischen dem Abstreiferteil 231 und dem hinteren Kopf 217 befestigt.

[0036] Die erste Kompressionsstufe 201 umfasst einen ersten Dichtungsteil 241 und einen zweiten Dichtungsteil 242. Der erste Dichtungsteil 241 ist vorgesehen, um die Zirkulation des Zielgases zwischen den Kompressionskammern 221 und 222 zu verhindern. Der zweite Dichtungsteil 242 ist vorgesehen, um zu verhindern, dass das Zielgas aus der Kompressionskammer 221 in die Querführung 303 entweicht.

[0037] Der erste Dichtungsteil 241 umfasst mehrere Kolbenringe 243 (Kolbenringgruppe), die am äußeren Umfangsteil des Kolbens 212 befestigt sind. Das heißt, der erste Dichtungsteil 241 ist ein Kontakt-Dichtungselement, das zwischen dem Kolben 212 und der Innenfläche des Zylinderteils 211 abdichtet, indem die äußeren peripheren Teile der Kolbenringe 243 mit dem Zylinderteil 211 in Kontakt kommen (genauer gesagt, die Zylinderbuchse ist nicht abgebildet). Mittlerweile ist auch der erste Dichtungsteil 241 ein ölfreies (d.h. nicht schmierendes) Dichtungselement, bei dem das Schmiermittel nicht zu den Kolbenringen 243 geleitet wird. Es ist zu beachten, dass ein Mitnehmerring, der den Kontakt zwischen dem Kolben 212 und der Innenfläche des Zylinderteils 211 verhindert, nicht abgebildet ist.

[0038] In der ersten Kompressionsstufe 201 ist jeder Kolbenring 243 aus einem Material geformt, dessen Hauptbestandteil Polytetrafluorethylen (PTFE) oder modifiziertes PTFE ist. Ähnlich verhält es sich auch in den zweiten bis vierten Kompressionsstufen 202 bis 204.

[0039] FIG. 3 zeigt einen schematischen Querschnitt des zweiten Dichtungsteils 242. Wie in FIG. 2 und 3 gezeigt, ist das zweite Dichtungsteil 242 eine so genannte Stangendichtung und umfasst mehrere Gehäuseteile 244, mehrere Ringteile 249 und ein Halteteil 294. Die Gehäuseteile 244 und die Ringteile 249 umgeben einen Umfang der Kolbenstange 213, die im hinteren Kopf 217 angeordnet ist.

[0040] Die mehreren Gehäuseteile 244 sind in dem ausgesparten Teil zwischen dem hinteren Kopf 217 und der Kolbenstange 213 untergebracht.

[0041] Jedes Gehäuseteil 244 umfasst ein im Wesentlichen kreisförmiges Bodenteil 251 und ein peripheres Wandteil 252, das von einer Außenkante des Bodenteils 251 zur Seite des Kurbelmechanismus hin vorsteht. Ein Durchgangsloch, in das die Kolbenstange 213 eingeführt wird, ist im Wesentlichen in der Mitte des Bodenteils 251 ausgebildet. Die Ringteile 249 sind in jedem Gehäuseteil 244 untergebracht.

[0042] Das Halteteil 294 befindet sich näher am Kurbelmechanismus als die Gehäuseteile 244. Das Halteteil 294 wird mit einem Bolzen o.ä. (nicht abgebildet) am hinteren Kopf 217 befestigt.

[0043] Die mehreren Ringteile 249 sind entlang einer axialen Richtung der Kolbenstange 213 angeordnet. Die inneren Umfangsteile der Ringteile 249 kommen mit dem äußeren Umfangsteil der Kolbenstange 213 in Kontakt. Das heißt, der zweite Dichtungsteil 242 dichtet zwischen der Kolbenstange 213 und dem hinteren Kopf 217 als Kontaktdichtungselement ab. Mittlerweile ist auch das zweite Dichtungsteil 242 ein ölfreies (d.h. nicht schmierendes) Dichtungselement, bei dem das Schmiermittel nicht zu den Ringteilen 249 geleitet wird.

[0044] In der vorliegenden Ausführungsform ist jedes Ringteil 249 aus einem Material gebildet, dessen Hauptbestandteil Polytetrafluorethylen (PTFE) oder modifiziertes PTFE ist. Ähnlich verhält es sich auch in den zweiten bis vierten Kompressionsstufen 202 bis 204.

[0045] Die zweite bis vierte Kompressionsstufe 202 bis 204 sind im Wesentlichen identisch mit der ersten Kompressionsstufe 201, außer dass ein Durchmesser des Kolbens 212 und ein Innendurchmesser des Zylinderteils 211 kleiner sind als die der ersten Kompressionsstufe 201. Das heißt, der erste Dichtungsteil 241 und der zweite Dichtungsteil 242 jeder der zweiten bis vierten Kompressionsstufen 202 bis 204 sind vom Kontakttyp und vom ölfreien Typ. Auch die zweite bis vierte Kompressionsstufe 202 bis 204 haben eine doppelt wirkende Struktur.

[0046] Der Durchmesser des Kolbens 212 und der Innendurchmesser des Zylinderteils 211 sind in der fünften Kompressionsstufe 205 kleiner als in den ersten bis vierten Kompressionsstufen 201 bis 204. Im Zylinderteil 211 der fünften Kompressionsstufe 205 bildet sich in einem Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben 212 die Kompressionskammer 222, ähnlich wie in der ersten Kompressionsstufe 201.

[0047] In der Zwischenzeit wird ein Rohrstück 119 mit dem Raum auf der Seite des Kurbelmechanismus verbunden, wobei der Kolben 212 ohne das Saugventil an einer Stelle zwischengeschaltet wird, an der das Saugventil angebracht werden

soll. Das Rohrstück 119 ist mit dem Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 auf der Saugseite der fünften Kompressionsstufe 205 verbunden. Dadurch steht der Raum auf der Seite des Kurbelmechanismus mit dem dazwischenliegenden Kolben 212 des Zylinderteils 211 immer in Verbindung mit dem Stufenverbindungs-Strömungsweg 113. Das heißt, der Raum ist eine Nicht-Kompressionskammer 223, die nicht zum Verdichten des Zielgases verwendet wird. Auf diese Weise hat die fünfte Kompressionsstufe 205 im Gegensatz zu den anderen Kompressionsstufen 201 bis 204 eine einfach wirkende Struktur, bei der nur der Raum auf einer Seite des Kolbens 212 als Kompressionskammer 222 dient. Es ist zu beachten, dass das Rohrstück 119 auf der Ausstoßseite der fünften Kompressionsstufe 205 mit dem Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114 verbunden sein kann.

[0048] Da die fünfte Kompressionsstufe 205 den höchsten Druck der zweiten bis fünften Kompressionsstufe 202 bis 205 erhält, enthält der Zylinderteil 211 ein geschmiedetes Material.

[0049] Die fünfte Kompressionsstufe 205 umfasst den ersten Dichtungsteil 241 und den zweiten Dichtungsteil 242. Der erste Dichtungsteil 241 der fünften Kompressionsstufe 205 ist ein Kontakt-Dichtungselement, das ähnlich wie bei der ersten Kompressionsstufe 201 die mehreren Kolbenringe 243 (Kolbenringgruppe) enthält und zwischen dem Kolben 212 und der Innenfläche des Zylinderteils 211 abdichtet. Zusätzlich ist der erste Dichtungsteil 241 ebenfalls ölfrei (d.h. eine Struktur, bei der den Kolbenringen kein Schmiermittel zugeführt wird). Jeder Kolbenring 243 ist aus einem Material gebildet, dessen Hauptbestandteil mindestens eines von Polyimid (PI) und Polyetheretherketon (PEEK) ist, oder aus einem Material, dessen Hauptbestandteil eine Mischung aus einem oder beiden und PTFE oder modifiziertem PTFE ist. Durch die Verwendung eines solchen Hauptkomponentenmaterials hat der Kolbenring 243 eine höhere Biegefestigkeit (Elastizitätsmodul) als ein Kolbenring, dessen Hauptkomponente nur aus Polytetrafluorethylen (PTFE) besteht. Alternativ kann der Kolbenring 243 aus einem Material gebildet werden, dessen Hauptbestandteil ein anderer technischer Kunststoff (z.B. Polyamid (PA)) mit einer höheren Biegefestigkeit (E-Modul) ist als ein Kolbenring, dessen Hauptbestandteil nur Polytetrafluorethylen (PTFE) ist. Weiterhin kann alternativ der Kolbenring 243 durch Formen von Kohlefasern gebildet werden. Diese alternativen Materialien haben ebenfalls eine hohe Dichtungsleistung und eine hohe Haltbarkeitsleistung, ähnlich wie der Kolbenring 243, der durch die Verwendung eines Materials gebildet wird, dessen Hauptbestandteil mindestens eines von Polyimid (PI) und Polyetheretherketon (PEEK) ist, oder eines Materials, dessen Hauptbestandteil eine Mischung aus einem oder beiden und PTFE oder modifiziertem PTFE ist. Ähnlich verhält es sich mit den später beschriebenen Ringteilen 249.

[0050] Das zweite Dichtungsteil 242 der fünften Kompressionsstufe 205 ist ein Kontakt-Dichtungselement, bei dem die inneren Umfangsteile der Ringteile 249 mit dem äußeren Umfangsteil der Kolbenstange 213 in ähnlicher Weise wie bei der ersten Kompressionsstufe 201 in Kontakt kommen. Das zweite Dichtungsteil 242 ist ebenfalls ölfrei (d.h. von einer Struktur, bei der das Schmiermittel nicht den Ringteilen 249 zugeführt wird).

[0051] Jedes Ringteil 249 ist aus einem Material gebildet, dessen Hauptbestandteil mindestens eines von Polyimid (PI) und Polyetheretherketon (PEEK) ist, ähnlich wie den Kolbenringen 243. Alternativ kann das Ringteil 249 aus einem Material gebildet sein, dessen Hauptbestandteil ein anderer technischer Kunststoff (z.B. Polyamid (PA)) mit einer höheren Biegefestigkeit (E-Modul) als Polytetrafluorethylen (PTFE) ist. Ferner kann alternativ das Ringteil 249 durch das Formen von Kohlefasern gebildet werden. Diese alternativen Materialien haben ebenfalls eine hohe Dichtungsleistung und eine hohe Haltbarkeitsleistung, ähnlich wie das Ringteil 249, das durch die Verwendung eines Materials gebildet wird, dessen Hauptbestandteil mindestens eines von Polyimid (PI) und Polyetheretherketon (PEEK) ist.

[0052] Die Anzahl der Sätze der Gehäuseteile 244 und der Ringteile 249 des zweiten Dichtungsteils 242 ist in der fünften Kompressionsstufe 205 größer als in der ersten Kompressionsstufe 201. Bei dieser Konfiguration ist die Länge des zweiten Dichtungsteils 242 in axialer Richtung in der fünften Kompressionsstufe 205 länger als in der ersten Kompressionsstufe 201, wobei ein Teil des zweiten Dichtungsteils 242 aus dem hinteren Kopf 217 in Richtung des Kurbelmechanismus herausragt. Ein Dichtungsbereich des zweiten Dichtungsteils 242 ist in der fünften Kompressionsstufe 205 größer als in der ersten Kompressionsstufe 201, wodurch es möglich ist, ein höherwertiges Zielgas abzudichten. Die fünfte Kompressionsstufe 205 ist der ersten Kompressionsstufe 201 in einer anderen Struktur ähnlich.

[0053] Um das Kräfteungleichgewicht zu reduzieren, ist das Gesamtgewicht des Kolbens 212 und der Kolbenstange 213 und das Gewicht des entsprechenden Kreuzkopfes zwischen der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 im Wesentlichen gleich. Es ist zu beachten, dass das Gewicht des Kreuzkopfes durch Hinzufügen eines Gewichts angepasst werden kann.

[0054] Jeder der mehreren Dämpfer ist ein druckbeständiger Behälter, der auf dem Strömungsweg 110 vorgesehen ist. Das Volumen dieser Dämpfer ist groß genug eingestellt, um die Druckschwankungen des einströmenden Zielgases zu reduzieren. Die Dämpfer 261 und 262 sind in den beiden Verzweigungsteilen 111A bzw. 111B vorgesehen und befinden sich in der Nähe der ersten Kompressionsstufen 201. Schwankungen des Saugdrucks der beiden ersten Kompressionsstufen 201 werden verhindert.

[0055] Ein weiterer Dämpfer 263 ist am stromabwärts gelegenen Ende der Verzweigungsteile 113A und 113B vorgesehen. Das in den beiden ersten Kompressionsstufen 201 komprimierte Zielgas strömt in den Dämpfer 263. Der Dämpfer 263 befindet sich in der Nähe der ersten Kompressionsstufen 201 und verhindert Schwankungen des Auslassdrucks der ersten Kompressionsstufen 201. Der Dämpfer 263 kann auch zweigeteilt werden.

[0056] Ein weiterer Dämpfer 264 ist stromabwärts des Dämpfers 263 vorgesehen. Der Dämpfer 264 befindet sich in der Nähe der zweiten Kompressionsstufe 202 und verhindert Schwankungen des Saugdrucks der zweiten Kompressionsstufe 202. Auf diese Weise sind die beiden Dämpfer 263 und 264 in einem Strömungswegabschnitt zwischen der ersten Druckstufe 201 und der zweiten Druckstufe 202 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 vorgesehen. Ein Abstand zwischen den Dämpfern 263 und 264 (Abstand entlang des Stufenverbindungs-Strömungsweges 113, nachfolgend derselbe) ist größer als ein Abstand zwischen der ersten Kompressionsstufe 201 und dem Dämpfer 263 und ein Abstand zwischen der zweiten Kompressionsstufe 202 und dem Dämpfer 264. Auch zwischen anderen, unten beschriebenen Kompressionsstufen sind zwei Dämpfer so angeordnet, dass sie ein ähnliches Verhältnis wie dieses Abstandsverhältnis aufweisen.

[0057] Die Dämpfer 265 und 266 sind in einem Strömungswegabschnitt zwischen der zweiten Kompressionsstufe 202 und der dritten Kompressionsstufe 203 vorgesehen. Der Dämpfer 265 befindet sich in der Nähe der zweiten Kompressionsstufe 202, und Schwankungen des Auslassdrucks der zweiten Kompressionsstufe 202 werden verhindert. Der Dämpfer 266 liegt nahe an der dritten Kompressionsstufe 203, und Schwankungen des Saugdrucks der dritten Kompressionsstufe 203 werden verhindert.

[0058] Die Dämpfer 267 und 268 nahe der dritten Kompressionsstufe 203 bzw. der vierten Kompressionsstufe 204 sind in einem Strömungswegabschnitt zwischen der dritten Kompressionsstufe 203 und der vierten Kompressionsstufe 204 vorgesehen. Die Dämpfer 267 und 268 verhindern Schwankungen des Enddrucks der dritten Kompressionsstufe 203 und des Saugdrucks der vierten Kompressionsstufe 204. Die Dämpfer 271 und 272 nahe den Kompressionsstufen 204 und 205 sind in einem Strömungswegabschnitt zwischen der vierten Kompressionsstufe 204 und der fünften Kompressionsstufe 205 vorgesehen. Schwankungen des Auslassdrucks der vierten Kompressionsstufe 204 und des Saugdrucks der fünften Kompressionsstufe 205 werden verhindert.

[0059] Der verbleibende eine Dämpfer 273 wird nahe der fünften Kompressionsstufe 205 im Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114 angeordnet. Der Dämpfer 273 verhindert Schwankungen des Auslassdrucks der fünften Kompressionsstufe 205.

[0060] Die mehreren Kühler sind im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 und im Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114 vorgesehen. Insbesondere ist der Kühler 281 in dem Strömungswegabschnitt zwischen den Dämpfern 263 und 264 angeordnet. Ein weiterer Kühler 282 ist in dem Strömungswegabschnitt zwischen den Dämpfern 265 und 266 angeordnet. Ein weiterer Kühler 283 ist in dem Strömungswegabschnitt zwischen den Dämpfern 267 und 268 angeordnet. Ein weiterer Kühler 284 ist in dem Strömungswegabschnitt zwischen den Dämpfern 271 und 272 angeordnet. Der verbleibende Kühler 285 ist stromabwärts des Dämpfers 273 in dem Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114 angeordnet. Die Kühler 281 bis 285 sind vorgesehen, um das von der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 verdichtete Zielgas zu kühlen.

[0061] Die Kompressoreinheit 100 ist so konfiguriert, dass sie eine Steuerung zur Einstellung des Drucks und der Strömungsrate des Zielgases, das dem Bestimmungsort zugeführt werden soll, der das Zielgas benötigt, sowie eine Steuerung zur Dekomprimierung des Strömungsweges 110 bei Stillstand des Kompressors 500 durchführt. Die für solche Kontrollen verwendeten Kontrollregionen werden im Folgenden beschrieben.

[0062] Zur Einstellung des Drucks und der Strömungsrate des Zielgases, das dem Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt, zugeführt werden soll, umfasst die Kompressoreinheit 100 die Bypassleitung 411, ein Steuerventil 412, einen Drucksensor 413 und eine Steuereinheit 414. Die Bypassleitung 411 zweigt zwischen dem Kühler 284 und dem Dämpfer 272 auf der Saugseite der fünften Kompressionsstufe 205 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 ab und ist mit dem Speicherverbindungs-Strömungsweg 111 verbunden. Das heißt, die Bypassleitung 411 umgeht die erste bis vierte Kompressionsstufe 201 bis 204 und die Dämpfer 261 bis 268 und 271, um das Zielgas stromaufwärts der ersten Kompressionsstufe 201 zurückzuführen. Das Steuerventil 412 ist in der Bypassleitung 411 vorgesehen. Der Drucksensor 413 ist zwischen dem Kühler 284 und dem Dämpfer 272 angeordnet und erfasst den Druck des Zielgases auf der Saugseite der fünften Kompressionsstufe 205.

[0063] Der Drucksensor 413 und das Steuerventil 412 sind elektrisch mit der Steuereinheit 414 verbunden. Die Steuereinheit 414 steuert den Öffnungsgrad des Steuerventils 412, basierend auf dem vom Drucksensor 413 erfassten Druck. Es ist zu beachten, dass die Steuereinheit 414 als Software oder als dedizierte Schaltung aufgebaut sein kann.

[0064] Die Kompressoreinheit 100 umfasst eine Dekompressionsleitung 415, zwei Ein-Aus-Ventile 416 und 417 sowie ein Rückschlagventil 418 zur Dekompressionssteuerung. Das Rückschlagventil 418 befindet sich in einem austößseitigen Strömungsweg der fünften Kompressionsstufe 205, d.h. der letzten Kompressionsstufe (d.h. dem Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114). Das Ein-Aus-Ventil 416 ist stromabwärts des Rückschlagventils 418 vorgesehen. Der Öffnungsgrad des Ein-Aus-Ventils 416 wird als Reaktion auf den Empfang eines Befehlssignals von der Steuereinheit 414 gesteuert. Die Dekompressionsleitung 415 zweigt vom Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114 stromabwärts des Rückschlagventils 418 und stromaufwärts des Ein-Aus-Ventils 416 ab. Die Spitze der Dekompressionsleitung 415 kann zur Atmosphäre hin offen sein oder an eine Fackelanlage angeschlossen werden, die das Zielgas verbrennt, das von der Kompressoreinheit 100 durch die Dekompressionsleitung 415 freigesetzt wird. Das Ein-Aus-Ventil 417 ist in der Dekompressionsleitung 415 vorgesehen. Der Öffnungsgrad des Ein-Aus-Ventils 417 wird als Reaktion auf den Empfang eines Befehlssignals von

der Steuereinheit 414 gesteuert. Wenn die Kompressoreinheit 100 angetrieben wird, ist das Ein-Aus-Ventil 417 normalerweise geschlossen.

[0065] Der Betrieb der Kompressoreinheit 100 und das Durchströmen des Zielgases werden im Folgenden beschrieben.

[0066] Wenn der Motor 302 arbeitet, führen die Kreuzköpfe im Kurbelmechanismus eine lineare Hin- und Herbewegung aus. Die Kraft der Kreuzköpfe wird über die Kolbenstangen 213 der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 auf die Kolben 212 der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 übertragen. Infolgedessen führen diese Kolben 212 auch eine lineare Hin- und Herbewegung aus.

[0067] Zu diesem Zeitpunkt soll sich in jeder der Kompressionsstufen 201 bis 205 das im Kurbeltrieb verwendete Schmiermittel entlang des äußeren Umfangsteils der Kolbenstange 213 zum Zylinderteil 211 bewegen. Da jedoch das innere Umfangsteil des Abstreiferteils 231 mit dem äußeren Umfangsteil der Kolbenstange 213 in Kontakt steht, wird der Großteil des Schmiermittels, das aus dem Kurbelgehäuse 301 ausgeflossen ist, vom Abstreiferteil 231 abgestreift. Bei dieser Konfiguration wird das Eindringen des Schmiermittels in das Zylinderteil 211 verhindert.

[0068] Außerdem ist die Ölschleuder 232 näher am Zylinderteil 211 vorgesehen als das Abstreiferteil 231 an der Kolbenstange 213. Bei dieser Konfiguration verhindert die Ölschleuder 232 das Eindringen des Schmiermittels, selbst wenn nur eine sehr geringe Menge des Schmiermittels durch das Abstreiferteil 231 hindurchgeht.

[0069] In jeder der ersten bis vierten Kompressionsstufen 201 bis 204 wird das Ansaugen und Ausstoßen des Zielgases in den beiden Kompressionskammern 221 und 222 in Verbindung mit der Hin- und Herbewegung des Kolbens 212 abwechselnd wiederholt. In der fünften Kompressionsstufe 205 erfolgt das Ansaugen und Ausstoßen des Zielgases in der Kompressionskammer 222. Das aus den Kompressionsstufen 201 bis 205 ausgestoßene Zielgas wird durch die Kühler 281 bis 285 gekühlt.

[0070] Während der Kompressor 500 in Betrieb ist, erfasst der Drucksensor 413 den Saugdruck der fünften Kompressionsstufe 205. Der erfasste Druck wird an die Steuereinheit 414 ausgegeben. Basierend auf dem erfassten Druck steuert die Steuereinheit 414 den Öffnungsgrad des Steuerventils 412 so, dass der Saugdruck der fünften Kompressionsstufe 205 im Wesentlichen konstant wird. In der fünften Kompressionsstufe 205 wird der Druck des Zielgases von ca. 100 bar bis 150 bar durch die erste bis vierte Kompressionsstufe 201 bis 204 weiter auf ca. 300 bar erhöht. Daher tritt wahrscheinlich ein Verschleiß des ersten Dichtungsteils 241 auf, und es ist wahrscheinlich, dass Druckschwankungen aufgrund einer Verringerung der Verarbeitungsmenge auftreten. Währenddessen kann in der Kompressoreinheit 100 ein stabiler Betrieb fortgesetzt werden, da der Saugdruck der fünften Kompressionsstufe 205 unter Verwendung der Bypassleitung 411 so gesteuert wird, dass er im Wesentlichen konstant ist.

[0071] Wenn der Kompressor 500 anhält, wird ein externes Signal, das die Dekompressionsverarbeitung für die Kompressoreinheit 100 anfordert, in die Steuereinheit 414 eingegeben. Das externe Signal kann als Reaktion auf einen Vorgang durch einen Bediener oder dann erzeugt werden, wenn ein Sensor, der den Status der Kompressoreinheit 100 überwacht, eine Anomalie der Kompressoreinheit 100 erfasst. Als Reaktion auf den Empfang des externen Signals eines Instruments, das der Kompressoreinheit 100 nachgeschaltet ist, erzeugt die Steuereinheit 414 ein Befehlssignal zum Schließen des Ein/Aus-Ventils 416 sowie ein Befehlssignal zum Öffnen des Ein/Aus-Ventils 417. Diese Befehlssignale werden an die Ein-Aus-Ventile 416 und 417 ausgegeben. Das Ein-Aus-Ventil 416 schließt als Reaktion auf das Befehlssignal, während das Ein-Aus-Ventil 417 als Reaktion auf das Befehlssignal öffnet.

[0072] Sobald das Ein-Aus-Ventil 417 geöffnet wird, wird das Zielgas in der fünften Kompressionsstufe 205 durch die Dekompressionsleitung 415 ausgestoßen. Durch Anordnen des Rückschlagventils 418 zwischen der fünften Kompressionsstufe 205 und der Dekompressionsleitung 415 wird ein Rückfluss von der Dekompressionsleitung 415 zur fünften Kompressionsstufe 205 verhindert. Sobald außerdem das Ein-Aus-Ventil 416 geschlossen ist, wird ein Rückfluss des Zielgases vom Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt, verhindert. Das Zielgas, das in die Dekompressionsleitung 415 geströmt ist, wird in die Atmosphäre abgegeben oder in der Fackelanlage verbrannt. Es ist zu beachten, dass in der Kompressoreinheit 100 das Zielgas in den ersten bis vierten Kompressionsstufen 201 bis 204 auch durch die Dekompressionsleitung 415 dekomprimiert werden kann. Darüber hinaus kann eine andere Dekompressionsleitung in der ersten bis vierten Kompressionsstufe 201 bis 204 vorgesehen sein.

[0073] Die Kompressoreinheit 100 nach der vorliegenden Ausführungsform wurde oben beschrieben. Herkömmlicherweise wurde als Kompressor, der ein Boil-Off-Gas an einen Bestimmungsort liefert, der das Zielgas benötigt, wie z.B. ein Motor in einem Schiff, wie in JP-A-2018-128039 gezeigt, ein Schmierkompressor verwendet, und das im Boil-Off-Gas enthaltene Schmiermittel, das aus dem Kompressor austritt, wurde durch einen Separator oder ähnliches gesammelt. Im Gegensatz dazu wird beim Kompressor 500, da die ersten und zweiten Dichtungsteile 241 und 242 in allen Kompressionsstufen 201 bis 205 ölfrei sind, eine Verschmutzung von Öl in dem Zielgas von vornherein verhindert. Darüber hinaus verhindern das Abstreiferteil 231 und die Ölschleuder 232, dass das zur Schmierung des Kurbelmechanismus verwendete Schmiermittel in das Zylinderteil 211 gelangt, wodurch das Zielgas mit höherer Zuverlässigkeit sauber bleiben kann.

[0074] Da das erste und das zweite Dichtungsteil 241 und 242 vom Kontakttyp sind, können die Dichtungseigenschaften verbessert werden. Da sich die fünfte Kompressionsstufe 205, die die letzte Kompressionsstufe ist, in einer Hochdruckumgebung befindet, in der der Druck des Zielgases von 100 bar bis 150 bar auf 300 bar (oder mehr) erhöht wird, sind insbe-

sondere die ersten und zweiten Dichtungsteile 241 und 242 der fünften Kompressionsstufe 205 vorzugsweise vom Kontakttyp und nicht vom berührungslosen Typ wie eine Labyrinthdichtung.

[0075] Auf diese Weise kann die Zuverlässigkeit des Kompressors 500 durch die Verwendung von ölfreien und Kontakt-Dichtungselementen für die ersten und zweiten Dichtungsteile 241 und 242 verbessert werden.

[0076] Beim Kompressor 500 kann die einfach wirkende Struktur der fünften Kompressionsstufe 205, die unter der Umgebung mit dem höchsten Druck angetrieben wird, die Belastung des zweiten Dichtungsteils 242 reduzieren, wobei die doppelt wirkende Struktur der anderen Kompressionsstufen 201 bis 204 die Verarbeitungsmenge des Zielgases sichern kann.

[0077] In der fünften Kompressionsstufe 205 kann die Belastung des zweiten Dichtungsteils 242 weiter reduziert werden, da die Nicht-Kompressionskammer 223 zwischen der Kompressionskammer 222 und dem zweiten Dichtungsteil 242 vorgesehen ist. Durch Verdichten des Zielgases durch die beiden parallel angeordneten ersten Kompressionsstufen 201 kann die Verarbeitungsmenge des Zielgases weiter gesichert werden.

[0078] Im Gegensatz zu herkömmlichen Techniken benötigt der Kompressor 500 keine Schmierung des Dichtungsteils, so dass keine zusätzlichen Schmiervorrichtungen erforderlich sind. Folglich kann die Anordnung in der Kompressoreinheit 100 einfacher sein als im Schmierkompressor.

[0079] Der Innendruck des Kurbelgehäuses 301, an dem das Abstreiferteil 231 befestigt ist, entspricht im Wesentlichen dem atmosphärischen Druck. Ein Inertgas mit einem Druck, der im Wesentlichen dem atmosphärischen Druck entspricht, wird dem Raum auf der Seite des Kolbens 212 des Abstreiferteils 231 (d.h. dem Innenraum der Querverführung 303) zugeführt. Daher ist die Druckdifferenz im Zwischenbereich vor und hinter dem Abstreiferteil 231 im Wesentlichen null. Mit dieser Konfiguration kann die Verformung des Abstreiferteils 231 aufgrund der Druckdifferenz verhindert werden und somit die Abdichtungsleistung des Abstreiferteils 231 über einen langen Zeitraum hinweg erzielt werden. Darüber hinaus kann in allen ersten bis fünften Kompressionsstufen 201 bis 205, da die Druckdifferenz um das Abstreiferteil 231 im Wesentlichen null ist, das Abstreiferteil 231 der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 unter Verwendung eines gemeinsamen Elements gebildet werden.

[0080] In der fünften Kompressionsstufe 205 werden der Kolbenring 243 und das Ringteil 249, die für das erste Dichtungsteil 241 und das zweite Dichtungsteil 242 verwendet werden, aus einem Material gebildet, dessen Hauptbestandteil mindestens eines von Polyimid (PI) und Polyetheretherketon (PEEK) ist, oder aus einem Material, dessen Hauptbestandteil eine Mischung aus einem oder beiden und PTFE oder modifiziertem PTFE ist. Da diese Materialien auch in einer Hochdruckumgebung härter sind als Materialien, deren Hauptbestandteil nur PTFE ist, sind das erste Dichtungsteil 241 und das zweite Dichtungsteil 242 nicht leicht verformbar und können über einen langen Zeitraum eine ausgezeichnete Dichtungsleistung aufweisen.

[0081] Durch die Anordnung der Dämpfer 261 bis 268 und 271 bis 273 in der Nähe der Saug- und Ausstoßseite der ersten bis fünften Kompressionsstufe 201 bis 205 wird die Druckschwankung des Zielgases wirksam unterbunden. Bei dieser Konfiguration wird die durch die Druckschwankung bedingte Schwingung der Kompressoreinheit 100 verhindert.

[0082] Eine Verbindungsposition eines stromaufwärtigen Endes der Bypassleitung 411 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 (stromaufwärtiges Ende in einer Strömungsrichtung in der Bypassleitung 411) liegt zwischen den Dämpfern 271 und 272. Bei dieser Konfiguration wird die Bypassleitung 411 von der Schwankung des Enddrucks der vierten Kompressionsstufe 204 und des Saugdrucks der fünften Kompressionsstufe 205 weniger stark beeinflusst als in einem Fall, in dem die Verbindungsposition des stromaufwärtigen Endes der Bypassleitung 411 zwischen der vierten Kompressionsstufe 204 und dem Dämpfer 271 oder zwischen der fünften Kompressionsstufe 205 und dem Dämpfer 272 liegt.

[0083] Inzwischen befindet sich eine Verbindungsstelle eines stromabwärtigen Endes der Bypassleitung 411 im Speichertankverbindungs-Strömungsweg 111 (stromabwärtiges Ende in Strömungsrichtung in der Bypassleitung 411) vor den Dämpfern 261 und 262 auf der Saugseite der ersten Kompressionsstufe 201. Die Bypassleitung 411 wird von der Saugdruckschwankung der ersten Kompressionsstufe 201 weniger wahrscheinlich beeinflusst als in einem Fall, in dem die Verbindungsposition des stromabwärtigen Endes der Bypassleitung 411 zwischen der ersten Kompressionsstufe 201 und dem Dämpfer 261 liegt.

[0084] In der in FIG. 1 dargestellten Kompressoreinheit 100 kann die Dekompressionssteuerung von einer anderen Steuereinheit als der Steuereinheit 414 durchgeführt werden. Als ein weiteres Verfahren der Dekompressionsverarbeitung kann das Ein-Aus-Ventil 416 offen gehalten werden, um den Druck des Bestimmungsortes, der das Zielgas benötigt, zu reduzieren. Es ist zu beachten, dass, da das Rückschlagventil 418 vor dem Verzweigungsteil der Dekompressionsleitung 415 aus dem Strömungsweg 110 vorgesehen ist, die Strömung des Zielgases von dem Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt, in Richtung der Kompressoreinheit 100 verhindert wird.

[0085] FIG. 4 ist ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für die Bypassleitung zeigt. Das stromaufwärtige Ende der Bypassleitung 411 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 kann vom Strömungsweg 110 zwischen dem Dämpfer 271 auf der Ausstoßseite der vierten Kompressionsstufe 204 und dem Kühler 284 abzweigen.

[0086] FIG. 5 ist ein Diagramm, das noch ein weiteres Beispiel für die Bypassleitung zeigt. Das stromaufwärtige Ende der Bypassleitung 411 kann direkt mit dem Dämpfer 271 auf der Ausstoßseite der vierten Kompressionsstufe 204 verbunden werden.

[0087] FIG. 6 ist ein Diagramm, das noch ein weiteres Beispiel für die Bypassleitung zeigt. In FIG. 6 werden zwei Bypassleitungen 421 und 422 verwendet, um den Druck und die Strömungsrate des Zielgases zu steuern, das an den Bestimmungsort geliefert werden soll, der das Zielgas benötigt. Andere Konfigurationen einer Kompressoreinheit 100A sind ähnlich der Konfiguration der Kompressoreinheit 100.

[0088] Eine Verbindungsposition des stromaufwärtigen Endes der Bypassleitung 421 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 (stromaufwärtiges Ende in Strömungsrichtung in der Bypassleitung 421) befindet sich zwischen dem Dämpfer 272 auf der Saugseite der fünften Kompressionsstufe 205 und dem Kühler 284. Die Verbindungsposition des stromabwärtigen Endes der Bypassleitung 421 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 (stromabwärtiges Ende in Strömungsrichtung in der Bypassleitung 421) befindet sich zwischen dem Dämpfer 266 auf der Saugseite der dritten Kompressionsstufe 203 und dem Kühler 282. Der Drucksensor 413 ist zwischen der Bypassleitung 421 und dem Dämpfer 271 auf der Saugseite der fünften Kompressionsstufe 205 vorgesehen.

[0089] Eine Verbindungsposition des stromaufwärtigen Endes der Bypassleitung 422 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 befindet sich zwischen dem Dämpfer 266 auf der Saugseite der dritten Kompressionsstufe 203 und dem Kühler 282. Mittlerweile liegt die Verbindungsposition des stromabwärtigen Endes der Bypassleitung 422 im Speichertankverbindungs-Strömungsweg 111 vor den Dämpfern 261 und 262 auf der Saugseite der ersten Kompressionsstufen 201. Ein Drucksensor 419 ist zwischen der Bypassleitung 422 und dem Dämpfer 265 auf der Ausstoßseite der zweiten Kompressionsstufe 202 vorgesehen.

[0090] Ein Steuerventil 423 ist an der Bypassleitung 421 angebracht. Ein Steuerventil 424 ist an der Bypassleitung 422 angebracht.

[0091] Der Öffnungsgrad des Steuerventils 423 wird von der Steuereinheit 414 auf der Grundlage des vom Drucksensor 413 erfassten Drucks so gesteuert, dass der Saugdruck der fünften Kompressionsstufe 205 im Wesentlichen konstant ist. Währenddessen wird der Öffnungsgrad des Steuerventils 424 auf der Grundlage eines vom Drucksensor 419 erfassten Erfassungswertes so gesteuert, dass der Saugdruck der dritten Kompressionsstufe 203 im Wesentlichen konstant ist.

[0092] In der in FIG. 6 dargestellten Kompressoreinheit 100A wird eine sehr große Druckdifferenz (ca. 300 bar) zwischen der Saugseite der ersten Kompressionsstufe 201 und der Ausstoßseite der fünften Kompressionsstufe 205 erzeugt. Durch die Verwendung der beiden Bypassleitungen 421 und 422 kann der Druck in zwei Stufen geregelt werden, wodurch die Druckschwankung wirksamer verhindert werden kann.

[0093] Wie oben beschrieben, sind bei den Kompressoreinheiten 100 und 100A das erste Dichtungsteil 241 und das zweite Dichtungsteil 242 der gesamten ersten Kompressionsstufe 201 bis zur fünften Kompressionsstufe 205 vom ölfreien Typ. Daher besteht keine Möglichkeit, dass das Schmiermittel in das Zielgas gemischt wird, das durch die Bypassleitung strömt. Daher können die Verbindungspositionen des stromaufwärtigen und des stromabwärtigen Endes der Bypassleitungen sowie die Anzahl der Bypassleitungen beliebig eingestellt werden.

[0094] Nach der oben beschriebenen Ausführungsform wird das Zielgas an einen einzigen Bestimmungsort geliefert, der das Zielgas benötigt. Das Zielgas kann jedoch an mehrere Bestimmungsorte geliefert werden, die das Zielgas benötigen. FIG. 7 zeigt eine Kompressoreinheit 100B, die so konfiguriert ist, dass sie das Zielgas an drei Bestimmungsorte liefert, die das Zielgas benötigen. Die Kompressoreinheit 100B wird unter Bezugnahme auf FIG. 1 und 7 beschrieben.

[0095] „Bedarfsziel 1“ ist mit dem in FIG. 7 dargestellten Strömungsweg auf der Ausstoßseite der fünften Kompressionsstufe 205 (Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 114) verbunden. Das Bedarfsziel 1 ist ein Schiffsmotor. „Bedarfsziel 2“ ist an eine Versorgungsleitung 431 angeschlossen, die sich vom Strömungswegabschnitt zwischen der vierten Kompressionsstufe 204 und der fünften Kompressionsstufe 205 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 erstreckt. Das Bedarfsziel 2 ist eine Verflüssigungsvorrichtung, die das Zielgas wieder verflüssigt. Die Verflüssigungsvorrichtung wird mit dem LNG-Speichertank 101 über ein Rohrstück (nicht abgebildet) so verbunden, dass das wieder verflüssigte Zielgas in den LNG-Speichertank 101 zurückströmt. „Bedarfsziel 3“ ist an eine Versorgungsleitung 432 angeschlossen, die sich vom Strömungswegabschnitt zwischen der zweiten Kompressionsstufe 202 und der dritten Kompressionsstufe 203 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 erstreckt. Das Bedarfsziel 3 ist ein auf einem Schiff montierter Stromgenerator.

[0096] Die Struktur, die für die Verarbeitung des vom LNG-Speichertank 101 zum Bedarfsziel 1 gelieferten Zielgases verwendet wird, ist die gleiche wie die Struktur der Kompressoreinheit 100, die unter Verweis auf FIG. 1 beschrieben wird.

[0097] Die Kompressoreinheit 100B umfasst die Bypassleitungen 433, 434 und 435 anstelle der Bypassleitung 411 der Kompressoreinheit 100.

[0098] Die Bypassleitung 433 umgeht die fünfte Kompressionsstufe 205 sowie die Dämpfer 272 und 273 vor und hinter der fünften Kompressionsstufe 205. Die Bypassleitung 434 umgeht die dritte und vierte Kompressionsstufe 203 und 204 und die Dämpfer 266 bis 268 und 271 vor und hinter der dritten und vierten Kompressionsstufe 203 und 204. Die Bypassleitung 435 umgeht die erste und zweite Kompressionsstufe 201 und 202 sowie die Dämpfer 261 bis 265.

[0099] Die Steuerventile 436, 437 und 438 sind mit den Bypassleitungen 433, 434 bzw. 435 verbunden. Die Steuerventile 436, 437 und 438 sind mit der Steuereinheit 414 verbunden.

[0100] Der Öffnungsgrad des Steuerventils 436 wird von der Steuereinheit 414 basierend auf dem Erfassungswert des Drucksensors 413 so gesteuert, dass der Austrittsdruck der fünften Kompressionsstufe 205 konstant ist. In ähnlicher Weise

wird der Öffnungsgrad des Steuerventils 437 basierend auf dem Erfassungswert des Drucksensors 441 so gesteuert, dass der Saugdruck der fünften Kompressionsstufe 205 konstant ist. Der Öffnungsgrad des Steuerventils 438 wird auf der Grundlage des Erfassungswertes des Drucksensors 442 so gesteuert, dass der Saugdruck der dritten Kompressionsstufe 203 konstant ist.

[0101] Die Kompressoreinheit 100B umfasst die drei Bypassleitungen 433, 434 und 435 und die in den Bypassleitungen 433, 434 und 435 vorgesehenen Steuerventile 436, 437 und 438, um den Druck des Zielgases, das in die drei Bedarfsziele 1 bis 3 strömt, einstellen zu können und so die für die Bedarfsziele geeignete Strömungsrate und/oder den geeigneten Druck zu erreichen.

[0102] FIG. 8 ist ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für eine Kompressoreinheit zeigt. Eine Kompressoreinheit 100C kann einen Dämpfer enthalten, wenn die Pulsation des Strömungswegabschnitts zwischen den jeweiligen Kompressionsstufen 201 bis 205 im Stufenverbindungs-Strömungsweg 113 außer Acht gelassen werden kann. Dadurch kann die Kompressoreinheit 100C zu einem niedrigen Preis hergestellt werden.

[0103] FIG. 9 zeigt ein weiteres Beispiel für das zweite Dichtungsteil 242 der fünften Kompressionsstufe 205. Im Halteteil 294 wird ein Durchgangsloch 295 gebildet, durch das eine Kühlflüssigkeit zum Kühlen des Ringteils 249 und dergleichen zugeführt wird. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Kühlflüssigkeit Wasser. Die Kühlflüssigkeit kann eine Frostschuttlösung sein. Das Durchgangsloch 295 wird an einer Stelle gebildet, die in radialer Richtung gegenüber dem Durchgangsloch, durch das die Kolbenstange 213 eingeführt wird, versetzt ist.

[0104] Mit Ausnahme des obersten Gehäuseteils 244 wird in den Gehäuseteilen 244 ein Gehäusekühlungs-Strömungsweg 290 gebildet, durch den die Kühlflüssigkeit fließt.

[0105] Der Gehäusekühlungs-Strömungsweg 290 enthält ringförmige Nuten 291, die auf den der Seite der Kompressionskammer 221 zugewandten Oberflächen der Gehäuseteile 244 ausgebildet sind, und Durchgangslöcher 292, die die Gehäuseteile 244 in axialer Richtung durchdringen, so dass sie mit den ringförmigen Nuten 291 verbunden sind. Die Formationspositionen der Durchgangslöcher 292 in radialer Richtung entsprechen einer Formationsposition des Durchgangslochs 295 im Halteteil 294.

[0106] Die ringförmige Nut 291 im untersten Gehäuseteil 244 kommuniziert mit einem Ausstoßweg (in FIG. 9 durch eine gestrichelte Linie dargestellt).

[0107] Bei der Zuführung zum Durchgangsloch 295 im Halteteil 294 strömt die Kühlflüssigkeit in die ringförmigen Nuten 291, um die Gehäuseteile 244 zu kühlen, und wird durch den Ausstoßweg abgeführt. Bei dieser Konfiguration wird die zwischen den Ringteilen 249 und der Kolbenstange 213 erzeugte Reibungswärme abgeführt. Infolgedessen kann das zweite Dichtungsteil 242 eine ausgezeichnete Dichtungsleistung über einen langen Zeitraum aufrechterhalten, auch wenn das Schmiermittel nicht zugeführt wird.

[0108] Die Struktur des zweiten Dichtungsteils 242 kann für die erste bis vierte Kompressionsstufe 201 bis 204 verwendet werden. Es ist zu beachten, dass im zweiten Dichtungsteil 242 von FIG. 9 die ringförmige Nut 291 im obersten Gehäuseteil 244 gebildet werden kann.

[0109] FIG. 10 bis 12 sind Ansichten, die ein weiteres Beispiel des Zylinderteils 211 der fünften Kompressionsstufe 205 zeigen. FIG. 10 ist eine schematische Draufsicht auf den Zylinderteil 211. FIG. 11 ist eine schematische Querschnittsansicht des Zylinderteils 211 entlang der Linie A-A von FIG. 10. FIG. 12 ist eine schematische Querschnittsansicht des Zylinderteils 211 entlang der Linie B-B orthogonal zur Linie A-A auf einer Achse des Zylinderteils 211. Der Zylinderteil 211 wird mit Bezug auf FIG. 2 und FIG. 10 bis 12 beschrieben.

[0110] Der Zylinderteil 211 besteht aus dem vorderen Kopf 218, dem Rohrteil 216, in dem der Kolben 212 untergebracht ist, zwei Ummantelungen 526, die an der Außenfläche des Rohrteils 216 befestigt sind, und dem hinteren Kopf 217 wie in FIG. 3. Wie in FIG. 10 dargestellt, hat das Rohrteil 216 in der Draufsicht eine im Wesentlichen rechteckige, ebene Form. Die Umfangsflächen des vorderen Kopfes 218 und des Rohrteils 216 umfassen ein Paar erster Flächen 523 (linke und rechte Flächen von FIG. 10) und ein Paar zweiter Flächen 524 (obere und untere Flächen von FIG. 10), die im Wesentlichen orthogonal zu den ersten Flächen 523 verlaufen.

[0111] Mehrere erste Durchgangslöcher 541 und mehrere zweite Durchgangslöcher 542, die das Paar erster Flächen 523 durchdringen, sind im Rohrteil 216 ausgebildet. Die beiden Enden der ersten Durchgangslöcher 541 und der zweiten Durchgangslöcher 542 sind jeweils auf dem Paar erster Flächen 523 geöffnet. Die ersten Durchgangslöcher 541 verlaufen zwischen dem Gehäuseraum, in dem der Kolben 212 untergebracht ist, und einer der zweiten Flächen 524 (Oberseite in FIG. 10). Die zweiten Durchgangslöcher 542 befinden sich auf der gegenüberliegenden Seite der ersten Durchgangslöcher 541 mit dem dazwischenliegenden Kolben 212 und verlaufen zwischen dem Gehäuseraum, in dem der Kolben 212 untergebracht ist, und einer der zweiten Flächen 524 (Unterseite in FIG. 10).

[0112] Wie in FIG. 11 dargestellt, überlappt ein Existenzbereich der mehreren ersten Durchgangslöcher 541 und der mehreren zweiten Durchgangslöcher 542 mit einem Teil eines Existenzbereichs des ersten Dichtungsteils 241 (d.h. der mehreren Kolbenringe 243) in radialer Richtung.

[0113] Wie in FIG. 10 dargestellt, umfasst der Zylinderteil 211 das Paar Ummantelungen 526, die an dem Paar erster Flächen 523 befestigt sind. Jede der Ummantelungen 526 umfasst ein unteres Wandteil 527, das an einer von der ent-

sprechenden ersten Fläche 523 beabstandeten Stelle angeordnet ist, und periphere Wandteile 528, die von der äußeren Umfangskante des unteren Wandteils 527 in Richtung der entsprechenden ersten Fläche 523 vorstehen. Die distalen Randflächen der peripheren Wandteile 528 stehen in Kontakt mit der entsprechenden ersten Fläche 523. Die Kontaktbereiche zwischen den peripheren Wandteilen 528 und der ersten Fläche 523 sind mit einem Dichtungsmaterial abgedichtet.

[0114] Ein Strömungsweg 529, der von der ersten Fläche 523, den peripheren Wandteilen 528 und dem unteren Wandteil 527 umgeben ist, wird im Zylinderteil 211 gebildet. Der Strömungsweg 529 steht mit dem ersten Durchgangsloch 541 und dem zweiten Durchgangsloch 542 in Verbindung.

[0115] Im Kompressor 500 wird ein Zylinderkühlungs-Strömungsweg Teil 540 gebildet, der das erste Dichtungsteil 241 (und den Kolben 212) in einer Umfangsrichtung umgibt, indem der Strömungsweg 529, die mehreren ersten Durchgangslöcher 541 und die mehreren zweiten Durchgangslöcher 542 verwendet werden. Ein Zufuhrweg (nicht abgebildet) für die Zufuhr des Kühlmittels zum Strömungsweg 529 ist in einer der beiden Ummantelungen 526 ausgebildet. In der anderen Ummantelung 526 ist ein Austrittsweg (nicht abgebildet) für den Austritt der Kühlflüssigkeit nach dem Abkühlen des ersten Dichtungsteils 241 ausgebildet. Beim Antrieb des Kompressors 500 wird die Kühlflüssigkeit dem Strömungsweg 529 der einen Ummantelung 526 durch den Zufuhrweg zugeführt, durchläuft das erste Durchgangsloch 541 und das zweite Durchgangsloch 542 und strömt dann in den Strömungsweg 529 der anderen Ummantelung 526 und wird aus dem Ausstoßweg abgeführt.

[0116] Der Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil 540 kühlt das erste Dichtungsteil 241 über den gesamten Umfang, wodurch die in dem ersten Dichtungsteil 241 erzeugte Wärme effizient abgeführt werden kann. Infolgedessen kann das erste Dichtungsteil 241 eine ausgezeichnete Dichtungsleistung über einen langen Zeitraum beibehalten, auch wenn das Schmiermittel nicht zugeführt wird.

[0117] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann durch Bereitstellen der ersten Durchgangslöcher 541 und der zweiten Durchgangslöcher 542 direkt im Rohrteil 216 die Kühlflüssigkeit an eine Stelle in der Nähe des Kolbens 212 geleitet werden, wodurch die Kühleffizienz weiter verbessert werden kann.

[0118] FIG. 13 ist eine schematische Draufsicht, die ein weiteres Beispiel des Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teils 540 nach der fünften Kompressionsstufe 205 zeigt. FIG. 14 ist ein schematischer Längsschnitt des Zylinderteils 211. Der Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil 540 kann ohne Verwendung der Ummantelung 526 gebildet werden.

[0119] Wie in FIG. 13 dargestellt, umfasst der Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil 540 die mehreren ersten Durchgangslöcher 541, die mehreren zweiten Durchgangslöcher 542, mehrere dritte Durchgangslöcher 543, mehrere vierte Durchgangslöcher 544 und mehrere Strömungsweg-Teile 532 in axialer Richtung. Die mehreren ersten Durchgangslöcher 541 sind so ausgebildet, dass sie das Paar erster Flächen 523 durchdringen. Die mehreren zweiten Durchgangslöcher 542 befinden sich auf der gegenüberliegenden Seite der ersten Durchgangslöcher 541 mit dem dazwischenliegenden Kolben 212 und durchdringen das Paar erster Flächen 523. Die mehreren dritten Durchgangslöcher 543 sind so ausgebildet, dass sie das Paar zweiter Flächen 524 durchdringen. Die mehreren vierten Durchgangslöcher 544 befinden sich auf der gegenüberliegenden Seite der dritten Durchgangslöcher 543 mit dem dazwischenliegenden Kolben 212 und durchdringen das Paar der zweiten Flächen 524. Öffnungen des ersten bis vierten Durchgangslochs 541 bis 544 werden durch Dichtungselemente 533 blockiert. Im Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil 540 wird ein Strömungsweg, der das erste Dichtungsteil 241 (und den Kolben 212) umgibt, durch den Satz der ersten bis vierten Durchgangslöcher 541 bis 544 gebildet. Wie in FIG. 14 dargestellt, steht der Strömungsweg in axialer Richtung über die Strömungswegteile 532 in axialer Richtung mit einem anderen Strömungsweg in Verbindung. Die Kühlflüssigkeit fließt durch den gesamten Zylinderkühlungs-Strömungsweg von einem Zufuhrweg (nicht abgebildet) und wird von einem Ausstoßweg (nicht abgebildet) abgeführt. Ein Ende oder beide Enden des Strömungsweg-Teils 532 in axialer Richtung durchdringen eine obere oder untere Fläche des Zylinderteils 211 und sind abgedichtet.

[0120] Der Zylinderteil 211, der nicht die Ummantelung 526 enthält, ist um die Größe der Ummantelung 526 kleiner als der Zylinderteil 211, der mit Bezug auf FIG. 10 beschrieben wird.

[0121] Der in FIG. 10 bis 14 gezeigte Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil 540 umfasst einen ringförmigen, kontinuierlichen Strömungsweg, der den Kolben 212 umgibt. Der Kolben 212 muss jedoch nicht unbedingt von dem ringförmigen kontinuierlichen Strömungsweg umgeben sein, und der Kolben 212 kann von mehreren unabhängigen Strömungswegen umgeben sein. Das heißt, es kann ein unabhängiger Strömungsweg entsprechend jeder der vier Außenflächen (Flächen entsprechend den ersten Flächen 523 und den zweiten Flächen 524) des im Wesentlichen rechteckigen Zylinderteils gebildet werden. Zum Beispiel kann, wie in FIG. 15 gezeigt, der Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil 540 durch die beiden Strömungswege 529, die durch die beiden Ummantelungen 526 gebildet werden, und die mehreren ersten Durchgangslöcher 541 und die mehreren zweiten Durchgangslöcher 542 unabhängig von den beiden Strömungswegen 529 gebildet werden.

[0122] Die Struktur des Zylinderteils 211, die unter Bezugnahme auf FIG. 10 bis 15 beschrieben wird, kann für die Kompressionsstufen 201 bis 204 mit Ausnahme der fünften Kompressionsstufe 205 angewendet werden. Außerdem darf im Zylinderteil 211 die Anzahl der ersten bis vierten Durchgangslöcher 541 bis 544 eins sein, solange das erste Dichtungsteil 241 ausreichend gekühlt werden kann.

[0123] FIG. 16 ist eine Ansicht, die eine andere Struktur des Zylinderteils 211 der fünften Kompressionsstufe 205 zeigt. Im Zylinderteil 211 kann der hintere Kopf 217 weggelassen werden, und das zweite Dichtungsteil 242 kann das offene Ende des Rohrteils 216 blockieren (d.h. das zweite Dichtungsteil 242 kann auch als hinterer Kopf 217 dienen). Das Zylinderteil 211 der anderen Kompressionsstufen 201 bis 204 kann eine Struktur ähnlich der Struktur von FIG. 16 aufweisen.

[0124] FIG. 17 ist eine Ansicht, die ein weiteres Beispiel des Kompressors 500 zeigt. Beim Kompressor 500 können eine fünfte Kompressionsstufe 205E (letzte Kompressionsstufe) und eine vierte Kompressionsstufe 204E (unmittelbar vorangehende Kompressionsstufe) eine Tandemstruktur aufweisen.

[0125] Die vierte Kompressionsstufe 204E ist näher am Kurbelmechanismus ausgebildet als die fünfte Kompressionsstufe 205E. Der Zylinderteil 211 der vierten Kompressionsstufe 204E umfasst ein Rohrteil 511, das sich in axialer Richtung der Kolbenstange 213 erstreckt, und ein oberes Teil 512, das ein offenes Ende des Rohrteils 511 auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus verschließt. Im oberen Teil 512 ist ein Durchgangsloch im Wesentlichen koaxial zum Rohrteil 511 ausgebildet. Ein Öffnungsende des Rohrteils 511 an der Seite des Kurbelmechanismus ist durch den hinteren Kopf 217 geschlossen. Das zweite Dichtungsteil 242 ist an dem hinteren Kopf 217 befestigt.

[0126] Ein Kolben 513 der vierten Kompressionsstufe 204E ist mit der Kolbenstange 213 verbunden. Die mehreren Kolbenringe 243 sind am äußeren Umfangsteil des Kolbens 513 befestigt, und die Kolbenringe 243 bilden das erste Dichtungsteil 241 der vierten Kompressionsstufe 204E.

[0127] Im Zylinderteil 211 wird der Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben 513 als Kompressionskammer 224a der vierten Kompressionsstufe 204E genutzt. Der Raum auf der Seite des Kurbelmechanismus mit dem dazwischen angeordneten Kolben 513 ist eine Nicht-Kompressionskammer 224b, wobei ein Rohr mit der Nicht-Kompressionskammer 224b verbunden ist, um zum Strömungsweg der Saugseite der vierten Kompressionsstufe 204E geöffnet zu werden. Beachten Sie, dass die Nicht-Kompressionskammer mit der Ausstoßseite verbunden sein kann.

[0128] Der Zylinderteil 211 der fünften Kompressionsstufe 205E umfasst ein Rohrteil 514 und einen vorderen Kopf 515. Das Rohrteil 514 ist am oberen Teil 512 der vierten Kompressionsstufe 204E vorgesehen. Der Innendurchmesser des Rohrteils 514 der fünften Kompressionsstufe 205E ist kleiner als der Innendurchmesser des Rohrteils 511 der vierten Kompressionsstufe 204E.

[0129] Ein Kolben 516 der fünften Kompressionsstufe 205E ist einteilig mit dem Kolben 513 der vierten Kompressionsstufe 204E ausgebildet. Der Durchmesser des Kolbens 516 der fünften Kompressionsstufe 205E ist kleiner als der Durchmesser des Kolbens 513 der vierten Kompressionsstufe 204E. Die mehreren Kolbenringe 243 sind am äußeren Umfangsteil des Kolbens 516 befestigt, wobei die Kolbenringe 243 das erste Dichtungsteil 241 der fünften Kompressionsstufe 205E bilden.

[0130] Im Zylinderteil 211 wird der Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben 516 als Kompressionskammer 225 der fünften Kompressionsstufe 205E genutzt.

[0131] Da die vierte Kompressionsstufe 204E und die fünfte Kompressionsstufe 205E eine Tandemstruktur haben, teilt sich die fünfte Kompressionsstufe 205E die Kolbenstange 213, das zweite Dichtungsteil 242, das Abstreiferteil 231 und die Ölschleuder 232 mit der vierten Kompressionsstufe 204E. Mit anderen Worten, die Kolbenstange 213, das zweite Dichtungsteil 242, das Abstreiferteil 231 und die Ölschleuder 232 der vierten Kompressionsstufe 204E werden gemeinsam mit der fünften Kompressionsstufe 205E verwendet. Das bedeutet, dass die Kolbenstange 213 der vierten Kompressionsstufe 204E zum Antrieb des Kolbens der fünften Kompressionsstufe 205E verwendet wird. Das zweite Dichtungsteil 242 der vierten Kompressionsstufe 204E verhindert, dass das Zielgas im Zylinderteil 211 der fünften Kompressionsstufe 205E durch das Zylinderteil 211 der vierten Kompressionsstufe 204E zur Seite des Kurbelmechanismus austritt. Das Abstreiferteil 231 und die Ölschleuder 232 der vierten Kompressionsstufe 204E verhindern nicht nur den Eintritt des Schmiermittels in den Zylinderteil 211 der vierten Kompressionsstufe 204E, sondern auch den Eintritt des Schmiermittels in den Zylinderteil 211 der fünften Kompressionsstufe 205E.

[0132] Da, wie oben beschrieben, der Raum zwischen dem Kolben 513 und dem zweiten Dichtungsteil 242 der vierten Kompressionsstufe 204E die Nicht-Kompressionskammer 224b ist, wird die auf das zweite Dichtungsteil 242 ausgeübte Belastung reduziert.

[0133] FIG. 18 ist eine Ansicht, die ein weiteres Beispiel für die Tandemstruktur der vierten und fünften Kompressionsstufe 204E und 205E zeigt. In der vierten Kompressionsstufe 204E ist der Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dem dazwischen angeordneten Kolben 513 die Nicht-Kompressionskammer 224b, während der Raum auf der Seite des Kurbelmechanismus mit dem dazwischen angeordneten Kolben 513 als Kompressionskammer 224c genutzt wird. Außerdem können, wie in FIG. 19 gezeigt, in der vierten Kompressionsstufe 204E die Räume auf beiden Seiten des Kolbens 513 die Kompressionskammern 224d und 224e sein.

[0134] FIG. 20 ist eine Ansicht, die ein weiteres Beispiel des Kompressors 500 zeigt. Die vierte Kompressionsstufe 204 und die fünfte Kompressionsstufe 205 können durch einen Zylinderteil 211 implementiert werden. In dem Zylinderteil 211 sind das Saugventil 214 und das Auslassventil 215 vor bzw. hinter dem Kolben 212 vorgesehen. Im Zylinderteil 211 ist der Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben 212 mit dem

Strömungsweg auf der Ausstoßseite der dritten Kompressionsstufe 203 in FIG. 1 verbunden und fungiert als Kompressionskammer 224f der vierten Kompressionsstufe 204.

[0135] Inzwischen ist der Raum auf der Seite des Kurbelmechanismus im Zylinderteil 211 mit dazwischen angeordnetem Kolben 212 mit der Kompressionskammer 224f verbunden und fungiert als Kompressionskammer 225a der fünften Kompressionsstufe 205. Die beiden Dämpfer 271 und 272 und der Kühler 284, der sich zwischen den Dämpfern 271 und 272 befindet, sind auf dem Strömungsweg vorgesehen, der die Kompressionskammern 224f und 225a verbindet.

[0136] Im Kompressor 500 wird das Zielgas in der Kompressionskammer 224f der vierten Kompressionsstufe 204 verdichtet und aus dieser ausgestoßen, während gleichzeitig das Zielgas in die Kompressionskammer 225a der fünften Kompressionsstufe 205 eingesaugt wird. Das Zielgas wird in die Kompressionskammer 224f der vierten Kompressionsstufe 204 gesaugt, während gleichzeitig das Zielgas in der Kompressionskammer 225a der fünften Kompressionsstufe 205 komprimiert und aus dieser ausgestoßen wird. In der in FIG. 20 gezeigten Konfiguration ist die Anzahl der Teile reduziert.

[0137] FIG. 21 ist ein Diagramm, das noch ein weiteres Beispiel für die Kompressoreinheit 100 zeigt. Wie in FIG. 21 gezeigt, kann das Ein-Aus-Ventil 416 von FIG. 1 weggelassen werden. In diesem Fall befindet sich die Dekompressionsleitung 415 im Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg 214 vor dem Rückschlagventil 418. Während der Dekompressionsverarbeitung verhindert das Rückschlagventil 418 den Rückfluss des Zielgases am Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt (Strömen des Zielgases in Richtung der Kompressoreinheit 100). Die in FIG. 21 dargestellte Dekompressionsstruktur ist vereinfachter als die mit Bezug auf FIG. 1 beschriebene Dekompressionsstruktur, da das Ein-Aus-Ventil 416 nicht vorgesehen ist.

[0138] Die diesmal offenbarte Ausführungsform ist in jeder Hinsicht als veranschaulichend und nicht als einschränkend zu betrachten. Der Umfang der vorliegenden Erfindung wird durch die beigefügten Ansprüche und nicht durch die vorstehende Beschreibung angegeben, und alle Änderungen, die in die Bedeutung und den Umfang der Ansprüche und Äquivalente fallen, sollen daher darin enthalten sein.

[0139] In der oben beschriebenen fünften Kompressionsstufe 205, wenn die Hauptdichtfunktionen des ersten Dichtungsteils 241 durch den Kontakt zwischen den Kolbenringen 243 und dem Zylinderteil 211 realisiert werden, kann eine berührungslose Dichtungsstruktur wie z.B. ein Labyrinth teilweise als erstes Dichtungsteil 241 verwendet werden. Ähnlich verhält es sich auch mit dem zweiten Dichtungsteil 242. Ähnlich verhält es sich auch mit dem ersten Dichtungsteil 241 und dem zweiten Dichtungsteil 242 der ersten bis vierten Kompressionsstufe 201 bis 204. Wenn die Dichtfunktionen sicher realisiert werden können, dürfen die ersten und zweiten Dichtungsteile 241 und 242 in allen oder einem Teil der Kompressionsstufen 201 bis 204 mit Ausnahme der fünften Kompressionsstufe 205 nur eine berührungslose Dichtungsstruktur (z.B. Labyrinthdichtung) aufweisen.

[0140] Die Kolbenringe 243 der ersten bis vierten Kompressionsstufe 201 bis 204 können das gleiche Material wie die Kolbenringe 243 der fünften Kompressionsstufe 205 enthalten. Ähnlich verhält es sich auch mit dem Ringteil 249 des zweiten Dichtungsteils 242.

[0141] In der in FIG. 2 dargestellten fünften Kompressionsstufe 205 wird der Raum zwischen dem vorderen Kopf 218 und dem Kolben 212 als Kompressionskammer 222 genutzt, jedoch kann der Raum zwischen dem hinteren Kopf 217 und dem Kolben 212 als Kompressionskammer der fünften Kompressionsstufe 205 genutzt werden.

[0142] Nach der oben beschriebenen Ausführungsform kann die Kompressoreinheit 100 die einzige erste Kompressionsstufe 201 enthalten, wie in FIG. 22 dargestellt.

[0143] Die Struktur, in der die beiden ersten, mit Bezug auf FIG. 1 beschriebenen Kompressionsstufen 201 parallel verbunden sind, kann für die zweite bis fünfte Kompressionsstufe 202 bis 205 verwendet werden.

[0144] Nach der oben beschriebenen Ausführungsform kann anstelle der Bypassleitung ein stufenloser Kapazitätseinstellmechanismus in der letzten Kompressionsstufe vorgesehen werden. Der Kapazitätseinstellmechanismus kann ein Saugventil-Entlastungssystem, ein Abstandstaschensystem oder ein Geschwindigkeitssteuerungssystem sein. Der Kapazitätseinstellmechanismus wird von der Steuereinheit 414 so gesteuert, dass der vom Drucksensor 413 erfasste Druck in einen vorbestimmten Steuerzielbereich fällt.

[0145] Entsprechend der oben beschriebenen Ausführungsform kann bei den Kompressoreinheiten 100 und 100A die Anzahl der Kompressionsstufen entweder auf 3, 4 oder 6 eingestellt werden, je nach dem Druck, der von der letzten Kompressionsstufe abgegeben werden soll.

[0146] Nach der oben beschriebenen Ausführungsform kann die Struktur ähnlich der des Kompressors 500 für einen horizontalen Kompressor verwendet werden, bei dem der Kolben 212 eine Hin- und Herbewegung in horizontaler Richtung ausführt (siehe FIG. 23).

[0147] Ein Kompressor, der nach den oben beschriebenen verschiedenen Ausführungsformen beschrieben wird, hat hauptsächlich die folgenden Eigenschaften.

[0148] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann die Zuverlässigkeit der Kompressoreinheit verbessert werden. Das heißt, da das Abstreiferteil und die Ölschleuder vorgesehen sind, wird verhindert, dass das Schmiermittel im Kurbelmechanismus in den Zylinderteil eintritt und sich mit dem Zielgas vermischt. Da außerdem der gesamte erste Dichtungsteil und der zweite Dichtungsteil vom ölfreien Typ sind, wird verhindert, dass sich das Schmiermittel mit dem Zielgas vermischt.

Wenn nur die Dichtungsteile vom ölfreien Typ verwendet werden, werden die auf die Dichtungsteile ausgeübten Belastungen übermäßig groß. Da jedoch mehrere Dämpfer zur Verhinderung von Druckschwankungen zwischen den verschiedenen Kompressionsstufen vorgesehen sind, sind die Dichtungsteile keinen großen Druckschwankungen ausgesetzt. Da die Dichtungsteile eine Form beibehalten können, die Dichtungsfunktionen ausübt, auch wenn das Schmiermittel nicht zugeführt wird, kann die Kompressoreinheit das Zielgas in der Kompressionskammer einschließen. Daher kann das Zielgas in der Kompressionskammer mit hoher Zuverlässigkeit komprimiert werden. Da das erste und das zweite Dichtungsteil mindestens der letzten Kompressionsstufe vom Kontakttyp sind, bleiben die Dichtungseigenschaften in der Kompressionsstufe einschließlich des ersten und zweiten Dichtungsteils vom Kontakttyp auch in Hochdruckumgebungen erhalten. Daher wird ein Gasaustritt durch die Dichtungsteile verhindert.

[0149] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann zumindest in der letzten Kompressionsstufe ein Gehäusekühlungs-Strömungsweg in den mehreren Gehäuseteilen gebildet werden. Wasser oder eine Frostschutzlösung kann als Kühlflüssigkeit verwendet werden, die dem Gehäusekühlungs-Strömungsweg zugeführt wird.

[0150] Bei der oben beschriebenen Konfiguration werden die Dichtungsteile vom ölfreien Typ in einer Umgebung verwendet, in der die Wahrscheinlichkeit der Wärmeentwicklung größer ist als bei Dichtungsteilen vom Schmierungstyp. Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann das zweite Dichtungsteil effizient gekühlt werden, indem die Kühlflüssigkeit durch den Gehäusekühlungs-Strömungsweg zirkuliert.

[0151] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann die Kompressionskammer in der letzten Kompressionsstufe nur ein Raum auf einer ersten Seite des Zylinderteils mit dazwischen angeordnetem Kolben sein. Ein Raum auf einer zweiten Seite des Zylinderteils kann zu einem der saugseitigen Strömungswege der letzten Kompressionsstufe hin offen sein, d.h. zu einem Stufenverbindungs-Strömungsweg, der die letzte Kompressionsstufe und die der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehende Kompressionsstufe verbindet, und zu einem Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg hin.

[0152] Bei der oben beschriebenen Konfiguration ist die Kompressionskammer in der letzten Kompressionsstufe nur der Raum auf der ersten Seite des Zylinderteils mit dem dazwischen angeordneten Kolben, wobei der Raum auf der zweiten Seite des Zylinderteils zu einem der saugseitigen Strömungswege der letzten Kompressionsstufe hin offen ist, d.h. dem Stufenverbindungs-Strömungsweg, der die letzte Kompressionsstufe und die der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehende Kompressionsstufe verbindet, und dem Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg. Das heißt, die letzte Kompressionsstufe hat eine einfach wirkende Struktur. Im Vergleich zur Doppelwirkung ergibt sich der Effekt, dass die Anzahl der Hochdruckteile reduziert werden kann, z.B. können ein im Zylinder angeordnetes Saug- und Auslassventil, die den Gasfluss in und aus der Kompressionskammer steuern, auf eine Kammer reduziert werden.

[0153] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann der Raum auf der ersten Seite ein Raum auf einer gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben sein. Der Raum auf der zweiten Seite kann ein Raum auf einer Seite des Kurbelmechanismus sein.

[0154] Bei der oben beschriebenen Konfiguration kann die Belastung des zweiten Dichtungsteils (Stangendichtung) reduziert werden, indem der Raum der Seite des Kurbelmechanismus als druckloser Raum genutzt wird.

[0155] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann eine Tandemstruktur verwendet werden, bei der der Zylinderteil der letzten Kompressionsstufe auf dem Zylinderteil einer der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe angeordnet ist. Der Kolben in der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe und der Kolben in der letzten Kompressionsstufe, der im Durchmesser kleiner als der Kolben in der unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe ist, können einteilig konfiguriert werden. In der letzten Kompressionsstufe darf nur ein Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben die Kompressionskammer sein.

[0156] Bei der oben beschriebenen Konfiguration kann die Belastung des zweiten Dichtungsteils (Stangendichtung) reduziert werden, indem der Raum der Seite des Kurbelmechanismus als druckloser Raum genutzt wird.

[0157] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann in einem Zylinderteil ein Raum auf einer Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben der Kompressionsraum der letzten Kompressionsstufe sein. Ein Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dem dazwischen angeordneten Kolben kann die Kompressionskammer einer der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe sein.

[0158] Mit der oben beschriebenen Konfiguration ist es möglich, durch die Bildung der Kompressionskammern der letzten und unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufen in den Räumen auf beiden Seiten eines Kolbens die Anzahl der Teile des ersten und des zweiten Dichtungsteils zu verringern und die Möglichkeit einer Zielgasleckage zu verringern, im Vergleich zu einem Fall, bei dem die Kompressionskammern in separaten Zylinderteilen vorgesehen sind.

[0159] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann das erste Dichtungsteil in allen Kompressionsstufen die Kolbenringgruppe umfassen, die am äußeren Umfangsteil des Kolbens vorgesehen und so konfiguriert ist, dass sie zwischen dem Kolben und dem Zylinderteil abdichtet. Das zweite Dichtungsteil kann Folgendes umfassen: die mehreren Gehäuseteile, die zwischen dem Zylinderteil und der Kolbenstange angeordnet sind; und die mehreren Ringteile, die von den mehreren Gehäuseteilen gehalten werden. Das erste und das zweite Dichtungsteil können vom Kontakttyp sein.

[0160] Mit der oben beschriebenen Konfiguration können die Dichtungseigenschaften mehr als bei einer berührungslosen Dichtung (Labyrinthdichtung) verbessert werden.

[0161] Hinsichtlich der oben beschriebenen Konfiguration kann ein Hauptbestandteil eines Ringmaterials des ersten Dichtungsteils und/oder des zweiten Dichtungsteils der letzten Kompressionsstufe eines oder beide von PEEK und PI enthalten, oder eines oder beide von PEEK und PI können mit PTFE gemischt werden.

[0162] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann die Druckfestigkeit der Kolbenringe in der letzten Kompressionsstufe verbessert werden.

[0163] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann die Zuverlässigkeit der Kompressoreinheit verbessert werden. Das heißt, da das Abstreiferteil und die Ölschleuder vorgesehen sind, wird verhindert, dass das Schmiermittel im Kurbelmechanismus in den Zylinderteil eintritt und sich mit dem Zielgas vermischt. Da außerdem der gesamte erste Dichtungsteil und der zweite Dichtungsteil vom ölfreien Typ sind, wird verhindert, dass sich das Schmiermittel mit dem Zielgas vermischt. Wenn nur die Dichtungsteile vom ölfreien Typ verwendet werden, werden die auf die Dichtungsteile ausgeübten Belastungen übermäßig groß. Da jedoch mehrere Dämpfer zur Verhinderung von Druckschwankungen zwischen den verschiedenen Kompressionsstufen vorgesehen sind, sind die Dichtungsteile keinen großen Druckschwankungen ausgesetzt. Da die Dichtungsteile eine Form beibehalten können, die Dichtungsfunktionen ausübt, auch wenn das Schmiermittel nicht zugeführt wird, kann die Kompressoreinheit das Zielgas in der Kompressionskammer einschließen. Daher kann das Zielgas in der Kompressionskammer mit hoher Zuverlässigkeit komprimiert werden. Da das erste Dichtungsteil mindestens der letzten Kompressionsstufe und das zweite Dichtungsteil mindestens der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe vom Kontakttyp sind, werden in der Kompressionsstufe einschließlich des ersten Dichtungsteils vom Kontakttyp und des zweiten Dichtungsteils die Dichtungseigenschaften auch in Hochdruckumgebungen beibehalten und Gasleckagen werden durch die Dichtungsteile verhindert.

[0164] Bei der oben beschriebenen Konfiguration kann in der letzten Kompressionsstufe nur ein Raum auf der gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dazwischen angeordnetem Kolben die Kompressionskammer sein.

[0165] Hinsichtlich der oben beschriebenen Konfiguration kann in der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe ein Raum auf einer gegenüberliegenden Seite des Kurbelmechanismus mit dem dazwischen angeordneten Kolben eine Nicht-Kompressionskammer sein, während ein Raum auf einer Seite des Kurbelmechanismus mit dem dazwischen angeordneten Kolben als Kompressionskammer verwendet werden kann.

[0166] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann der Zylinderteil zumindest in der letzten Kompressionsstufe einen Zylinderkühlungs-Strömungswegteil enthalten, durch den eine Kühlflüssigkeit fließt, um den Kolben zu umgeben. Der Zylinderkühlungs-Strömungswegteil kann ein Durchgangsloch aufweisen, das in dem Zylinderteil ausgebildet ist.

[0167] Die Dichtungsteile vom ölfreien Typ werden in einer Umgebung verwendet, in der die Wahrscheinlichkeit der Wärmeentwicklung größer ist als bei Dichtungsteilen vom Schmierungstyp. Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann das erste Dichtungsteil effizient gekühlt werden, indem die Kühlflüssigkeit dem Kühlungs-Strömungsweg-Teil zugeführt wird, der das Zylinderteil umgibt.

[0168] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann in der zumindest unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe der letzten Kompressionsstufe ein Gehäusekühlungs-Strömungsweg in den mehreren Gehäuseteilen gebildet werden. Wasser oder eine Frostschutzlösung kann als Kühlflüssigkeit verwendet werden, die dem Gehäusekühlungs-Strömungsweg zugeführt wird.

[0169] Bei der oben beschriebenen Konfiguration werden die Dichtungsteile vom ölfreien Typ in einer Umgebung verwendet, in der die Wahrscheinlichkeit der Wärmeentwicklung größer ist als bei Dichtungsteilen vom Schmierungstyp. Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann das zweite Dichtungsteil effizient gekühlt werden, indem die Kühlflüssigkeit durch den Gehäusekühlungs-Strömungsweg zirkuliert.

[0170] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann das erste Dichtungsteil in allen Kompressionsstufen die Kolbenringgruppe umfassen, die am äußeren Umfangsteil des Kolbens vorgesehen und so konfiguriert ist, dass sie zwischen dem Kolben und dem Zylinderteil abdichtet, und kann vom Kontakttyp sein. In jeder der Kompressionsstufen von der ersten Kompressionsstufe bis zu der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe kann das zweite Dichtungsteil Folgendes umfassen: die mehreren Gehäuseteile, die zwischen dem Zylinderteil und der Kolbenstange angeordnet sind; und die mehreren Ringteile, die von den mehreren Gehäuseteilen gehalten werden und vom Kontakttyp sein können.

[0171] Mit der oben beschriebenen Konfiguration können die Dichtungseigenschaften mehr als bei einer berührungslosen Dichtung (Labyrinthdichtung) verbessert werden.

[0172] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann ein Hauptbestandteil eines Ringmaterials des ersten Dichtungsteils der letzten Kompressionsstufe und/oder des zweiten Dichtungsteils der der letzten Kompressionsstufe unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe eines oder beide von PEEK und PI enthalten, oder eines oder beide von PEEK und PI können mit PTFE vermischt sein.

[0173] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann die Druckfestigkeit der Kolbenringe in der letzten Kompressionsstufe verbessert werden.

[0174] Hinsichtlich der oben beschriebenen Konfiguration kann ein Druckunterschied zwischen den Räumen vor und hinter dem Abstreiferteil im Kurbelmechanismus im Wesentlichen null sein.

[0175] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann eine Belastung des Abstreiferteils reduziert werden.

[0176] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann der Druck in den Räumen im Wesentlichen dem atmosphärischen Druck entsprechen.

[0177] Bei der oben beschriebenen Konfiguration ist, um den Druck in den Räumen höher als den atmosphärischen Druck zu machen, eine abgedichtete Struktur im Kurbelgehäuse erforderlich. Die Struktur ist jedoch nicht für den atmosphärischen Druck erforderlich, und die Kosten können reduziert werden.

[0178] Im Hinblick auf die oben beschriebene Konfiguration kann die Kompressoreinheit ferner eine Bypassleitung umfassen, die die Kompressionsstufen umgeht, um das Zielgas auf eine stromaufwärtige Seite zurückzuleiten.

[0179] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann durch Bereitstellen der Bypassleitung ein Vorgang unter optimalen Betriebsbedingungen durchgeführt werden.

[0180] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann durch Schließen des Ein-Aus-Ventils ein Rückfluss des Gases von dem Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt, während der Dekompression verhindert werden, und durch Bereitstellen des Rückschlagventils kann auch ein Rückfluss des Gases zur Seite der Kompressoreinheit verhindert werden. Darüber hinaus ist es möglich, eine Dekompression auf einer Seite des Bestimmungsortes durchzuführen, die das Zielgas benötigt, indem das Ein-Aus-Ventil zum Zeitpunkt des Auslassens durch die Dekompressionsleitung wie erforderlich geöffnet wird.

[0181] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann ein Rückfluss des Gases von einem Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt, während der Dekompression mit einer einfachen Konfiguration verhindert werden.

[0182] Die Technik der oben beschriebenen Ausführungsform wird in geeigneter Weise für eine auf einem Schiff montierte Kompressoreinheit verwendet.

Patentansprüche

1. Kompressoreinheit (100) zum Installieren in einem Schiff, konfiguriert zum Aufnehmen eines Zielgases, das ein Boil-Off-Gas aus einem LNG-Speichertank (101) des Schiffes ist, und zum Liefern zumindest eines Teils des Zielgases an einen Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt, wobei die Kompressoreinheit (100) Folgendes umfasst: mehrere Kompressionsstufen (201-205), die so konfiguriert sind, dass sie den Druck des Zielgases nacheinander erhöhen; mehrere Dämpfer (260-268, 271-273), die zwischen den mehreren Kompressionsstufen (201-205) vorgesehen sind, um Druckschwankungen zu verhindern; und einen Kurbelmechanismus, der so konfiguriert ist, dass er einen Kolben (212, 513, 516) jeder Kompressionsstufe (201-205) antreibt, wobei jede der mehreren Kompressionsstufen (201-205) Folgendes umfasst: den Kolben (212, 513, 516); eine Kolbenstange (213), die mit dem Kolben (212, 513, 516) verbunden ist und so konfiguriert ist, dass sie die Kraft des Kurbelmechanismus auf den Kolben (212, 513, 516) überträgt; einen Zylinderteil (211, 211a, 211b), der so konfiguriert ist, dass er den Kolben (212, 513, 516) aufnimmt und eine Kompressionskammer (221, 222) bildet; ein erstes Dichtungsteil (241), das so konfiguriert ist, dass es zwischen dem Kolben (212) und dem Zylinderteil (211, 211a, 211b) abdichtet; ein zweites Dichtungsteil (242), das einen Umfang der Kolbenstange (213) umgibt und so konfiguriert ist, dass es verhindert, dass das in das Zylinderteil (211, 211a, 211b) gesaugte Zielgas zum Kurbelmechanismus strömt; ein Abstreiferteil (231), das den Umfang der Kolbenstange (213) an einer Position umgibt, die näher am Kurbelmechanismus liegt als das zweite Dichtungsteil (242), und das so konfiguriert ist, dass es den Eintritt eines Schmiermittels im Kurbelmechanismus in den Zylinderteil (211, 211a, 211b) verhindert; und eine Ölschleuder (232), die an der Kolbenstange (213) zwischen dem Abstreiferteil (231) und dem zweiten Dichtungsteil (242) angebracht ist und so konfiguriert ist, dass sie zusätzlich den Eintritt des Schmiermittels in den Zylinderteil (211, 211a, 211b) verhindert, wobei alle ersten und zweiten Dichtungsteile (241, 242) ölfreien Typs sind, wobei mindestens in einer letzten Kompressionsstufe (205) das erste Dichtungsteil (241) eine Kolbenringgruppe (243) enthält, die an einem äußeren Umfangsteil des Kolbens (212, 513, 516) vorgesehen ist und so konfiguriert ist, dass sie zwischen dem Kolben (212, 513, 516) und dem Zylinderteil (211, 211a, 211b) abdichtet, wobei das zweite Dichtungsteil (242) Folgendes umfasst: mehrere Gehäuseteile (244), die zwischen dem Zylinderteil (211, 211a, 211b) und der Kolbenstange (213) angeordnet sind; und mehrere Ringteile (249), die von den mehreren Gehäuseteilen (244) gehalten werden, und wobei das erste Dichtungsteil (241) und das zweite Dichtungsteil (242) in der letzten Kompressionsstufe (205) vom Kontaktyp sind.

2. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 1, wobei
zumindest in der letzten Kompressionsstufe (205) ein Gehäusekühlungs-Strömungsweg (290) in den mehreren Gehäuseteilen (244) gebildet wird, und
Wasser oder eine Frostschutzlösung als Kühlflüssigkeit verwendet wird, die dem Strömungsweg der Gehäusekühlung (290) zugeführt wird.
3. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 1,
bei der der Kolben (212, 513, 516) einen durch das Zylinderteil (211, 211a, 211b) gebildeten Gehäuseraum unterteilt in einen Raum auf einer ersten, der Seite des Kurbelmechanismus gegenüberliegenden Seite, und einen Raum auf einer zweiten, dem Kurbelmechanismus zugewandten Seite.
4. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 3, wobei
in der letzten Kompressionsstufe (205) die Kompressionskammer (222) nur ein durch den Raum auf einer der ersten Seite des Zylinderteils mit dem dazwischen angeordneten Kolben ist gebildet wird, und
der Raum auf der zweiten Seite zu einem von einem saugseitigen Strömungsweg der letzte Kompressionsstufe (205), der ein Stufenverbindungs-Strömungsweg (113) ist, der die letzte Kompressionsstufe (205) und eine der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehende Kompressionsstufe (204) verbindet, und einem Bedarfszielverbindungs-Strömungsweg (214) offen ist.
5. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 1, wobei
der Kolben (212, 513, 516) einen durch das Zylinderteil (211, 211a, 211b) gebildeten Gehäuseraum unterteilt in einen Raum auf einer ersten, der Seite des Kurbelmechanismus gegenüberliegenden Seite, und einen Raum auf einer zweiten, dem Kurbelmechanismus zugewandten Seite,
eine Tandemstruktur vorhanden ist, bei der der Zylinderteil (211b) der letzten Kompressionsstufe (205) auf dem Zylinderteil (211a) einer der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) vorgesehen ist,
der Kolben (513) in der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) und der Kolben (516) in der letzten Kompressionsstufe (205) im Durchmesser kleiner als der Kolben (513) in der unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) im Durchmesser konfiguriert ist und
in der letzten Kompressionsstufe (205) nur der Raum auf der ersten Seite die Kompressionskammer (225) ist.
6. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 1, wobei
der Kolben (516) einen durch das Zylinderteil (211) gebildeten Gehäuseraum unterteilt in einen Raum auf einer ersten, der Seite des Kurbelmechanismus gegenüberliegenden Seite, und einen Raum auf einer zweiten, dem Kurbelmechanismus zugewandten Seite,
der Raum auf der zweiten Seite die Kompressionskammer (221, 222) der letzten Kompressionsstufe (205) ist, und
wobei der Raum auf der ersten Seite die Kompressionskammer (221, 222) einer der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) ist.
7. Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei
in allen Kompressionsstufen (201-205)
das erste Dichtungsteil (241) die Kolbenringgruppe (243) umfasst, die an dem äußeren Umfangsteil des Kolbens (212, 513, 516) vorgesehen ist und konfiguriert ist, um zwischen dem Kolben (212, 513, 516) und dem Zylinderteil (211, 211a) abzudichten,
das zweite Dichtungsteil (242) Folgendes umfasst: die mehreren Gehäuseteile (244), die zwischen dem Zylinderteil (211, 211a) und der Kolbenstange (213) angeordnet sind; und die mehreren Ringteile (249), die von den mehreren Gehäuseteilen (244) gehalten werden, und
wobei das erste Dichtungsteil (241) und das zweite Dichtungsteil (242) vom Kontaktyp sind.
8. Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei
eine Hauptkomponente eines Ringmaterials des ersten Dichtungsteils (241) und/oder des zweiten Dichtungsteils (242) der letzten Kompressionsstufe (205) eine oder beide von PEEK und PI umfasst, oder wobei einer oder beide von PEEK und PI mit PTFE gemischt werden.
9. Kompressoreinheit (100) zum Installieren in einem Schiff konfiguriert zum Aufnehmen eines Zielgases, das ein Boil-Off-Gas aus einem LNG-Speichertank (101) des Schiffes ist, und zum Liefern zumindest eines Teils des Zielgases an einen Bestimmungsort, der das Zielgas benötigt, wobei die Kompressoreinheit (100) Folgendes umfasst:
mehrere Kompressionsstufen (201-205), die so konfiguriert sind, dass sie den Druck des Zielgases nacheinander erhöhen;
mehrere Dämpfer (260-268, 271-273), die zwischen den mehreren Kompressionsstufen (201-205) vorgesehen sind, um Druckschwankungen zu verhindern; und
einen Kurbelmechanismus, der so konfiguriert ist, dass er einen Kolben (212, 513, 516) jeder Kompressionsstufe (201-205) antreibt,
wobei jede der mehreren Kompressionsstufen (201-205) von einer ersten (201) Kompressionsstufe zu einer einer letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) Folgendes umfasst:
den Kolben (212, 513);

eine Kolbenstange (213), die mit dem Kolben (212, 513) verbunden ist und so konfiguriert ist, dass sie die Kraft des Kurbelmechanismus auf den Kolben (212, 513) überträgt;
 einen Zylinderteil (211, 211a), der so konfiguriert ist, dass er den Kolben (212, 513) aufnimmt und eine Kompressionskammer (221, 222, 2241, 224c) bildet;
 ein erstes Dichtungsteil (241), das so konfiguriert ist, dass es zwischen dem Kolben (212, 513) und dem Zylinderteil (211, 211a) abdichtet;
 ein zweites Dichtungsteil (242), das einen Umfang der Kolbenstange (213) umgibt und so konfiguriert ist, dass es verhindert, dass das in das Zylinderteil (211, 211a) gesaugte Zielgas zum Kurbelmechanismus strömt;
 ein Abstreiferteil (231), das den Umfang der Kolbenstange (213) an einer Position umgibt, die näher am Kurbelmechanismus liegt als das zweite Dichtungsteil (242), und das so konfiguriert ist, dass es den Eintritt eines Schmiermittels im Kurbelmechanismus in den Zylinderteil (211, 211a) verhindert; und
 eine Ölschleuder (232), die an der Kolbenstange (213) zwischen dem Abstreiferteil (231) und dem zweiten Dichtungsteil (242) angebracht ist und so konfiguriert ist, dass sie zusätzlich den Eintritt des Schmiermittels in den Zylinderteil (211, 211a) verhindert,
 wobei die der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehende Kompressionsstufe (204) und die letzte Kompressionsstufe (205) eine Tandemstruktur aufweisen, bei der der Zylinderteil (211b) der letzten Kompressionsstufe (205) auf dem Zylinderteil (211a) der der letzte Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) angeordnet ist,
 wobei der Kolben (513) in der der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) und der Kolben (516) in der letzten Kompressionsstufe (205), der im Durchmesser kleiner ist als der Kolben (513) in der der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204), einheitlich konfiguriert sind, derart, dass
 sich die letzte Kompressionsstufe (205) die Kolbenstange (213), das zweite Dichtungsteil (241), das Abstreiferteil (231) und die Ölschleuder (232) mit der der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) teilt,
 wobei mindestens in der letzten Kompressionsstufe (205) das erste Dichtungsteil (241) eine Kolbenringgruppe (243) enthält, die an einem äußeren Umfangsteil des Kolbens (516) vorgesehen ist und so konfiguriert ist, dass sie zwischen dem Kolben (516) und dem Zylinderteil (211b) abdichtet, und wobei das erste Dichtungsteil (241) als Kontakttyp konfiguriert ist,
 wobei mindestens in der der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) das zweite Dichtungsteil (242) Folgendes umfasst:
 mehrere Gehäuseteile (244), die zwischen dem Zylinderteil (211b) und der Kolbenstange (213) angeordnet sind;
 und mehrere Ringteile (249), die von den mehreren Gehäuseteilen (244) gehalten werden, und wobei das zweite Dichtungsteil (242) als Kontakttyp konfiguriert ist und
 wobei alle ersten und zweiten Dichtungsteile (241, 242) ölfreien Typs sind.

10. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 9, bei der der Kolben (516) einen durch das Zylinderteil (211) gebildeten Gehäuseraum unterteilt in einen Raum auf einer ersten, der Seite des Kurbelmechanismus gegenüberliegenden Seite, und einen Raum auf einer zweiten, dem Kurbelmechanismus zugewandten Seite, und wobei in der letzten Kompressionsstufe (205) nur der Raum auf der ersten Seite die Kompressionskammer (225) ist.
11. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 10, wobei in der der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) der Raum auf der ersten Seite eine Nicht-Kompressionskammer ist, und wobei der Raum auf der zweiten Seite als Kompressionskammer (224b, 224d) verwendet wird.
12. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 10, wobei in der der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) der Raum auf der ersten Seite die Kompressionskammer (2241, 224c) ist, und der Raum auf der zweiten Seite als Nicht-Kompressionskammer (224b, 224d) verwendet wird.
13. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 1 oder 9, wobei der Zylinderteil (211, 211b) mindestens in der letzten Kompressionsstufe (205) einen Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil (540) aufweist, durch den eine Kühlflüssigkeit fließt, um den Kolben (212, 516) zu umgeben, und der Zylinderkühlungs-Strömungsweg-Teil (540) ein in dem Zylinderteil (211, 211a, 211b) ausgebildetes Durchgangsloch aufweist.
14. Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei zumindest in der der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) ein Gehäusekühlungs-Strömungsweg (290) in den mehreren Gehäuseteilen (244) gebildet wird, und Wasser oder eine Frostschutzlösung als Kühlflüssigkeit verwendet wird, die dem Strömungsweg der Gehäusekühlung (290) zugeführt wird.
15. Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei in allen Kompressionsstufen (201-205) das erste Dichtungsteil (241) die Kolbenringgruppe (243) enthält, die auf dem äußeren Umfangsteil des Kolbens (212, 513, 516) vorgesehen ist und so konfiguriert ist, dass sie zwischen dem Kolben (212, 513, 516) und dem Zylinderteil (211, 211a, 211b) abdichtet, und wobei das erste Dichtungsteil (241) von einem Kontakttyp ist, und

wobei in jeder der Kompressionsstufen (201-205) von der ersten Kompressionsstufe (201) bis zu der der letzte Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) das zweite Dichtungsteil (242) Folgendes umfasst: die mehreren Gehäuseteile (244), die zwischen dem Zylinderteil (211, 211a) und der Kolbenstange (213) angeordnet sind; und die mehreren Ringteile (249), die von den mehreren Gehäuseteilen (244) gehalten werden, und wobei das zweite Dichtungsteil (242) von einem Kontakttyp ist.

16. Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei eine Hauptkomponente eines Ringmaterials des ersten Dichtungsteils (241) der letzten Kompressionsstufe (205) und/oder des zweiten Dichtungsteils (242) der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) eines oder beide von PEEK und PI enthält, oder eines oder beide von PEEK und PI mit PTFE gemischt sind.
17. Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 9 bis 12, wobei die Druckdifferenz zwischen den Räumen vor und hinter dem Abstreiferteil (231) im Kurbelmechanismus im Wesentlichen null ist.
18. Kompressoreinheit (100) nach Anspruch 17, wobei der Druck in den Räumen im Wesentlichen gleich dem atmosphärischen Druck ist.
19. Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 9 bis 12, ferner umfassend eine Bypassleitung (411), die die Kompressionsstufen (201-205) umgeht, um das Zielgas zu einer stromaufwärtigen Seite zurückzuleiten.
20. Verfahren zum Anhalten einer Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 9 bis 12, wobei die Kompressoreinheit (100) Folgendes umfasst:
ein Rückschlagventil (418), das in einem ausstoßseitigen Strömungsweg der letzten Kompressionsstufe (205) vorgesehen ist;
eine Dekompressionsleitung (415), die mit dem ausstoßseitigen Strömungsweg weiter stromabwärts des Rückschlagventils (418) verbunden ist; und
ein Ein-Aus-Ventil (416), das im ausstoßseitigen Strömungsweg stromabwärts der Dekompressionsleitung (415) vorgesehen ist;
wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Schließen des Ein-Aus-Ventils (416); und Reduzieren des Drucks im Zylinderteil (211, 211a) der letzten Kompressionsstufe (205) durch Öffnen der Dekompressionsleitung (415) bei Stillstand der Kompressoreinheit (100).
21. Verfahren zum Anhalten einer Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 9 bis 12, wobei die Kompressoreinheit (100) Folgendes umfasst:
ein Rückschlagventil (418), das in einem ausstoßseitigen Strömungsweg der letzten Kompressionsstufe (205) vorgesehen ist; und
eine Dekompressionsleitung (415), die mit dem ausstoßseitigen Strömungsweg zwischen der letzten Kompressionsstufe (205) und dem Rückschlagventil (418) verbunden ist;
wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Reduzieren des Drucks im Zylinderteil (211, 221b) der letzten Kompressionsstufe (205) durch Öffnen der Dekompressionsleitung (415) bei Stillstand der Kompressoreinheit (100).
22. Kompressionsstufe (205) für eine Kompressoreinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 9 bis 12, welche Kompressionsstufe (205) umfasst:
ein erstes Dichtungsteil (241) enthaltend eine Kolbenringgruppe (243) angeordnet auf einem äusseren Umfangsteil des Kolbens (212, 513, 516), das so konfiguriert ist, dass es zwischen dem Kolben (212, 513, 516) und dem Zylinderteil (211, 211a, 211b) abdichtet;
ein zweites Dichtungsteil (242) enthaltend mehrere Gehäuseteile (244), die zwischen dem Zylinderteil (211, 211a, 211b) und der Kolbenstange (213) angeordnet sind; und mehrere Ringteile (249), die von den mehreren Gehäuseteilen (244) gehalten werden;
wobei das erste und das zweite Dichtungsteil (241, 242) der Kompressionsstufe (205) vom Kontakttyp und vom ölfreien Typ sind,
wobei die Kompressionsstufe (205) die letzte der Kompressionsstufen (102-205) ist.
23. Tandemstruktur für eine Kompressionseinheit (100) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, umfassend eine Kompressionsstufe (205) für die letzte Kompressionsstufe (205) der Kompressoreinheit (100) und eine Kompressionsstufe (204) für die der letzten Kompressionsstufe (205) unmittelbar vorangehenden Kompressionsstufe (204) der Kompressoreinheit (100), wobei die Tandemstruktur umfasst:
ein erstes Zylinderteil (211a)
einen ersten Kolben (513) ausgestaltet zum Komprimieren des Zielgases im ersten Zylinderteil (211a);
ein zweites Zylinderteil (211b), das auf dem ersten Zylinderteil (211a) angeordnet ist und ausgebildet ist, das durch den ersten Kolben (513) komprimierte Zielgas aufzunehmen,
ein zweiter Kolben (516) mit einem kleineren Durchmesser als der erste Kolben (513), welcher zweite Kolben (516) ausgebildet ist zum weiteren Komprimieren des Zielgases im zweiten Zylinderteil (211b),
eine Kolbenstange (213), die ausgebildet ist zum Übertragen von Kraft des Kurbelmechanismus auf den ersten Kolben (513) und den zweiten Kolben (516);

ein erstes Dichtungsteil (241) eines ölfreien Typs, das ausgestaltet ist zum Abdichten zwischen dem ersten Kolben (513) und dem ersten Zylinderteil (211a);
eine Kolbenringgruppe (243) vom ölfreien Typ und vom Kontakttyp, die ausgebildet ist zum Abdichten zwischen dem zweiten Kolben (516) und dem zweiten Zylinderteil (211b),
ein zweites Dichtungsteil (242), das einen Umfang der Kolbenstange (213) umgibt, vom ölfreien Typ und vom Kontakttyp, das ausgestaltet ist, einen Fluss des Zielgases aus dem ersten Zylinderteil (211a) und dem zweiten Zylinderteil (211b) hin zum Kurbelmechanismus zu verhindern,
ein Abstreiferteil (231), das den Umfang der Kolbenstange (213) an einer Position umgibt, die näher am Kurbelmechanismus liegt als das zweite Dichtungsteil (242), und das so konfiguriert ist, dass es den Eintritt eines Schmiermittels im Kurbelmechanismus in das erste Zylinderteil (211a) und das zweite Zylinderteil (211b) verhindert; und
eine Ölschleuder (232), die an der Kolbenstange (213) zwischen dem Abstreiferteil (231) und dem zweiten Dichtungsteil (242) angebracht ist und so konfiguriert ist, dass sie zusätzlich den Eintritt des Schmiermittels in das erste Zylinderteil (211a) und das zweite Zylinderteil (211b) verhindert,
wobei das zweite Dichtungsteil (242) der Tandemstruktur aufweist:
mehrere Gehäuseteile (244), die zwischen dem ersten Zylinderteil (211a) und der Kolbenstange (213) angeordnet sind; und mehrere Ringteile (249), die von den mehreren Gehäuseteilen (244) gehalten werden.

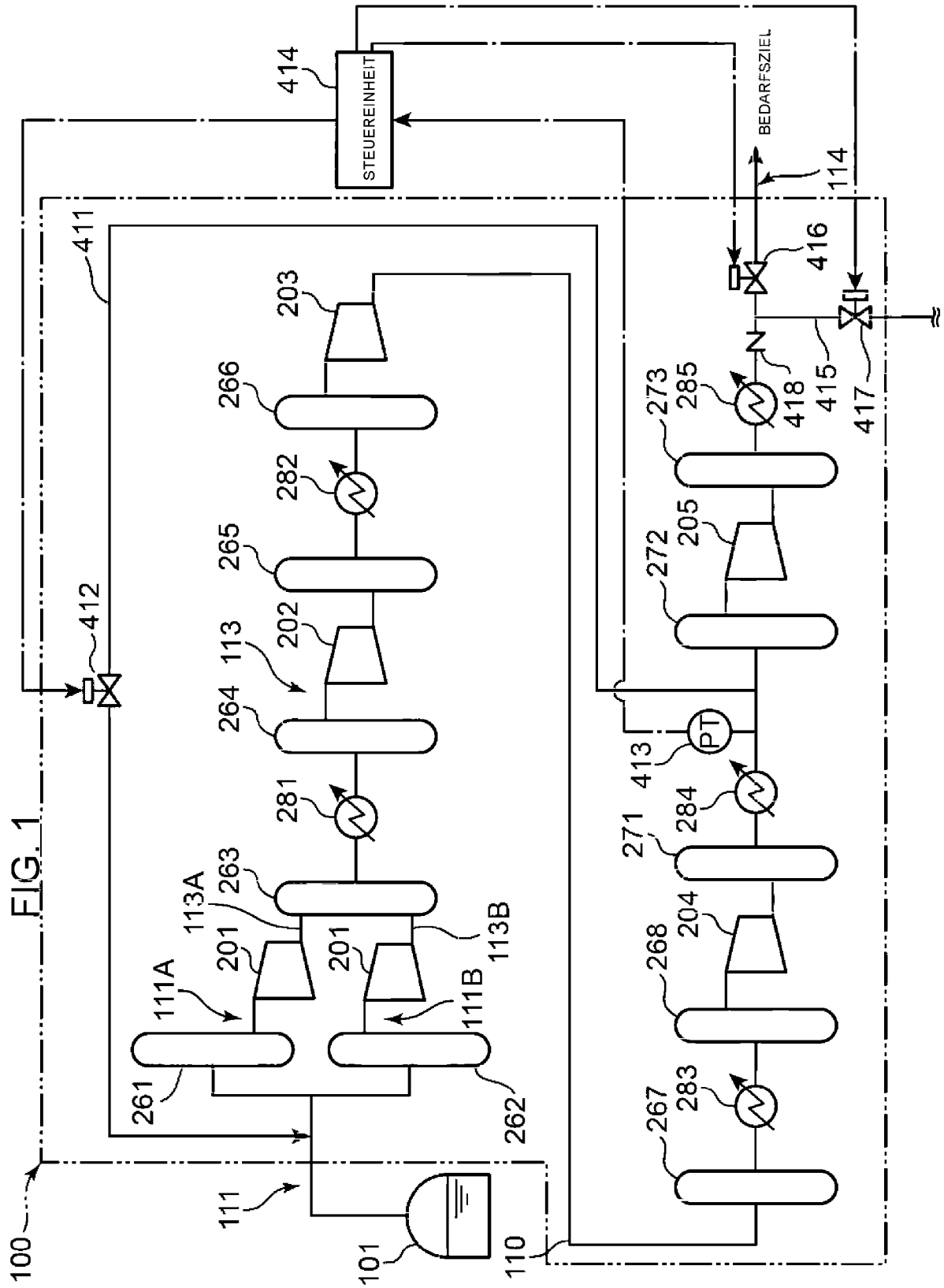


FIG. 2

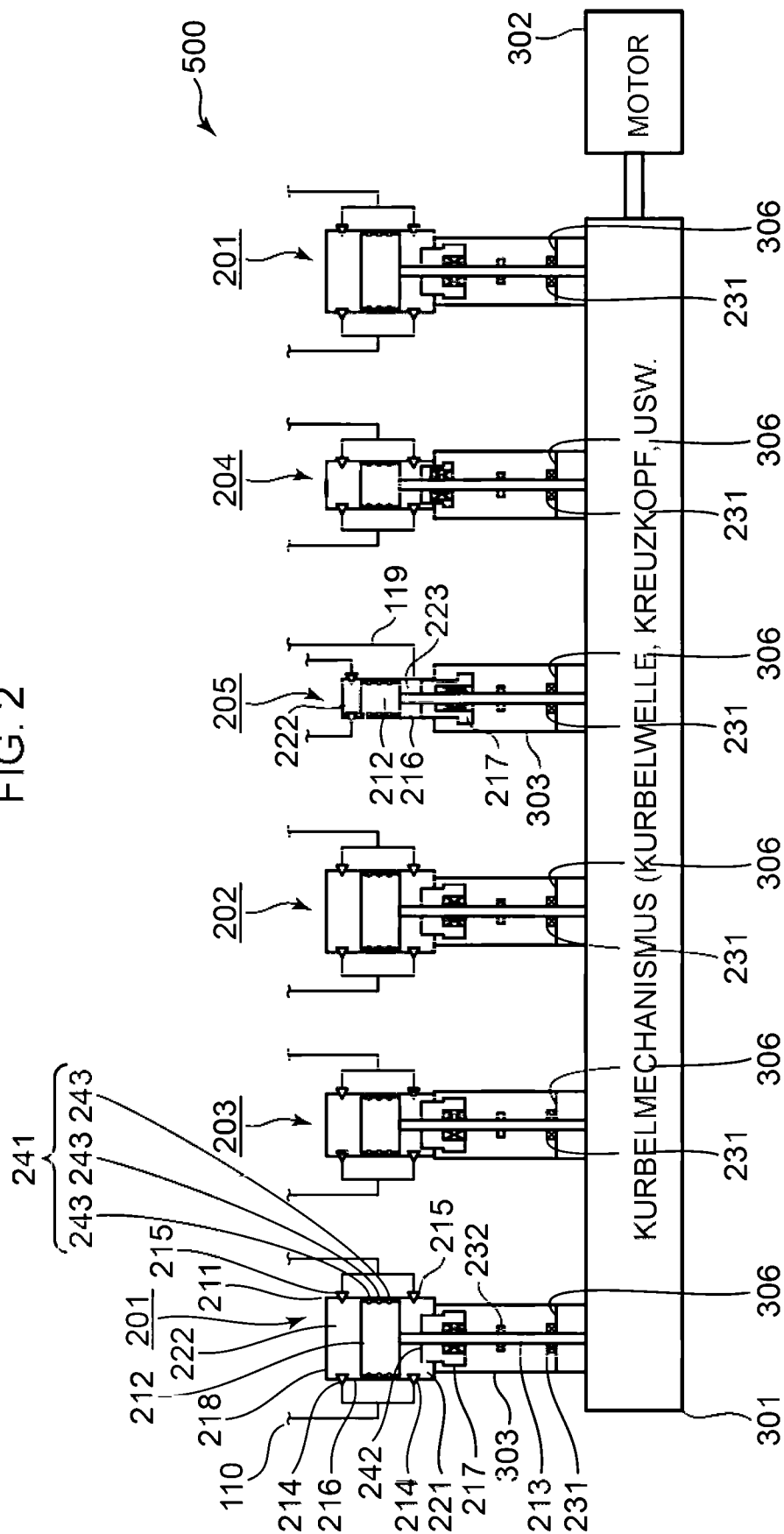


FIG. 3

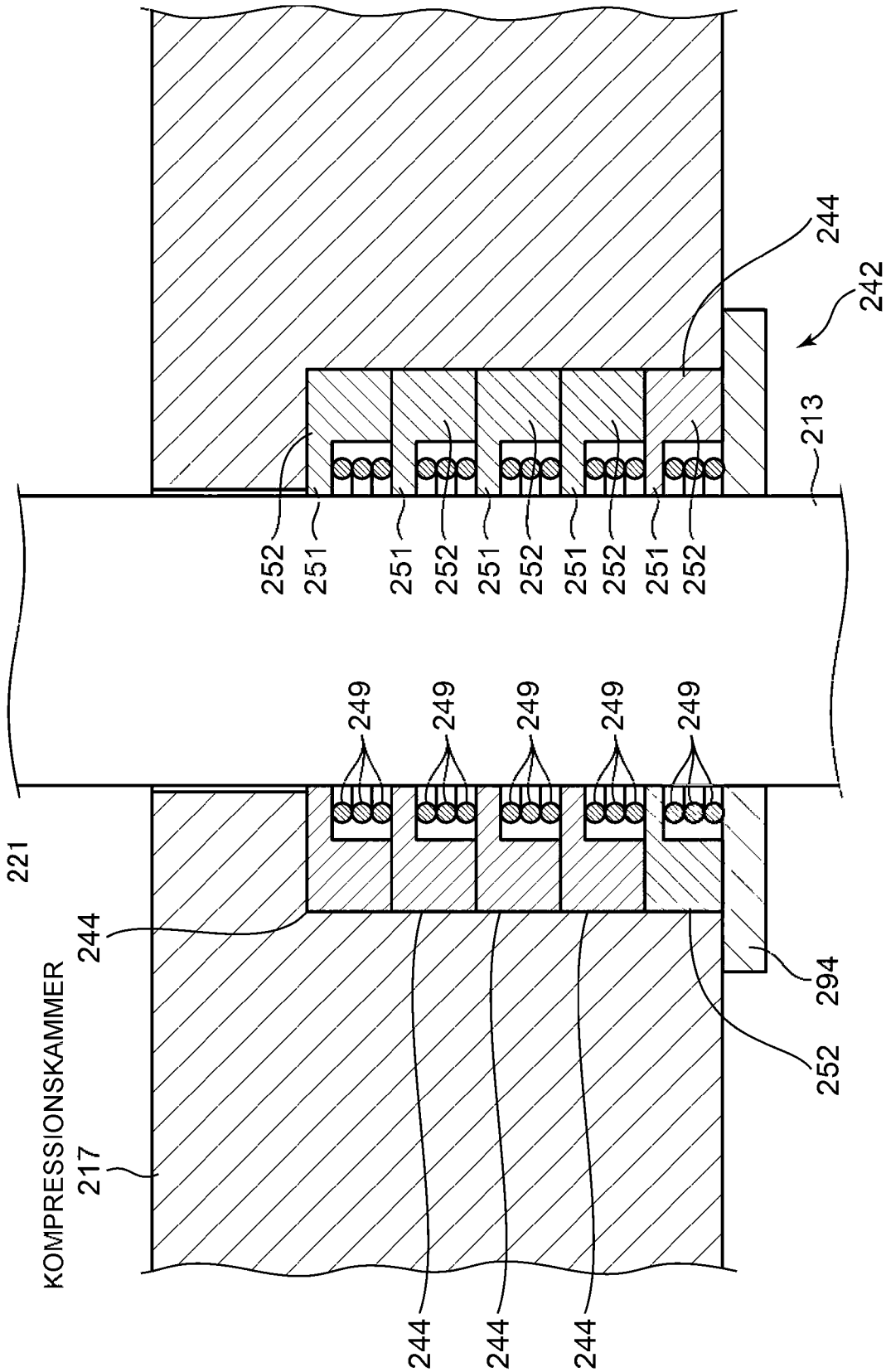


FIG. 4

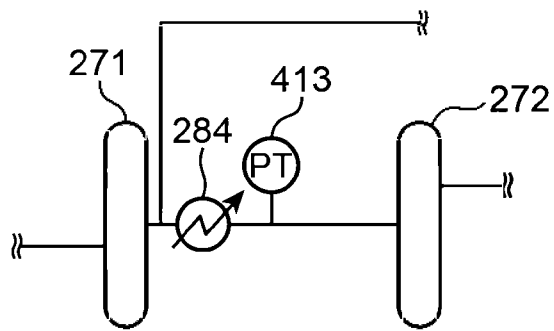
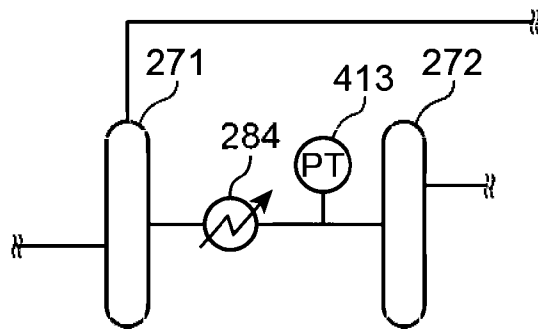
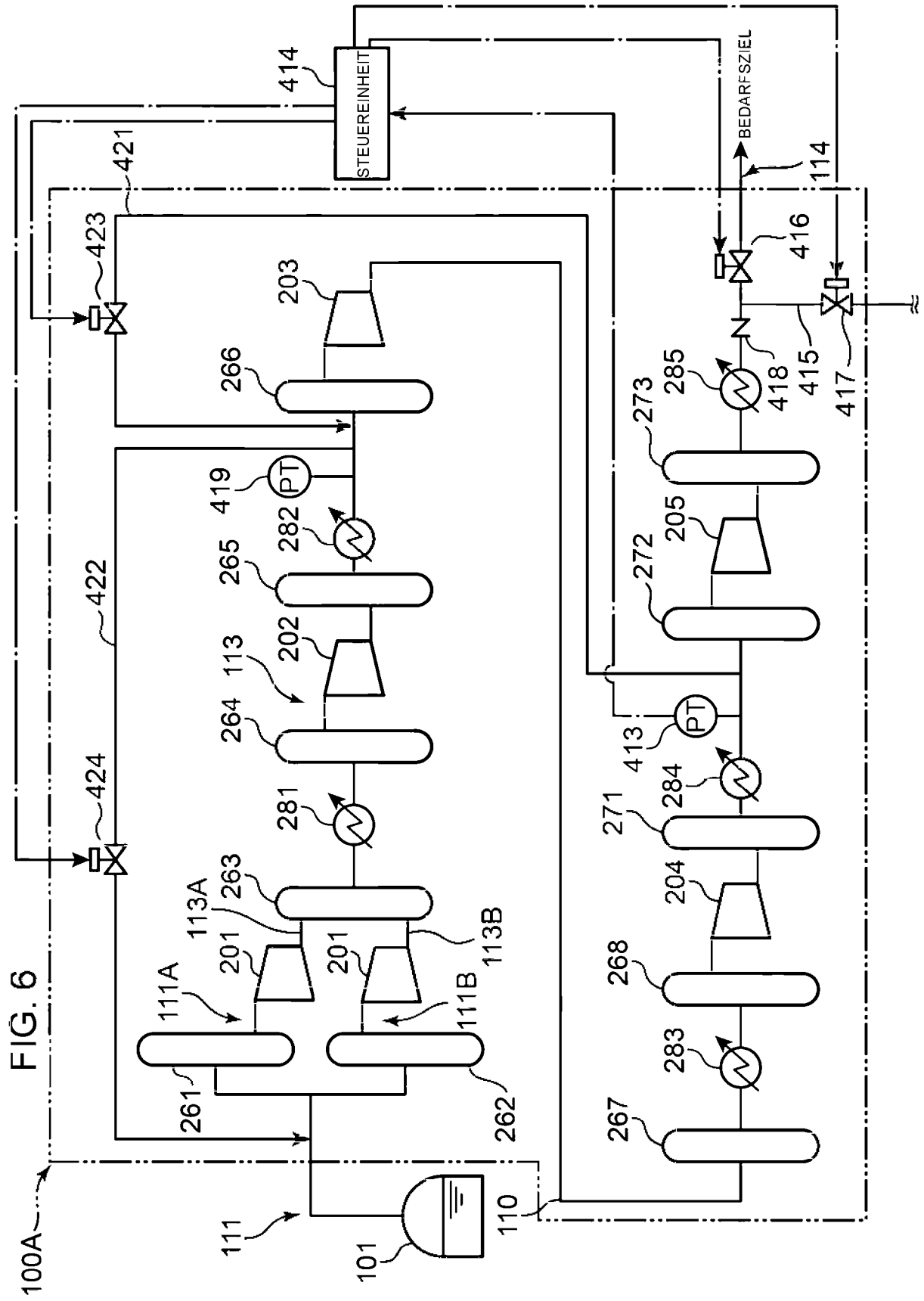
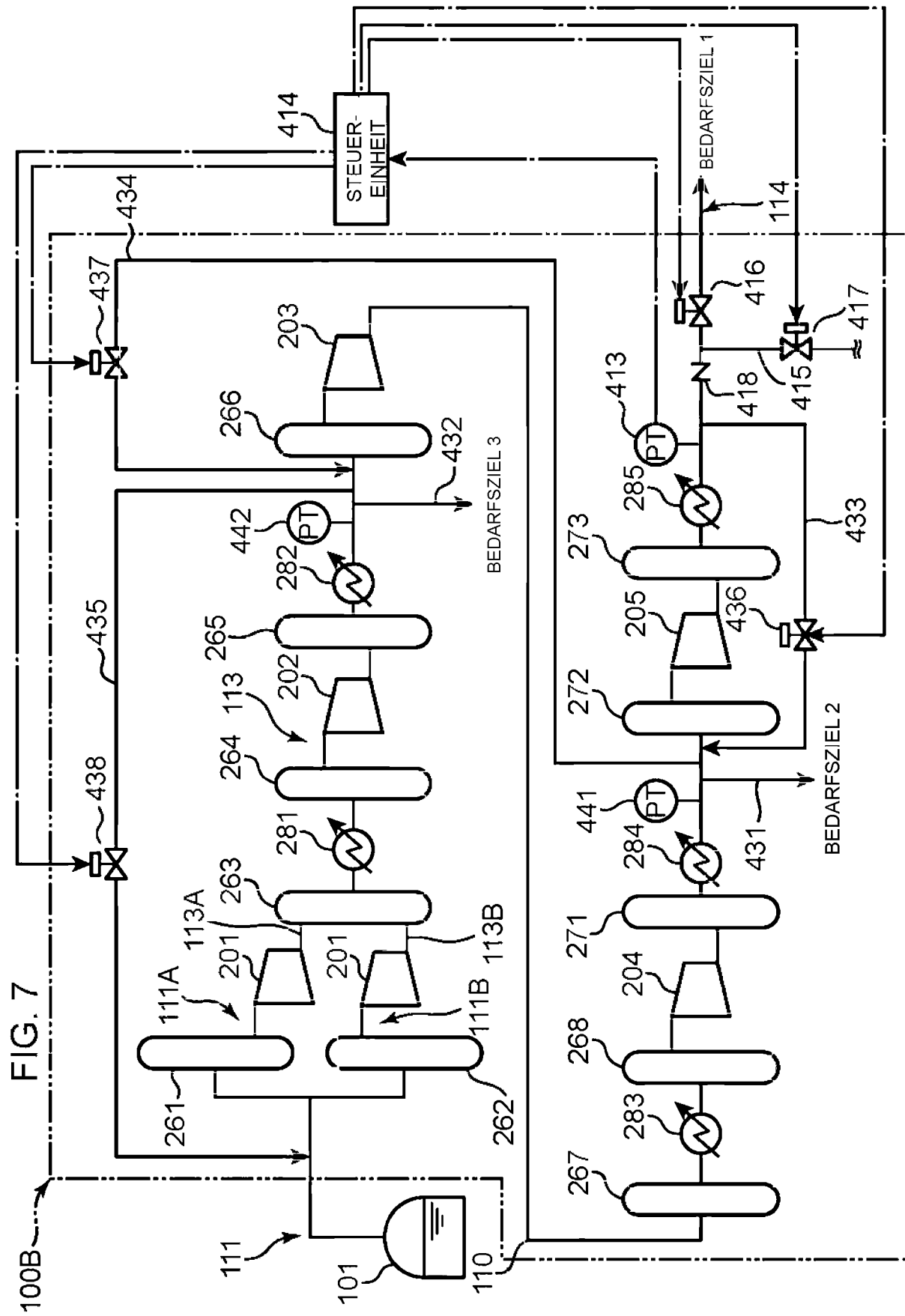


FIG. 5







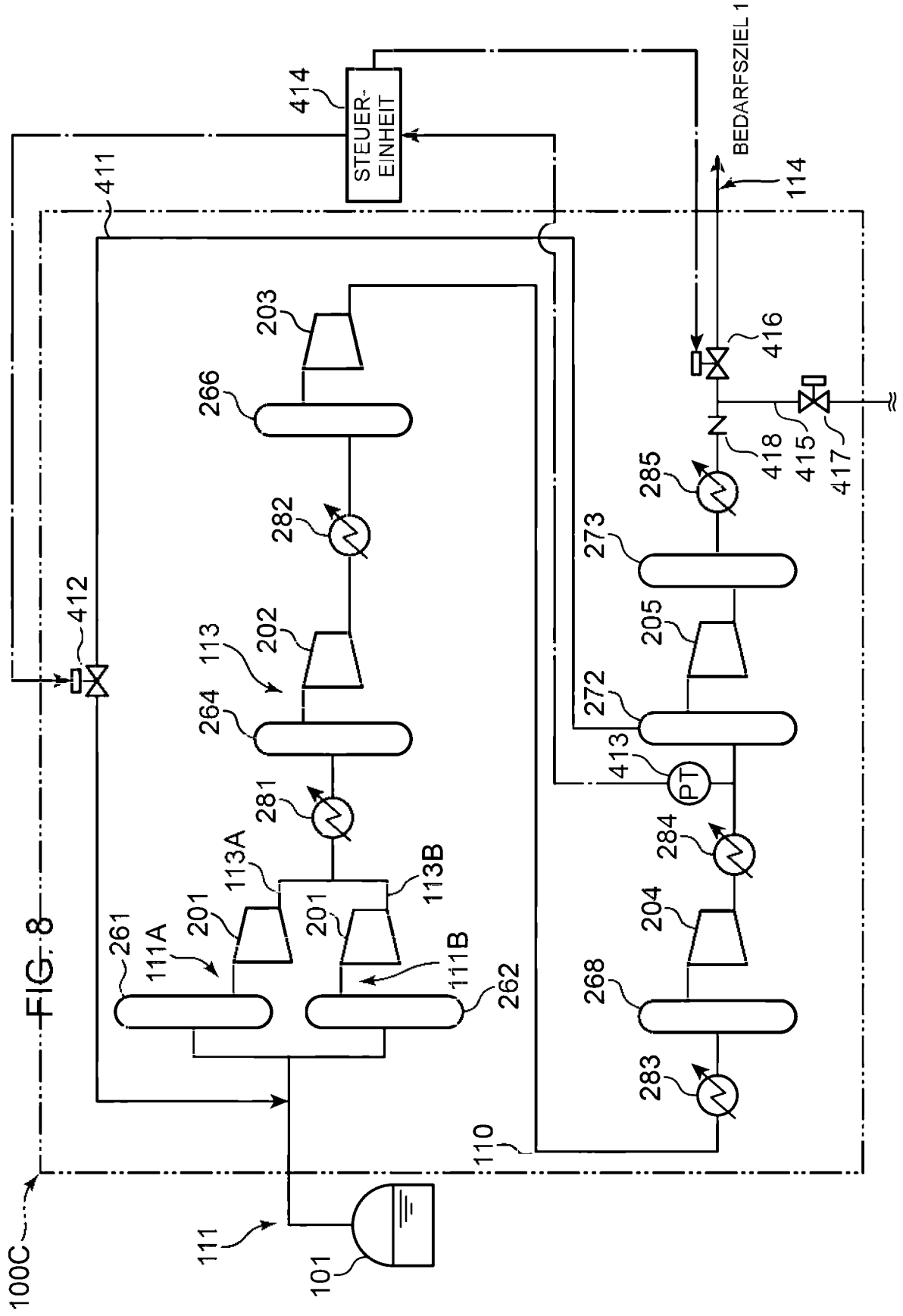


FIG. 9

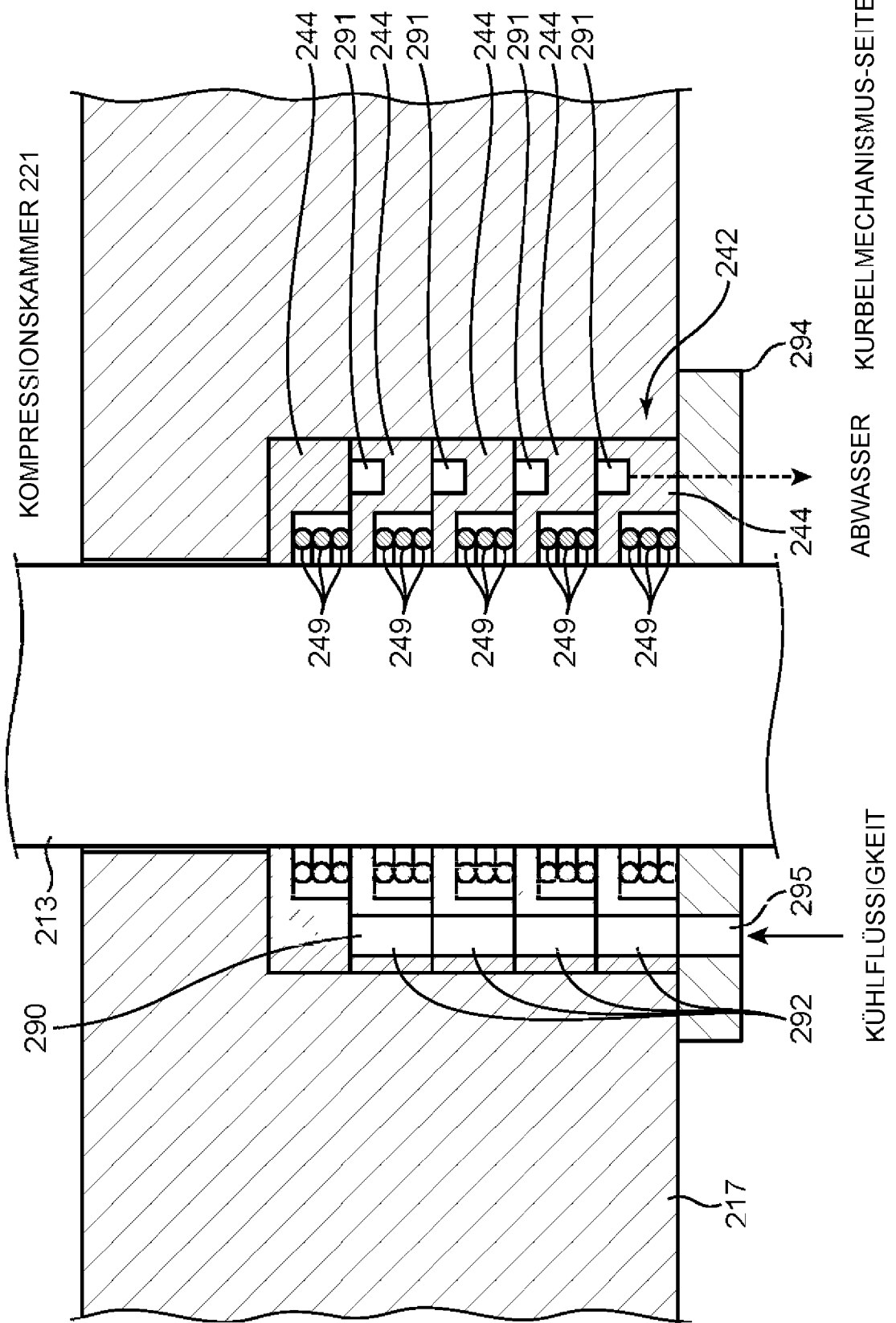


FIG. 10

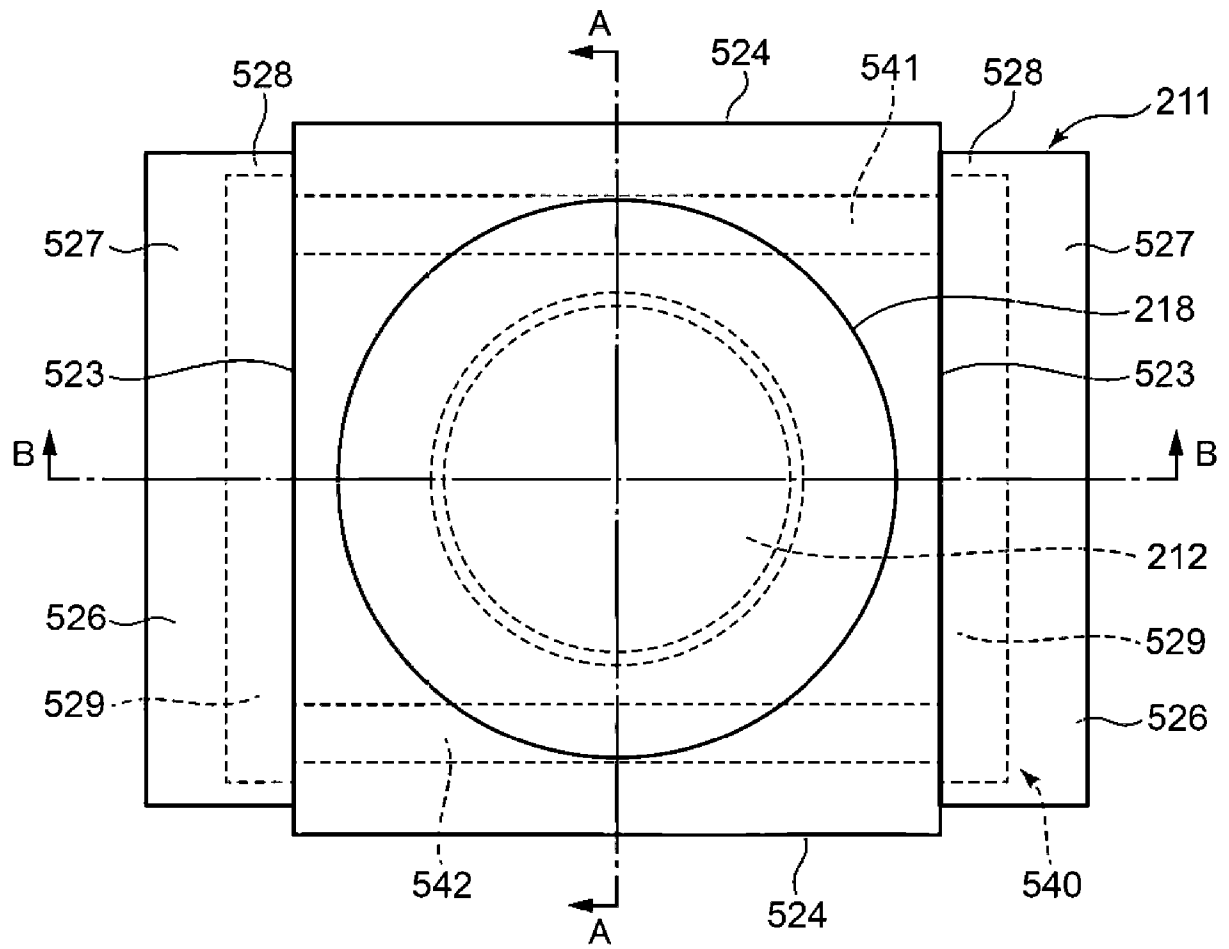


FIG. 11

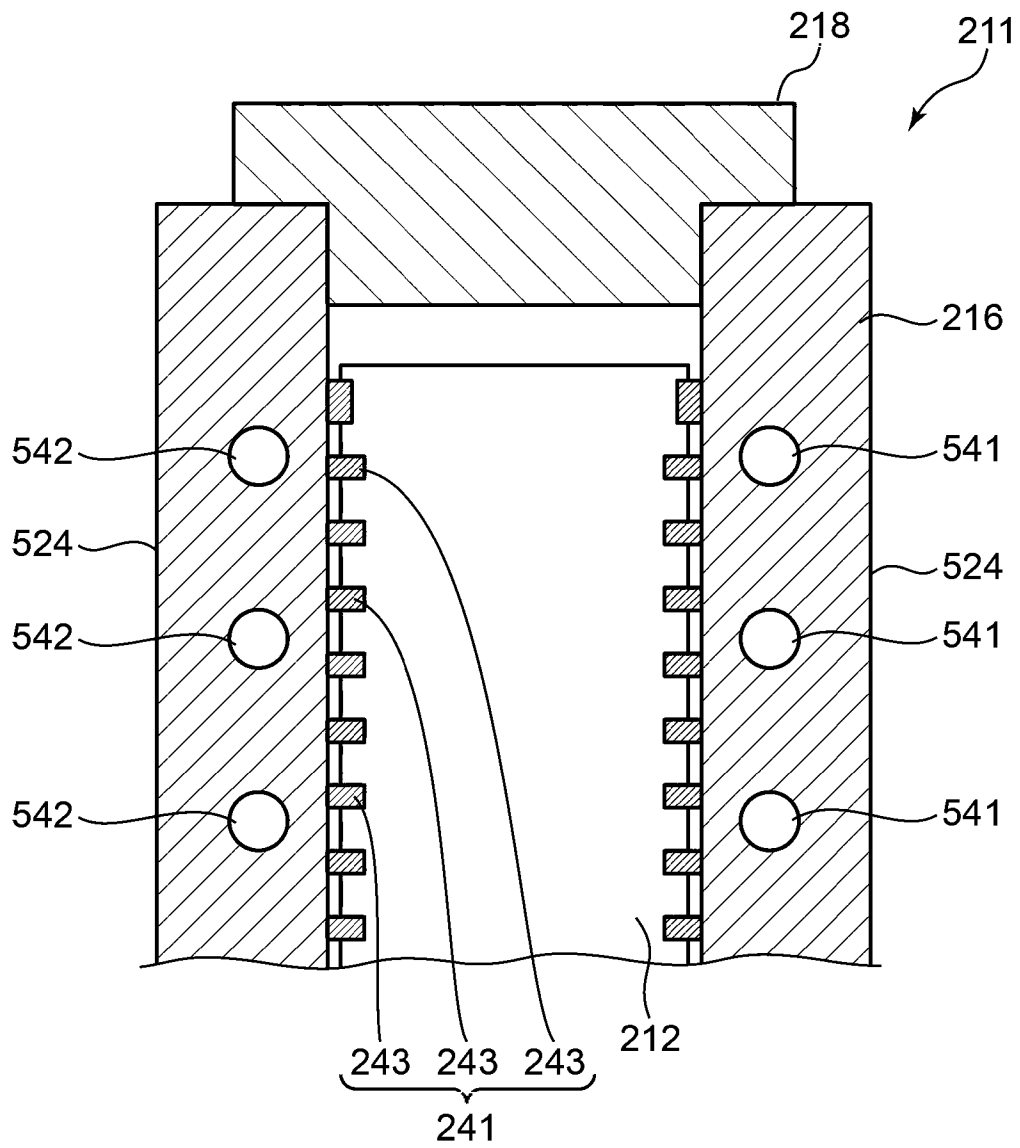


FIG. 12

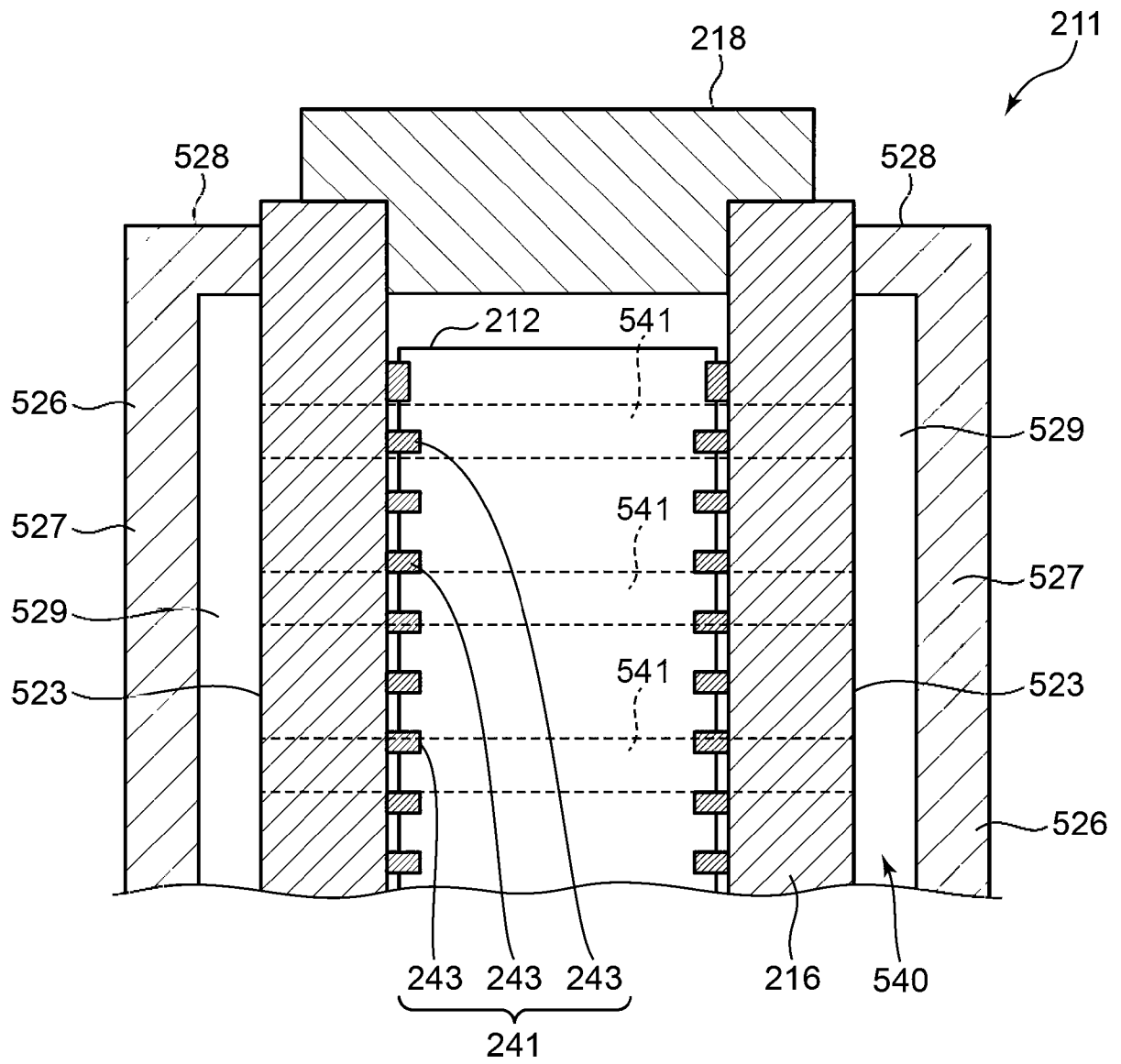


FIG. 13

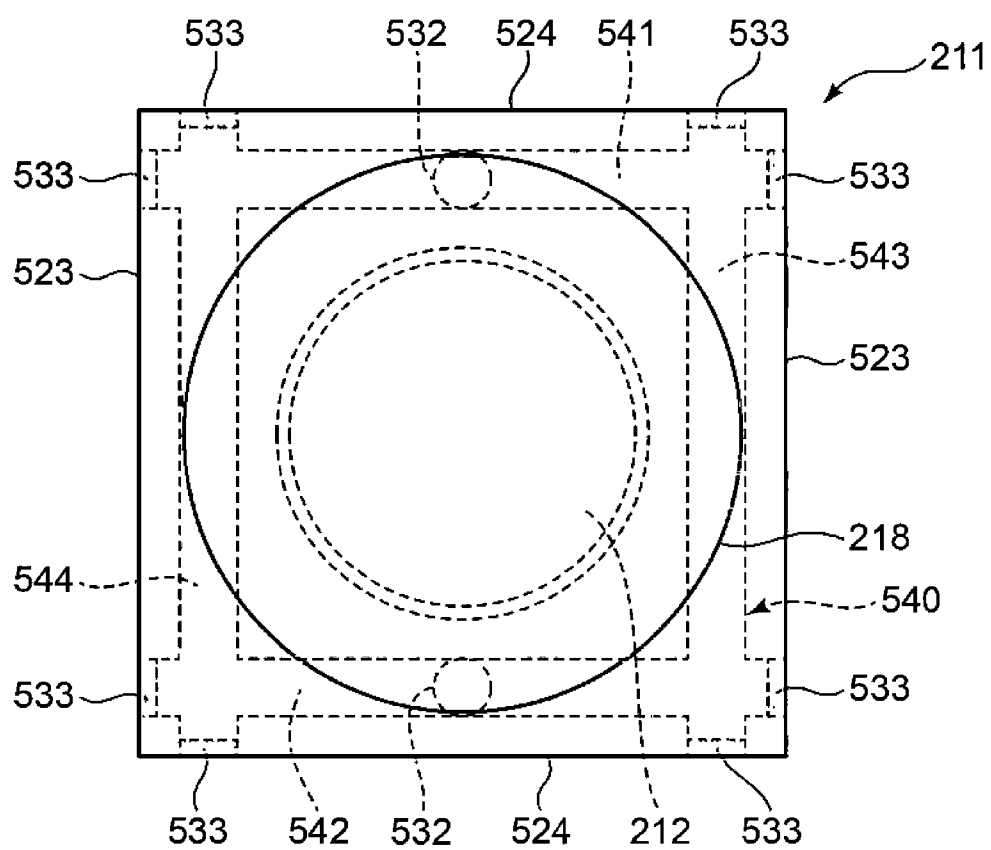


FIG. 14

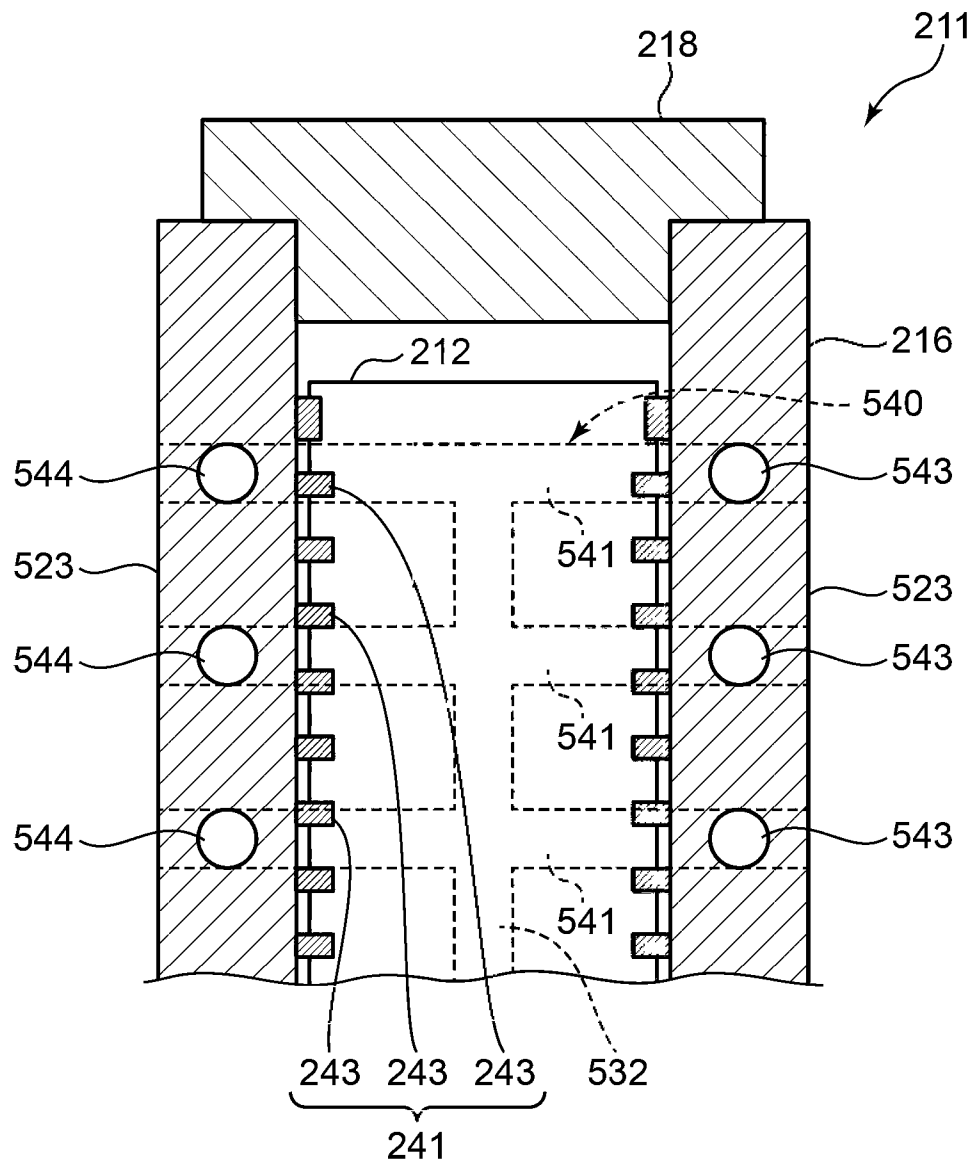


FIG. 15

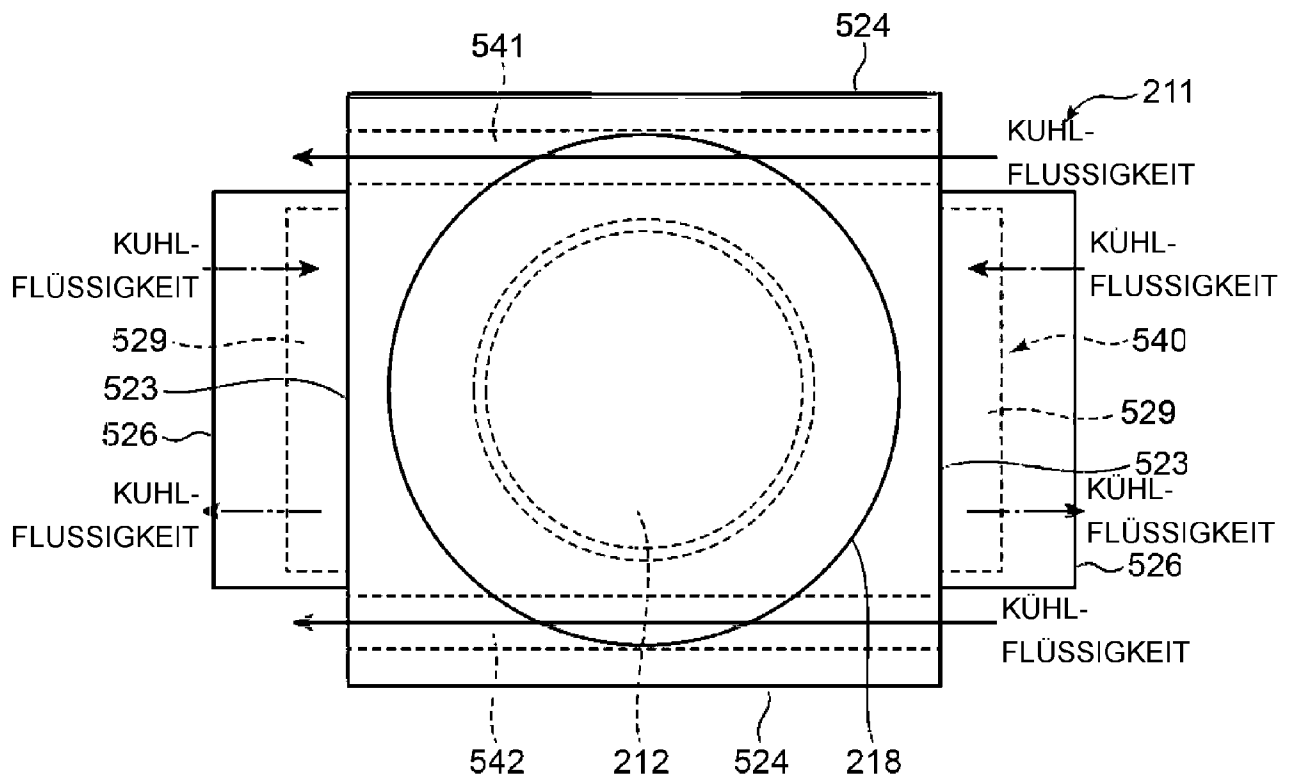


FIG. 16

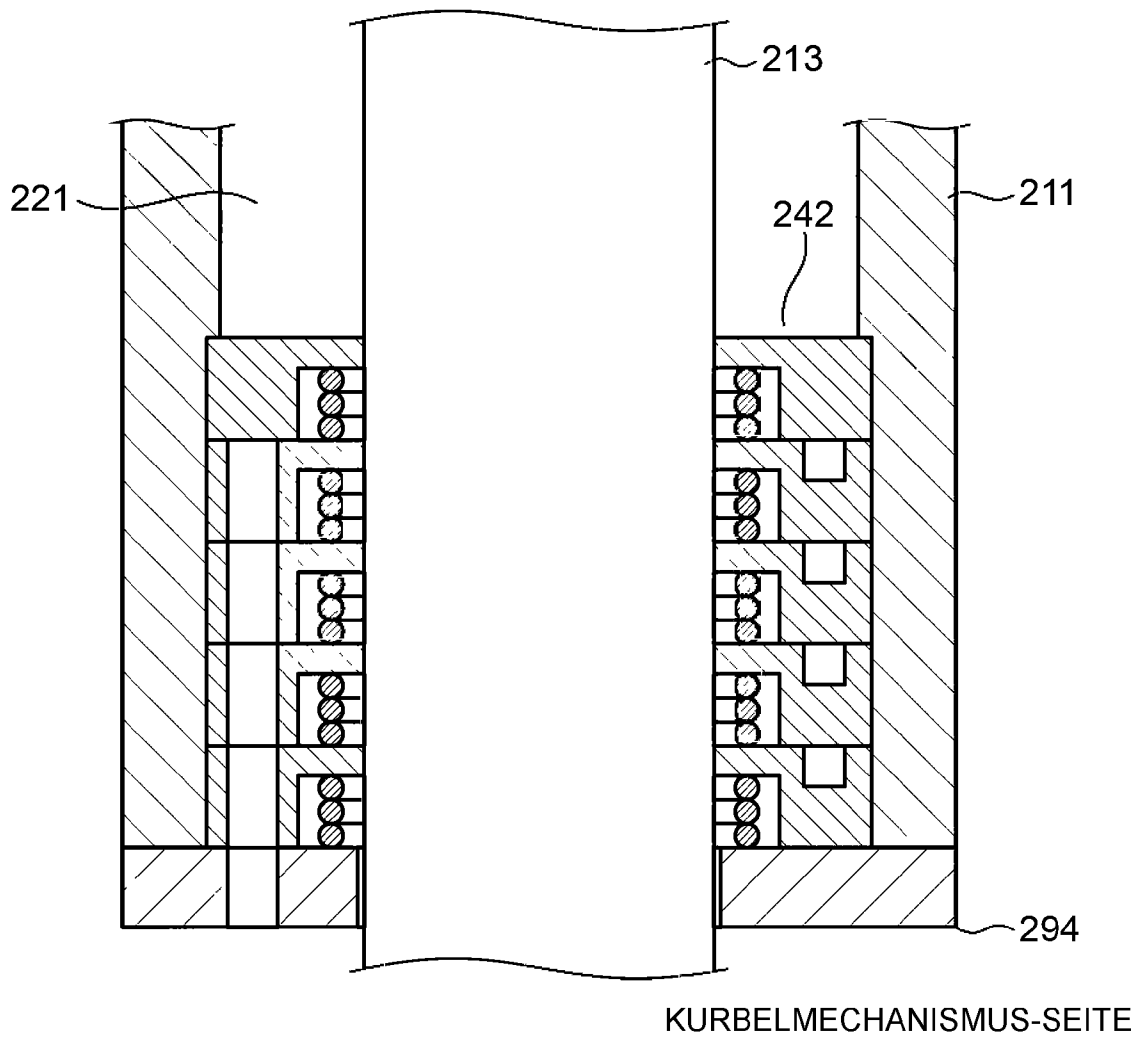


FIG. 17

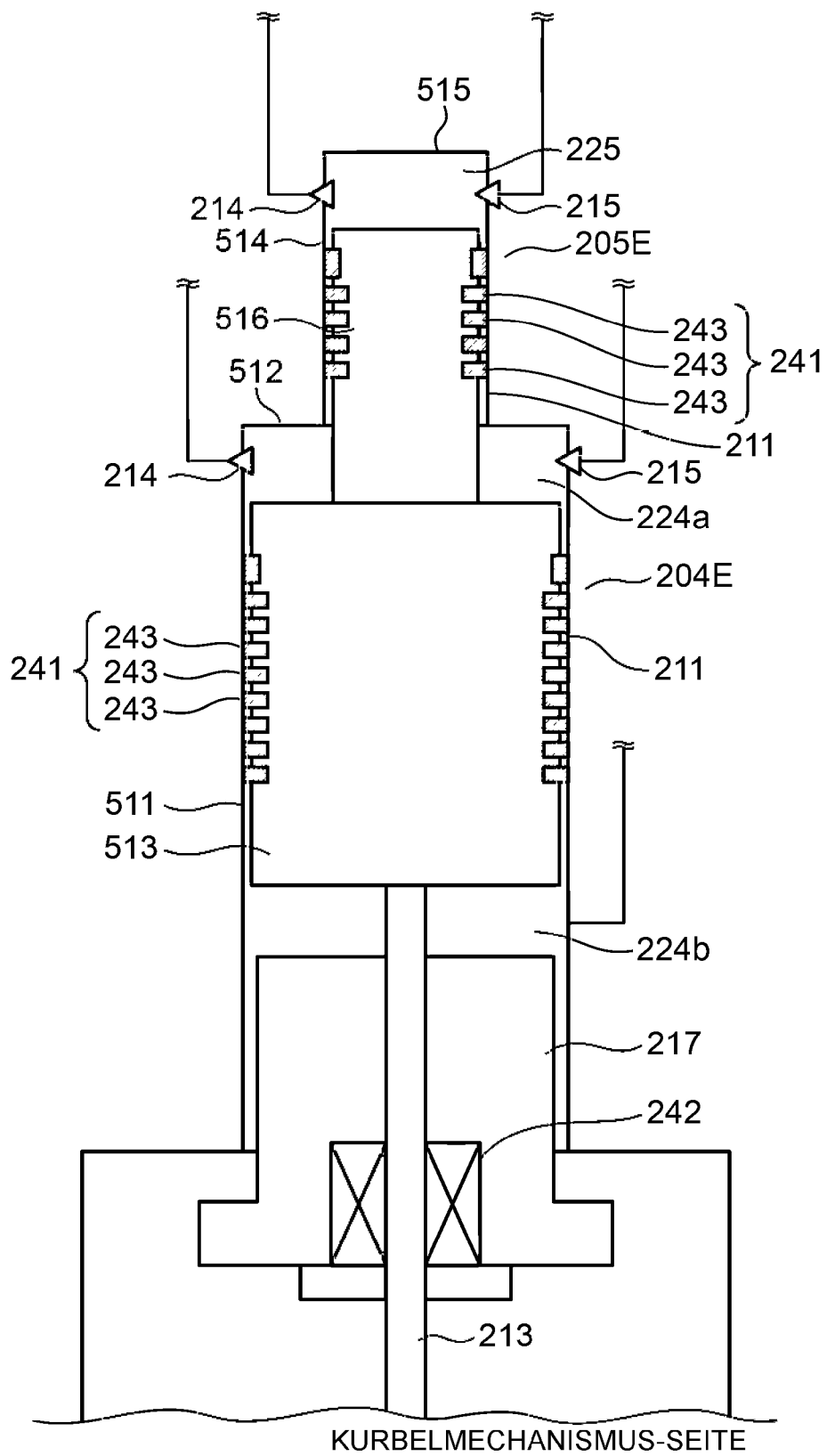


FIG. 18

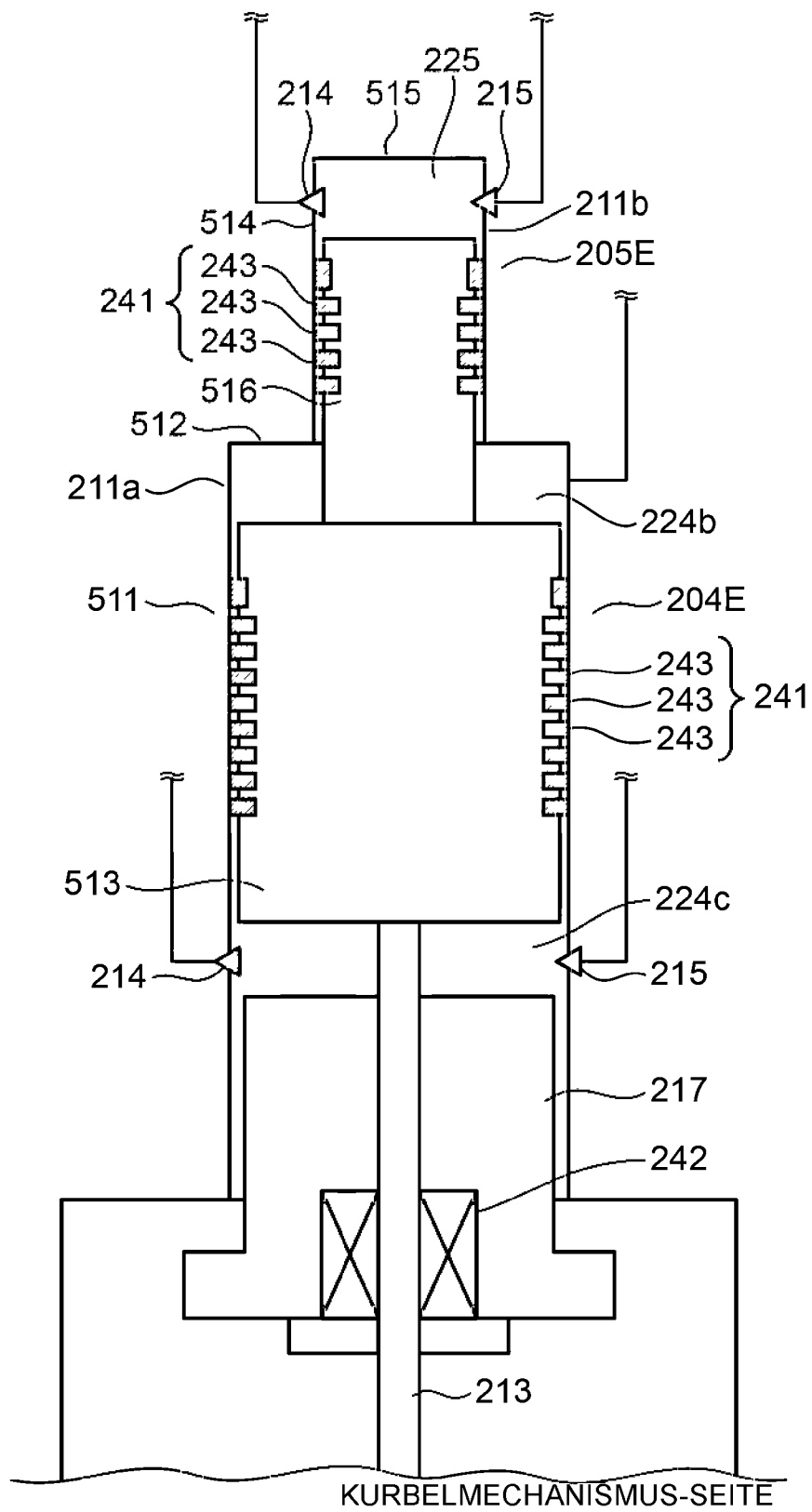
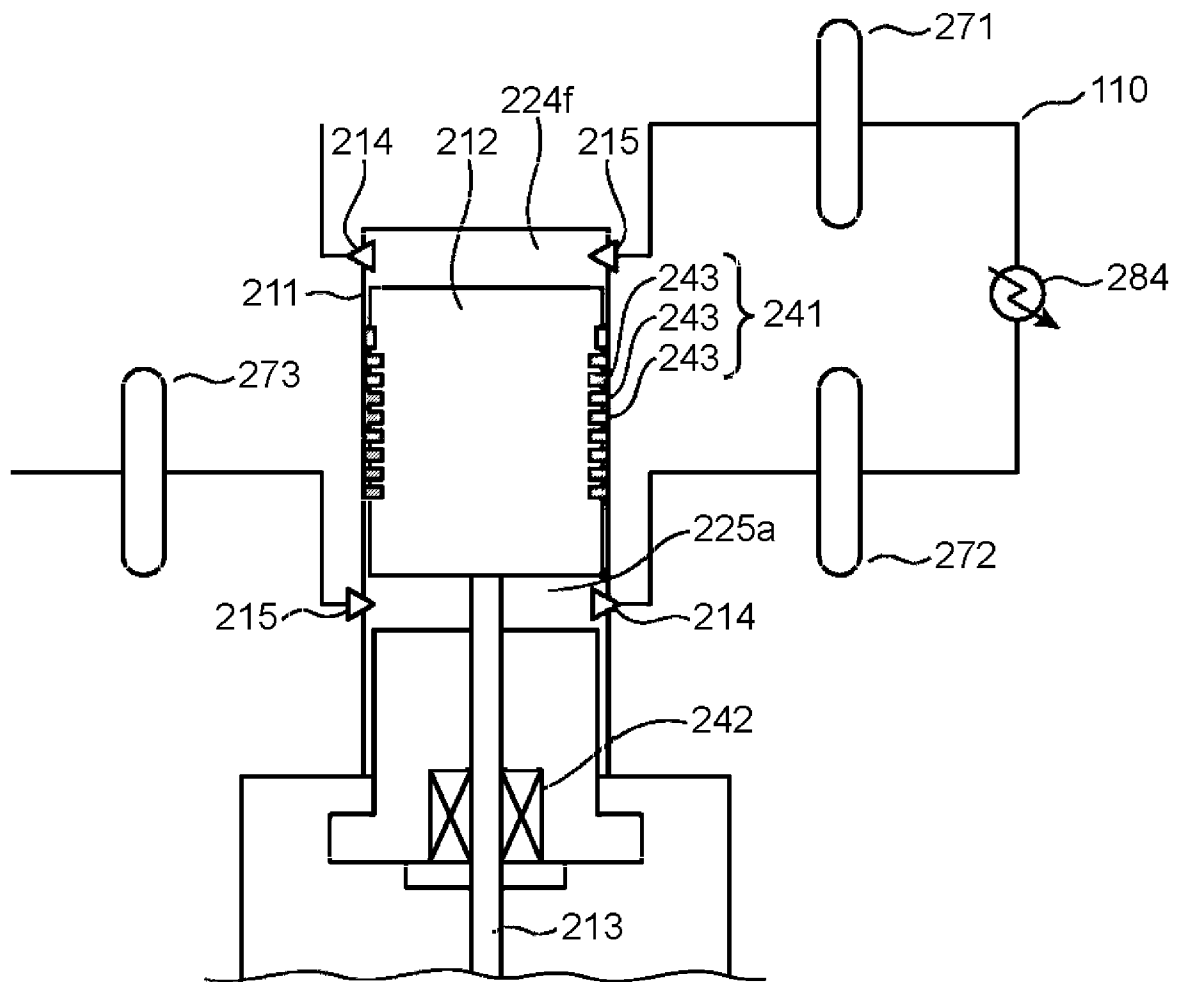


FIG. 20



KURBELMECHANISMUS-SEITE
FIG. 21

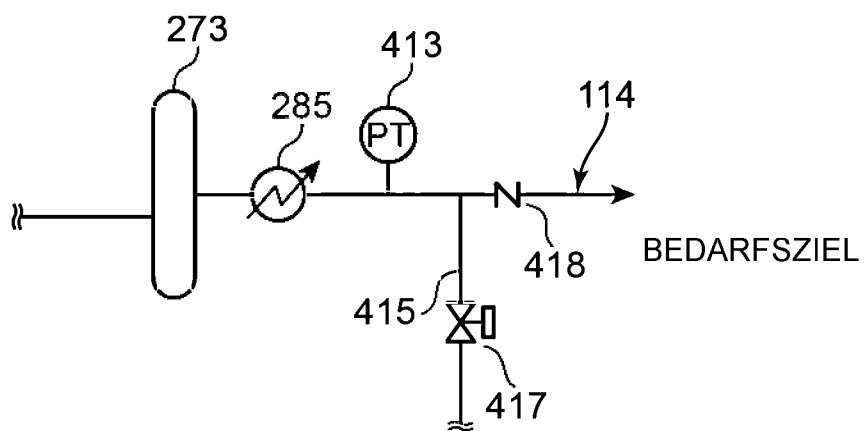


FIG. 22

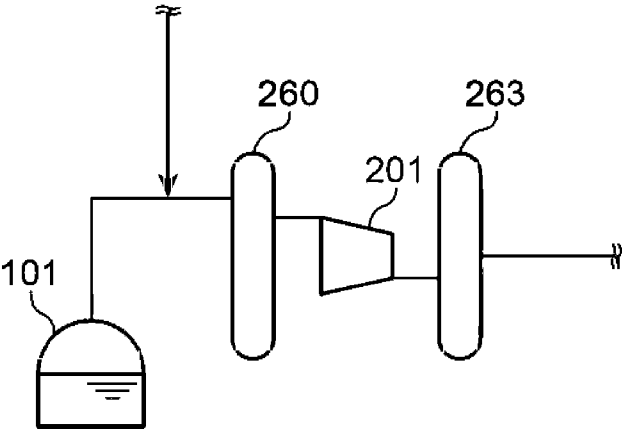


FIG. 23

