

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 715 689 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

08.10.1997 Patentblatt 1997/41

(51) Int Cl.⁶: **F04B 25/02**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP94/02174

(21) Anmeldenummer: **94924224.2**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 95/06204 (02.03.1995 Gazette 1995/10)

(22) Anmeldetag: **02.07.1994**

(54) **HYDRAULISCHER GASVERDICHTER**

HYDRAULIC GAS COMPRESSOR

COMPRESSEUR A GAZ HYDRAULIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE DE ES FR GB GR IT LU NL PT

(72) Erfinder: **MARGARDT, Manfred**
D-66265 Heusweiler-Holz (DE)

(30) Priorität: **23.08.1993 DE 4328264**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Bartels und Partner**
Lange Strasse 51
70174 Stuttgart (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.06.1996 Patentblatt 1996/24

(73) Patentinhaber: **HYDAC TECHNOLOGY GMBH**
66273 Sulzbach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 1 728 317

FR-A- 1 180 597

FR-A- 2 154 066

US-A- 4 345 880

US-A- 4 390 322

EP 0 715 689 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verdichten von Gas gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1. Dahingehende Vorrichtungen sind in einer Vielzahl von Bau- und Ausführungsformen auf dem Markt erhältlich. Man unterscheidet hierbei im wesentlichen zwei Bauformen, und zwar motorisch oder hydraulisch/pneumatisch angetriebene Verdichter. Die bekannten Gasverdichter, die man auch als Kompressor bezeichnet, bauen bei entsprechend zu erbringender Leistung groß auf und sind kompliziert im Aufbau, so daß aufgrund des damit einhergehenden hohen Montage- und Wartungsaufwandes auch die Herstell- bzw. Wartungskosten hoch sind.

Bei einer bekannten Vorrichtung zum Verdichten von Gas nach der EP 0 193 498 A2 sind drei miteinander über eine Kolbenstange verbundene Kolben vorhanden, die hydraulisch angetrieben in einem Gehäuse hin- und herbewegt werden und dabei im endseitigen Bereich des Verdichters wechselweise Gas niederen Druckes zu einem höheren Druck verdichten. Mit dem bekannten Gasverdichter findet also auf beiden Seiten der Vorrichtung immer abwechselnd ein zweistufiger Verdichtungsprozeß statt. Das Trennelement der bekannten Vorrichtung ist durch zwei Gehäuseabschlüsse gebildet, zwischen denen der mittlere Kolben verfahrbar angeordnet ist und das eingebrachte Gas niederen Druckes abwechselnd in die Verdichterkammer für den höheren Druck ausstößt. Aufgrund des nur zweistufigen Verdichtungsprozesses lassen sich jedoch keine sehr hohen Drucke erreichen.

Bei einem weiteren bekannten hydraulischen Gasverdichter nach der EP 0 064 177 B1 benötigt dieser für die Verwirklichung mindestens dreier Verdichtungsstufen zwei Gehäuse mit jeweils in Längsrichtung in drei Bereiche unterteilte Verdichtungseinheiten, und zwar einen durch einen hydraulisch betriebenen Kolben in zwei Kammern geteilten zentralen Bereich sowie zwei seitliche Gasverdichtungsbereiche, jeweils an den Seiten des zentralen Bereiches gelegen, die jeweils einen durch den genannten Hydraulikkolben gesteuerten Kolben aufweisen. Dabei enthält die erste Verdichtungseinheit sowohl die erste als auch die dritte Verdichtungsstufe und die zweite Verdichtungseinheit beinhaltet zumindest die zweite Verdichtungsstufe. Für einen dreistufigen Gasverdichtungsprozeß, der für das Erreichen hoher Drucke notwendig ist, sind also zwei Gehäuse und insgesamt fünf räumlich voneinander getrennte Kolben notwendig, die seitens ihrer Dichtungen einem Verschleiß unterliegen und die Funktionssicherheit beeinträchtigen.

Durch die US-A-4 345 880 ist ein gattungsgleicher Gasverdichter bekannt mit einem mittels eines Antriebes bewegbaren abgestuften Kolben, der einen vierstufigen Verdichtungsprozeß ermöglicht. Als Trennelement, längs dessen der Kolben verfahrbar im Gehäuse geführt ist, dient ein sich bewegender hydraulischer Ar-

beitszylinder, der einen Arbeitskolben aufweist, der den Hydraulikzylinder in zwei Fluidkammern veränderlichen Volumens unterteilt, die zum Bewegen des Trennelementes von zwei voneinander getrennten Zuführungen wechselweise mit einem Fluiddruck beaufschlagbar sind. Der bewegbare Gehäuseteil des als Hydrozylinder ausgebildeten Trennelementes ist für den Antrieb des Verdichtungskolbens fest mit diesem verbunden, der mit einer zylinderförmig geschlossenen Mantelfläche unter Beibehalten eines Abstandes das Trennelement umgibt. Aufgrund dieser Ausgestaltung baut der bekannte Gasverdichter insbesondere in Querrichtung groß auf und aufgrund der Teilevielfalt, die durch die bewegbaren Komponenten auch einem Verschleiß unterliegen, ist die Funktionssicherheit beeinträchtigt und ein erhöhter Wartungsaufwand gegeben.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Verdichten von Gas zu schaffen, die ausgesprochen klein aufbauend ist und mit der dennoch hohe Verdichtungswerte erreichbar sind sowie bei geringem Montage- und Wartungsaufwand funktionssicher im Betrieb ist. Eine dahingehende Aufgabe löst eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1.

Dadurch, daß erfindungsgemäß für einen dreistufigen Verdichtungszyklus die beiden Fluidkammern für den Kolbenantrieb von dem Kolben und dem Trennelement begrenzt sind und das Trennelement in der Vorrichtung stillstehend angeordnet ist, ist eine Druckerhöhung des Gases bei ausgesprochen klein aufbauender Vorrichtung von sehr kleinen auf sehr hohe Werte ohne weiteres möglich, beispielsweise von 5 bar auf 400 bar. Aufgrund des stillstehenden Trennelementes ist darüber hinaus der erfindungsgemäße Gasverdichter mit wenig bewegbaren Bauteilen versehen, die einem Verschleiß unterliegen können, was neben einem funktionssicheren Betrieb niedrige Herstell- und Wartungskosten mit sich bringt.

Das stationär oder stillstehend angeordnete Trennelement, das man auch als sog. "Stator" der Vorrichtung ansehen könnte, erlaubt mithin unmittelbar die Fluidzuführung über sein Inneres, so daß die längs des Außenumfanges des Trennelementes stattfindende Bewegung des Kolbens, den man auch als Flugkolben bezeichnen könnte, keinesfalls behindert ist. Als Fluid kommt vorzugsweise Drucköl zum Einsatz; es könnte jedoch auch ein pneumatischer Antrieb für besondere Anwendungen des Verdichters gleichwirkend an die Stelle des Fluidantriebes treten.

Mit der angesprochenen, innenliegenden hydraulischen Ansteuerung des Kolbens ist eine Art doppeltwirkender Zylinder aufgebaut, wobei der Stator die Funktion der Kolbenstange und der Flugkolben die Funktion des sonst üblicherweise feststehenden Zylindergehäuses übernehmen. Hiermit entsteht eine zu einem sonstigen bekannten Zylinder "inverse" Arbeitsweise mit dem Vorteil, daß Stator und Flugkolben nicht gegeneinander zu führen sind, sondern vielmehr nur der Flugkol-

ben gegen das Gehäuse geführt ist. Somit werden die für die Führung notwendigen und grundsätzlich problematischen Abdichtstellen reduziert. Ferner wirken auf den Stator keine Reaktionskräfte ein und die bei den Zylindern üblicher Art oft benutzten Zuganker entfallen. Der Flugkolben selbst wird bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung nur auf Zug beansprucht, so daß alle konstruktiven Maßnahmen gegen die sonst üblicherweise auftretende Knickbeanspruchung des Kolbens bei Zylindern entfallen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung weisen für die Reihenschaltung der Trennkammern diese jeweils mindestens ein Ein- und ein Auslaßventil auf, wobei das jeweilige Einlaßventil einer in der Reihe nachfolgenden Trennkammer über eine Verbindungsleitung mit dem ihm zugeordneten Auslaßventil der vorangegangenen Trennkammer verbunden ist. Auf diese Art und Weise läßt sich mit nur sechs Ventilen der dreistufige Verdichtungs- vorgang realisieren, was der Betriebssicherheit der Vorrichtung zugute kommt.

Vorzugsweise sind die Einlaß- und Auslaßventile aus gegenläufig arbeitenden Rückschlagventilen gebildet und paarweise für eine Verdichterstufe eingesetzt, wobei vorzugsweise sog. "Bernoulli-Ventile" zum Einsatz kommen können, wie sie in der deutschen Gebrauchsmusterschrift G 94 08 660.5 der Anmelderin beschrieben sind. Es hat sich gezeigt, daß diese dynamisch umsteuernden Rückschlagventile nahezu unempfindlich gegen Rückwirkungen aus Hochdruckleitungen sind, so daß ein störungssicherer Betrieb des Verdichters gewährleistet ist. Mit den angesprochenen "Bernoulli-Ventilen" können zum einen die Schadräume minimal gehalten werden und zum anderen werden keine externen Einrichtungen zum Ansteuern der Ventile benötigt, beispielsweise in Form einer Nockenwelle.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Innere des Kolbens über einen Druckentlastungskanal mit der Umgebung verbindbar, wobei ein vorzugsweise auf Umgebungsdruck gehaltener Entlastungsraum von dem Trennelement im Kolben und im Gehäuse begrenzt ist. Aufgrund dieser Druckentlastung zur Atmosphäre hin sind bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Öl- und die Gasseite zuverlässig voneinander getrennt. Eventuell austretendes Lecköl kann unmittelbar in den Tank rückgeführt werden, wobei wegen der vorgenommenen Druckentlastung der anstehende Gasdruck immer größer ist.

Bei einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist der bewegbare Kolben eine Verdrehsicherung auf, die mit einer die Lage des Kolbens anzeigenden Zeigereinrichtung versehen ist, die zum Umschalten der Bewegungsrichtung des Kolbens in seinen beiden Totpunktstellungen mit einer Umschalteneinrichtung mit Endlagenschaltern zusammenwirkt. Auf diese Weise werden drei Funktionen - Verdrehsicherung, Positionsanzeige des

Kolbens und Ansteuerung desselben - mit nur einer Baueinheit an zentraler Stelle der Vorrichtung verwirklicht, was wiederum deren geringer Baugröße zugute kommt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist mit fortschreitender Druckerhöhung die in der jeweiligen Trennkammer wirkende Kolbenfläche des Kolbens kleiner als die Kolbenfläche in der vorangegangenen Druckstufe ausgebildet. Die angesprochenen Flächenverhältnisse der Trenn- oder Druckkammern bestimmen neben dem Fluid- oder Öldruck des Antriebes den maximal erreichbaren Enddruck des Verdichters, wobei bei den gewählten abgestuften Flächenverhältnissen bei Erreichen eines vorgebbaren maximalen Enddruckwertes der Kolben einfach stehen bleibt, so daß eine Überlastung durch Druck- und Temperatureinfluß mit Sicherheit vermieden ist.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind, zumindest bei einem Teil der Verbindungsleitungen, an diese Wärmetauscher angeschlossen. Hierdurch kann die bei der Kompression des Verdichters entstehende Wärme abgeführt werden, was wiederum der Funktionssicherheit der Vorrichtung zugute kommt.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist über den Druckentlastungskanal in das Innere des Kolbens und/oder in den Entlastungsraum ein Kühlmittel zuführbar. Hierdurch läßt sich die beim Verdichtungs Vorgang im Bereich des Kolbens auftretende Wärme besser abführen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Gasaustrag stufenlos über eine Ansteuerung der in die Fluidkammern, vorzugsweise mittels einer Pumpe und/oder einer Drossel, zuführbaren Fluidmengen vorgebbar. Der Gasaustrag des Verdichters kann mithin unabhängig von den Druckverhältnissen stufenlos durch eine Regelung der Fluidfördermenge geregelt werden, wobei sich einmal eine Einstellung über die vorgebbare Fördermenge der Pumpe anbietet und zusätzlich oder alternativ eine Einstellung über eine regelbare Drossel erfolgt. Eine weitere Möglichkeit bietet eine bedarfsgesteuerte Verlängerung der Umschaltzeit an den beiden Totpunktstellungen des Kolbens, so daß auch bei niedrigem Durchsatz ein hoher Wirkungsgrad garantiert werden kann.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird vorzugsweise für eine Gasinnendruckanlage verwendet, bei der die zum Hochdruck verdichteten Gasmengen in einem Speicher bevorratet werden, von dem aus die für einen Spritzgußvorgang für die Form notwendigen Gasmen- gen abrufbar sind. Es hat sich gezeigt, daß mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung sich Gasinnendruckanlagen wirtschaftlicher betreiben lassen, als mit den bisher bekannten Kompressoren. Durch Abrufen der für einen Spritzgußvorgang notwendigen, hochverdichteten Gasmengen aus dem Speicher ist ein reibungsfreier Be-

trieb von Spritzgußmaschinen jedweder Art möglich.

Im folgenden ist die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig.1 einen Längsschnitt durch den Verdichter;
- Fig.2 einen um 90° gegenüber der Darstellung in Fig.1 versetzt dargestellten Längsschnitt durch den Verdichter;
- Fig.3 eine der Darstellung in Fig.1 entsprechende Ansicht des Verdichters;
- Fig.4 eine der Darstellung in Fig.2 entsprechende Ansicht des Verdichters;
- Fig.5 eine Ansicht des Verdichters in Richtung des Pfeiles X in Fig.1 gesehen;
- Fig.6 eine Ansicht des Verdichters in Richtung des Pfeiles Y in Fig.1 gesehen;
- Fig.7 einen Schnitt längs der Linie Z - Z in Fig.3;
- Fig.8,9 eine Darstellung eines Wärmetauschers, teilweise im Längsschnitt und in Ansicht bzw. eine Ansicht in Richtung des Pfeiles W in Fig.8 gesehen;
- Fig.10,11 eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Darstellung des Kolbens in seinen beiden Totpunktstellungen;
- Fig.12 verschiedene Volumen- und Druckverläufe, wie sie in den Kammern I bis V der Vorrichtung herrschen;
- Fig.13 die Darstellung eines Schaltbildes einer Gasinnendruckanlage, bei dem der erfindungsgemäße Verdichter Anwendung findet.

Die in Fig.1 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung weist ein als Ganzes mit 10 bezeichnetes, jedoch aus mehreren Teilen bestehendes Gehäuse auf. Gemäß der Darstellung in Fig.1 ist in der unteren Hälfte der Vorrichtung und innerhalb des Gehäuses 10 angeordnet ein Trennelement 12 vorhanden. Längs des Trennelementes 12 ist bewegbar ein Kolben 14 geführt, der für einen dreistufigen Verdichtungszyklus zwei Totpunktstellungen durchfährt und der für die Aufnahme des zu verdichtenden Gases, vorzugsweise in Form von Stickstoffgas, mit dem Gehäuse 10 drei in Reihe hintereinander geschaltete Trennkammern III, IV und V begrenzt, die die Verdichtungskammern des Verdichters bilden.

Für die Reihenschaltung der Trennkammern III, IV und V weisen diese drei Einlaßventile 16a,b,c sowie drei Auslaßventile 18a,b,c auf. Das Ventilpaar 16a,18a ist dabei Teil der ersten Saug- bzw. Druckstufe, wohingegen das Ventilpaar 16b,18b Teil der zweiten Saug- bzw. Druckstufe und das Ventilpaar 16c,18c Teil der dritten Saug- bzw. Druckstufe des Verdichters sind. Wie insbesondere die Fig.1 zeigt, ist das jeweilige Einlaßventil 16b,16c einer in der Reihe nachfolgenden Trennkammer IV, V über eine Verbindungsleitung 20, die in der Fig.1 nur schematisch dargestellt ist, mit dem ihm zugeordneten Auslaßventil 18a bzw. 18b der vorangegangenen Trennkammer III bzw. IV verbunden. Neben den beiden Verbindungsleitungen 20 ist eine an das Einlaßventil 16a angeschlossene Einlaßleitung 22 für Gas niederen Druckes und eine Auslaßleitung 24, die an das Auslaßventil 18c angeschlossen ist, vorhanden, über die das mittels des Verdichters hoch verdichtete Gas für seine weitere Verwendung weitergeleitet wird.

Für den Antrieb des Kolbens 14 weist das Trennelement 12 zwei voneinander getrennte Zuführungen 26a,b für das Fluid in Form von Hydrauliköl auf, die mit ihrem einen Ende 28a,b jeweils in eine Fluid- bzw. Ölkammer I,II veränderlichen Volumens münden, die mittels einer Abdichtung 30 voneinander getrennt und die von dem Kolben 14 und dem Trennelement 12 begrenzt sind. Die Abdichtung 30 ist durch einen am Trennelement 12 angeordneten Trennwulst gebildet, längs dessen Außenumfang in üblicher und daher nicht näher beschriebener Weise ein Dichtring verläuft.

Ein im Bereich der Unterseite des Verdichters angeordneter Entlastungsraum VI ist von dem Trennelement 12, dem Kolben 14 und dem Gehäuse 10 begrenzt. Dieser Entlastungsraum VI wird auf Umgebungsdruck gehalten, indem, wie dies insbesondere die Fig.7 zeigt, er über drei seitliche Ausnehmungen 32 mit der Umgebung in Verbindung steht, die von vier Längsstegen 34 des Gehäuses 10 seitlich begrenzt werden. Zwar sind über die Ausnehmungen 32 schalenartige Gehäusesegmente 36 gelegt, die mit den Längsstegen 34 fest verbunden sind, jedoch ist die derart hergestellte Abdeckung nicht druckdicht, mit der Folge, daß sich der Umgebungsdruck im Entlastungsraum VI einstellt. Ein weiterer Entlastungsraum VII ist durch das Innere des Kolbens 14 gebildet, der über einen Druckentlastungskanal 38 mit der Umgebung in Verbindung steht, so daß auch im Entlastungsraum VII sich der Umgebungsdruck einstellt. Wie dies insbesondere die Fig.6 zeigt, kann sich der angesprochene Druckentlastungskanal 38 an seinem zur Umgebung hinweisenden Ende auch in zwei Kanalabschnitte 38a,b aufteilen.

Wie insbesondere die Fig.2 bis 4 sowie 7 zeigen, weist der bewegbare Kolben 14 eine mit 40 bezeichnete Verdrehesicherung auf, die mit einer die Lage des Kolbens 14 anzeigenden Zeigereinrichtung 42 versehen ist, die zum Umschalten der Bewegungsrichtung des Kolbens 14 in seinen beiden Totpunktstellungen mit einer Umschalteneinrichtung (nicht dargestellt) mit zwei ein-

ander in Verfahrrichtung des Kolbens 14 gegenüberliegenden Endlagenschaltern 44 zusammenwirkt.

Wie insbesondere aus den Fig.1 und 2 hervorgeht, sind die einzelnen Kammern I bis VII des Verdichters jeweils durch übliche und daher nicht näher beschriebene Gleitdichtungen voneinander getrennt. Der Kolben 14 wird, um ein Verklemmen oder Kippen zu vermeiden, als einzig mit größerem Verfahrweg bewegtes Teil der Vorrichtung an zwei weit auseinanderliegenden Stellen durch Führungsbänder 46 geführt. So ist einmal für den Kolben 14 zwischen den Kammern III und IV eine Führung unmittelbar gegen das Gehäuse 10 vorgesehen, wohingegen die zweite Führung des Kolbens 14 längs des zylindrischen Außenumfanges des Trennelementes 12 erfolgt. Eine weitere dritte oder Mittenföhrung ist zwischen der Abdichtung 30 des Trennelementes 12 und den die Räume I und II bildenden Innenumfang des Kolbens 14 gegeben. Besonders wichtig bei der Herstellung ist demgemäß, zwei Toleranzen für die Führungsqualität zu beachten, nämlich zum einen die Konzentrität zwischen Lauffläche des Kolbens 14 und der Öldruckkammer II und zum anderen das Fluchten der Gehäuselängsachse mit der Längsachse des Trennelementes 12. Durch die feste Einbaulage des Trennelementes 12 über eine Endkappe 48 kann die fluchtende Lage mit Hilfe einer mit 50 bezeichneten sog. "Stuewe-Reibschlußverbindung" (Schrumpfscheibe HSD 50) genau eingestellt werden.

Gegenüber der das Fußteil des Gehäuses 10 bildenden Endkappe 48 ist als weiteres Gehäuseteil ein Kopfteil 52 vorhanden, auf den die Aufnahmen 54 mit den Rückschlagventilen 16c und 18c aufgesetzt sind. Die Aufnahmen 54 für die Rückschlagventile sind standardisierte Bauteile und werden, wie dies insbesondere die Fig.3 zeigt, für alle Rückschlagventile 16,18 zum Einsatz gebracht. Das Kopfteil 52 weist eine Mittenbohrung 56 auf, in die der Kolben 14 mit einer zylindrischen Verlängerung 58 eingreift, die wiederum von einer mittig angeordneten Sackbohrung 60 durchgriffen ist. Die Länge der Verlängerung 58 ist derart bemessen, daß auch in der untersten Verfahrstellung des Kolbens 14 die Verlängerung 58 noch in die Zylinder- oder Mittelbohrung 56 eingreift.

Die erste wirksame Kolbenfläche 62 ist durch die in der Fig.1 oben dargestellte Stirnseite des Kolbens 14 gebildet, die seitlich von dem Außenumfang des Kolbens 14 im Bereich der Führungsbänder 46 und dem Außenumfang der zylindrischen Verlängerung 58 begrenzt ist. Die zweite wirksame Kolbenfläche 64 ist unterhalb des oberen Führungsbandes 46 absatzartig im Kolben 14 angeordnet und ist radial von dem Außenumfang des Kolbens 14 sowie dem Innenumfang des Gehäuses 10 im Bereich der Kammer IV begrenzt. Die dritte Kolbenfläche 66 ist durch die Spitze der Verlängerung 58 gebildet und radial vom Außenumfang der Verlängerung 58 begrenzt. Die bei der Verdichtung mit fortschreitender Druckerhöhung in der jeweiligen Trennkammer III, IV, V wirkende Kolbenfläche 62,64,66 des Kolbens

14 ist kleiner ausgebildet als die Kolbenfläche in der jeweils vorangegangenen Druckstufe. Die erste Kolbenfläche 62 ist also größer ausgebildet als die zweite 64 und diese wiederum größer als die dritte Kolbenfläche 66.

Der Teil des Gehäuses 10, der die Trennkammern III und IV begrenzt und der endseitig jeweils ein Paar an Aufnahmen 54 mit Ventilen 16a,18a und 16b,18b aufweist, ist endseitig über entsprechende Dichtungen druckdicht gegenüber der Umgebung abgeschlossen, was, wie bereits beschrieben, für den in der Fig.1 unten dargestellten Gehäuseteil mit den seitlichen Ausnehmungen 32 nicht der Fall ist. Über den Druckentlastungskanal 38 des Trennelementes 12 ist in das Innere VII des Kolbens 14 und gegebenenfalls in den weiteren Entlastungsraum VI ein Kühlmittel (nicht dargestellt) zuföhrbar. Durch die beschriebenen druckentlasteten Räume VI und VII ist die Öl- und Gasseite des Verdichters sicher getrennt. Zugleich wird durch die Kammer VII eine minimal bewegte Masse des Kolbens 14 erreicht, womit die sonst üblichen Probleme durch die großen Tröghheitskräfte der bewegten Massen bei bekannten Verdichtern vermieden sind. Durch das Einbringen eines Kühlm mediums über die Entlastungsbohrung 38 kann das Kühlm medium direkt an der thermisch besonders druckbelasteten Innenseite des Kolbens 14 wirken. Um einen optimalen Wirkungsgrad des Verdichters zu erreichen, sind die Verdichtungsverhältnisse, die Schrädräume und die Wirkungsgrade der einzelnen Stufen entsprechend ausgelegt.

Wie dies insbesondere die Fig.2 zeigt, ist es vorgesehen, auf die im Betrieb des Verdichters bewegte Zeigereinrichtung 42 eine durchsichtige Kappe 68 aufzusetzen, die mit dem Außenumfang des Gehäuses 10 fest verbunden ist. Durch Wechseln der Druckbeaufschlagung und Druckentlastung über die Zuföhrungen 26a,b werden die Fluidkammern II bzw. I abwechselnd mit Hydrauliköl befüllt bzw. wieder entleert, so daß der Kolben 14 in axialer Richtung hin und her bewegt wird. Hierbei kommt die Zeigereinrichtung der Verdrehsicherung 40 in den beiden Totpunktstellungen des Zylinders 14 abwechselnd in die Nähe oder in Beröhrung mit dem oberen und unteren Endlagenschalter 44, die dann geschaltet als Teil der Umschalt einrichtung (nicht dargestellt) den Umsteuervorgang der Hydraulikzuföhr bzw. -abfuhr aus den Fluidkammern I,II ansteuern. Wie insbesondere die Fig.7 zeigt, besteht die Zeigereinrichtung 42 aus zwei kragenartigen Halsteilen, welche mittels einer Schraubverbindung und einem Schwalbenschwanzschloß auf den Außenumfang des Kolbens 14 festgeklemmt werden. Die Kolbenföhrung erfolgt über die Zeigereinrichtung 42, welche durch zwei PTFE-Scheiben in einer der vier Längsöfnungen 32 geföhrt werden. Hierdurch ist eine radiale Bewegung des Kolbens sicher vermieden.

In die Verbindungsleitungen 20 kann jeweils ein Wärmetauscher 72 geschaltet werden, der als Kühleinrichtung dient und der die beim Verdichtungs Vorgang

auftretende Wärme des Gases diesem entzieht. Der hierfür zum Einsatz kommende Wärmetauscher nach den Fig. 8 und 9 weist Anschlußstellen 74a, b auf, die an die jeweilige Verbindungsleitung 20 angeschlossen werden und die dem Ein- bzw. Ausleiten des Gases in den bzw. aus dem Wärmetauscher 72 dienen. Wie insbesondere die Fig. 8 zeigt, wird das Gas über eine Wendel 76 innerhalb des Wärmetauschers 72 geführt und im Gegenstrom mittels Wasser gekühlt, das über die Anschlüsse 78 in den und aus dem Wärmetauscher 72 gelangt. Dahingehende Wärmetauscher sind der Fachwelt hinreichend bekannt, so daß hierauf nicht mehr näher eingegangen wird. Das mittels des Wärmetauschers 72 gekühlte Gas wird dann für einen weiteren Komprimierungsvorgang über die jeweilige Verbindungsleitung 20 erneut dem Verdichter zur Verfügung gestellt. Im Kopfteil 52 sowie im mittleren Abschnitt des Gehäuses 10 der die Trennräume III und IV umfaßt, sind Meßanschlüsse 79 vorgesehen (Fig. 2), in die Druckindikatoren zur Überwachung der Vorrichtung eingesetzt werden können. Solche Meßindikatoren können auch an anderer Stelle der Vorrichtung, sofern notwendig, entsprechend eingesetzt werden.

Im folgenden wird die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand der Fig. 10 bis 12 näher erläutert, wobei der besseren Darstellung und Übersichtlichkeit wegen die Fig. 10 und 11 die Vorrichtung nur in prinzipieller Darstellung zeigen. Die zu der prinzipiellen Darstellung gemachten Ausführungen gelten jedoch ebenso für den Verdichter nach den Fig. 1 bis 9. In der Fig. 12 sind die Volumen- und Druckverhältnisse für die Kammern I bis V wiedergegeben, wobei die Verhältnisse auf der in der Fig. 12 gesehen linken Bildhälfte zwischen den beiden senkrecht angeordneten Strichlinien den Umschaltvorgang des Kolbens 14 von seiner unteren in der Fig. 11 dargestellten Totpunktstellung in die obere Totpunktstellung nach der Fig. 10 betreffen und in die Fig. 12 rechts davon angeordneten Kurvenverläufe bis zum nächsten senkrechten Strichlinienverlauf den Umschaltvorgang von einer Darstellung nach der Fig. 10 in die Fig. 11 betreffen. Die gesamte Darstellung der Fig. 12 zwischen den beiden äußersten einander abgewandten senkrechten Strichlinien betreffen also das Durchlaufen des Kolbens 10 zwischen zwei aufeinander folgenden Totpunktstellungen und bilden einen dreistufigen Verdichtungszyklus. Nach Ablauf dieses Zyklusses beginnt ein neuer Vorgang, was in der Fig. 12 andeutungsweise auf der rechten Bildhälfte randseitig dargestellt ist.

Durch Druckbeaufschlagung über die Zuführleitung 26b mit Hydrauliköl wird die Fluidkammer I befüllt und der Kolben 14 fährt von seiner in der Fig. 11 dargestellten linken Totpunkt- oder Endstellung in seine in der Fig. 10 gezeigte rechte Endstellung. Der damit einhergehende Druckverlauf in der Fluidkammer I ist in Fig. 12 dargestellt. Mit dem Bewegen des Kolbens 14 in seine rechte Endstellung wird über die Saugleitung 22 und das Rückschlagventil 16a Gas, beispielsweise Stickstoffgas, aus einem Behälter mit einem Druck von 5 bar in die Nie-

derdruckkammer III gesaugt.

Bei dieser Verfahrbewegung des Kolbens 14 geht sowohl das Volumen als auch der Druck in der Fluidkammer II auf Null zurück und das in der Kammer II befindliche Fluid wird über die Zuführleitung 26a abgeführt. Ferner wird das in der Mitteldruckkammer IV befindliche Gas über das Auslaßventil 18b und das Einlaßventil 16c in die Hochdruckkammer V gebracht. Hierbei ergibt sich in der Kammer IV der in der Fig. 12 links gezeigte Verdichtungs Vorgang und für die Kammer V ein Ansaugen des Gases. Beim anschließenden Umschalten mittels den Endlagenschaltern 44 der Umschaltvorrichtung bewegt sich der Kolben 14 von seiner in der Fig. 10 dargestellten Stellung erneut in seine frühere obere Totpunktstellung gemäß der Darstellung in Fig. 11 zurück. Diese Verfahrbewegung wird dadurch erreicht, daß über die Zuführleitung 26a Fluid in die Kammer II gepumpt wird, wohingegen die Kammer I über die Zuführleitung 26b drucklos gehalten ist.

Bei dieser erneuten Verfahrbewegung kommt es zu einem Verdichtungs Vorgang des Gases in der Kammer III, welches über das Auslaßventil 18a, die Verbindungsleitung 20 und das Einlaßventil 16b in die Mitteldruckkammer IV gepreßt wird. Es kommt also zu einem Ansaugvorgang in der Kammer IV gemäß der Darstellung auf der rechten Bildhälfte der Fig. 12. Ferner kommt es zu einem Verdichtungs Vorgang in der Hochdruckkammer V, so daß in der zweiten Phase nach dem Umschalten die auf den gewünschten Enddruck verdichtete Gasmenge über das Auslaßventil 18c und die Leitung 24 aus dem Verdichter abgeführt wird. Das abgeführte Gas kann dann ohne weiteres auf 400 bar hochverdichtet sein. Neben Stickstoffgas ist der Verdichter auch für die Komprimierung von Luft geeignet. Nach Ablauf des dreistufigen Verdichtungs- und Saugvorganges beginnt ein neuer Zyklus wie eben beschrieben, d. h. der Kolben 14 verfährt erneut von seiner in der Fig. 11 dargestellten Stellung in eine nach der Fig. 10. Da die Räume VI und VII vorzugsweise drucklos gehalten sind, mithin dort also die Druckwerte konstant sind, wurde davon abgesehen, deren Druckverlauf in der Darstellung nach der Fig. 12 wiederzugeben. In den Zuführungen 38a, b können zur Erleichterung des Umschaltvorganges gegenläufig arbeitende Rückschlagventile (nicht dargestellt) eingesetzt sein.

Im folgenden wird anhand der Fig. 13 die Verwendung der Vorrichtung nach den Fig. 1 bis 12 für eine Gasinnendruckanlage aufgezeigt, wobei die an sich bekannte Gasinnendruckanlage nur insoweit beschrieben wird als sie zur Erläuterung der Erfindung notwendig ist. Der Gasaustrag des Verdichters ist stufenlos über eine Ansteuerung der in die Fluidkammern I, II zuführbaren Fluidmengen vorgebar. Hierzu kann man eine stufenlos einstellbare Hydraulikpumpe 80 und/oder eine einstellbare Drossel 82 zum Einsatz bringen. Der Enddruck auf der Gasseite des Verdichters hängt dabei nur vom Eingangsdruck und dem Verhältnis der Verdichterkammern III bis V ab, wobei sich der Enddruck mit Hilfe des

Eingangsdruks regeln läßt. Die Umschaltung der Fluidkammern I bis II wird über ein 4/3-Wegeventil 84 vorgenommen, das über die Endlagenschalter 44 der Umschalteinrichtung (nicht dargestellt) entsprechend angesteuert wird.

Die zum Hochdruck verdichteten Gasmengen werden über die Anschlußleitung 24, die über ein Rückschlagventil 86 bekannter Bauart abgesichert ist, an einen Speicher 88 abgegeben, beispielsweise in Form eines Hydrospeichers. Das Gas wird dort bevorratet und die für einen Spritzgußvorgang für die Form 90 notwendigen Gasmengen sind dann abrufbar. Mit der in der Fig. 13 dargestellten Gasinnendruckanlage läßt sich also ein kontinuierlicher Gaseintrag in eine Spritzgußform über einen Hydrospeicher 88 erreichen, wobei der Verdichter über die Zuführleitung 22 aus Stickstoffvorratsbehältern 92 mit Gas zum Laden der Kammer III versorgt wird. Da der erfindungsgemäße Verdichter klein aufbaut und im übrigen kostengünstig herstellbar ist, läßt er sich in besonders vorteilhafter Weise für Gasinnendruckanlagen jedweder Art einsetzen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verdichten von Gas, mit einem Gehäuse (10), in dem ein Trennelement (12) angeordnet ist, längs dessen ein mittels eines Antriebes bewegbarer Kolben (14) geführt ist, der zwei Totpunktstellungen durchfährt, wobei für einen dreistufigen Verdichtungszyklus der Kolben (14) für die Aufnahme des zu verdichtenden Gases mit dem Gehäuse (10) drei in Reihe hintereinander geschaltete Trennkammern (III, IV, V) begrenzt und wobei für den Antrieb des Kolbens (14) das Trennelement (12) zwei voneinander getrennte Zuführungen (26a,b) für Fluid aufweist, die mit ihrem einen Ende (28a,b) jeweils in eine Fluidkammer (I, II) veränderlichen Volumens münden, die mittels einer Abdichtung (30) voneinander getrennt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Fluidkammern (I,II) von dem Kolben (14) und dem Trennelement (12) begrenzt sind und daß das Trennelement (12) in der Vorrichtung stillstehend angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die Reihenschaltung der Trennkammern (III, IV, V) diese jeweils mindestens ein Ein(16a,b,c)- und ein Auslaßventil (18a,b,c) aufweisen und daß das jeweilige Einlaßventil (16b,c) einer in der Reihe nachfolgenden Trennkammer (IV, V) über eine Verbindungsleitung (20) mit dem ihm zugeordneten Auslaßventil (18a,b) der vorangegangenen Trennkammer (III, IV) verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Innere (VII) des Kolbens (14) über einen Druckentlastungskanal (38) mit der

Umgebung verbindbar ist und daß ein vorzugsweise auf Umgebungsdruck gehaltener Entlastungsraum (VI) von dem Trennelement (12), dem Kolben (14) und dem Gehäuse (10) begrenzt ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der bewegbare Kolben (14) eine Verdrehsicherung (40) aufweist, die mit einer die Lage des Kolbens (14) anzeigenden Zeigereinrichtung (42) versehen ist, die zum Umschalten der Bewegungsrichtung des Kolbens (14) in seinen beiden Totpunktstellungen mit einer Umschalteinrichtung mit Endlagenschaltern (44) zusammenwirkt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mit fortschreitender Druckerhöhung die in der jeweiligen Trennkammer (III,IV,V) wirkende Kolbenfläche (62,64,66) des Kolbens (14) kleiner als die Kolbenfläche in der vorangegangenen Druckstufe ausgebildet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest bei einem Teil der Verbindungsleitungen an diese Wärmetauscher (72) angeschlossen sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß über den Druckentlastungskanal (38) des Trennelementes (12) in das Innere (VII) des Kolbens (14) und/oder in den Entlastungsraum (VI) ein Kühlmittel zuführbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasaustrag stufenlos über eine Ansteuerung der in die Fluidkammern (I,II), vorzugsweise mittels einer Pumpe (80) und/oder einer Drossel (82), zuführbaren Fluidmengen vorgebar ist.
9. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 für eine Gasinnendruckanlage, bei der die zum Hochdruck verdichteten Gasmengen in einem Speicher (88) bevorratet werden, von dem aus die für einen Spritzgußvorgang für die Form (90) notwendigen Gasmengen abrufbar sind.

Claims

1. Apparatus for compressing gas, with a housing (10), in which a separating member (12) is located, along which is guided a piston (14) able to be moved by means of a drive, which piston travels through two dead centre positions, whereby for a three-stage compression cycle the piston (14) for receiving the gas to be compressed defines with the housing (10) three separating chambers (III, IV, V) con-

nected in series one behind the other and whereby for the drive of the piston (14) the separating member (12) comprises two separate feeds (26a, b) for fluid, which by their one end (28a, b) open respectively into a fluid chamber (I, II) of variable volume, which are separated from each other by means of a gasket (30), characterised in that the two fluid chambers (I, II) are defined by the piston (14) and the separating member (12) and that the separating member (12) is arranged to be stationary in the apparatus.

2. Apparatus according to Claim 1, characterised in that for the series connection of the separating chambers (III, IV, V) the latter each comprise at least one inlet valve (16a, b, c) and one outlet valve (18a, b, c) and that the respective inlet valve (16b, c) of a successive separating chamber (IV, V) is connected by way of a connecting line (20) to the associated outlet valve (18a, b) of the preceding separating chamber (III, IV).

3. Apparatus according to Claim 1 or 2, characterised in that the inside (VII) of the piston (14) can be connected to the atmosphere by way of a pressure relief channel (38) and that a relief chamber (VI) preferably kept at atmospheric pressure is defined by the separating member (12), the piston (14) and the housing (10).

4. Apparatus according to one of Claims 1 to 3, characterised in that the movable piston (14) comprises means for preventing torsion (40), which are provided with an indicator device (42) indicating the position of the piston (14), which device (42) for reversing the direction of movement of the piston (14) at its two dead centre positions, cooperates with a reversing device with limit switches (44).

5. Device according to one of Claims 1 to 4, characterised in that with a progressive pressure increase, the piston surface (62, 64, 66) of the piston (14) operating in the respective separating chamber (III, IV, V) is constructed to be smaller than the piston surface in the preceding pressure stage.

6. Apparatus according to one of Claims 2 to 5, characterised in that at least part of the connecting lines are connected to this heat exchanger (72).

7. Apparatus according to one of Claims 4 to 6, characterised in that a coolant may be supplied by way of the pressure relief channel (38) of the separating member (12) to the inside (VII) of the piston (14) and/or to the relief chamber (VI).

8. Apparatus according to one of Claims 3 to 7, characterised in that the gas discharge can be predeter-

mined continuously by way of a control of the quantities of fluid to be supplied to the fluid chambers (I, II), preferably by means of a pump (80) and/or a restrictor (82).

9. Use of the apparatus according to one of Claims 1 to 8 for a gas internal pressure system, in which the quantities of gas compressed to high pressure are stored in a reservoir (88), from which the quantities of gas necessary for an injection moulding process for the mould (90) can be supplied.

Revendications

1. Dispositif pour la compression de gaz, équipé d'un carter dans lequel est disposé un élément de séparation (12), le long duquel est guidé un piston (14) mobile au moyen d'un entraînement et qui passe par deux positions de point mort, le piston (14) pour la réception du gaz à comprimer avec le carter (10) délimitant trois chambres de séparation (III, IV, V) montées en série pour un cycle de compression à trois étages et l'élément de séparation (12) présentant deux arrivées (26a, b) séparées l'une de l'autre pour le fluide pour l'entraînement du piston (14), qui débouchent chacune par l'une de leurs extrémités (28a, b) dans une chambre à fluide (I, II) de volume variable, chambres qui sont séparées l'une de l'autre par une étanchéité (30), caractérisé en ce que les deux chambres à fluide (I, II) sont délimitées par le piston (14) et l'élément de séparation (12) pour un cycle de compression à trois étages et en ce que l'élément de séparation (12) est disposé de façon fixe dans le dispositif.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour le montage en série des chambres de séparation (III, IV, V), celles-ci présentent respectivement au moins une soupape d'entrée (16a, b, c) et une soupape de sortie (18 a, b, c) et en ce que la soupape d'entrée (16b, c) respective d'une chambre de séparation (IV, V) consécutive dans l'ordre est reliée par une conduite de connexion (20) à la soupape de sortie (18a, b), qui lui est attribuée, de la chambre de séparation (III, IV) précédente.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'intérieur (VII) du piston (14) peut être relié par un canal de décharge de pression (38) à l'environnement et en ce qu'un espace de décharge (VI) maintenu de préférence à la pression ambiante est délimité par l'élément de séparation (12), le piston (14) et le carter (10).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le piston (14) mobile présente une sécurité anti-torsion (40) pourvue

d'un système à aiguille (42) indiquant l'emplacement du piston (14) qui, pour l'inversion du sens de déplacement du piston (14) dans ses deux positions de point mort, agit conjointement avec un système inverseur avec des fins de course (44).

5

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, avec l'augmentation de pression progressive, la surface de piston (62, 64, 66), agissant dans la chambre de séparation (III, IV, V) respective, du piston (14) est conçue avec une dimension inférieure à la surface de piston à l'étage de pression précédent. 10
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que, au moins pour une partie des conduites de connexion, des échangeurs de chaleur (72) sont raccordés à celles-ci. 15
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce qu'un agent réfrigérant peut être amené par un canal de décharge de pression (38) de l'élément de pression (12) à l'intérieur (VII) du piston (14) et/ou dans l'espace de décharge (VI). 20
25
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisé en ce que l'entraînement de gaz peut être prédéfini progressivement par une commande des quantités de fluide qui peuvent être amenées dans les chambres à fluide (I, II), de préférence au moyen d'une pompe (80) et/ou d'un système étrangleur (82). 30
9. Utilisation du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour une installation à pression de gaz interne, sur laquelle les quantités de gaz comprimées jusqu'à la haute pression sont stockées dans un accumulateur (88) à partir duquel on peut appeler les quantités de gaz nécessaires pour une opération de moulage par injection pour le moule (90). 35
40

45

50

55

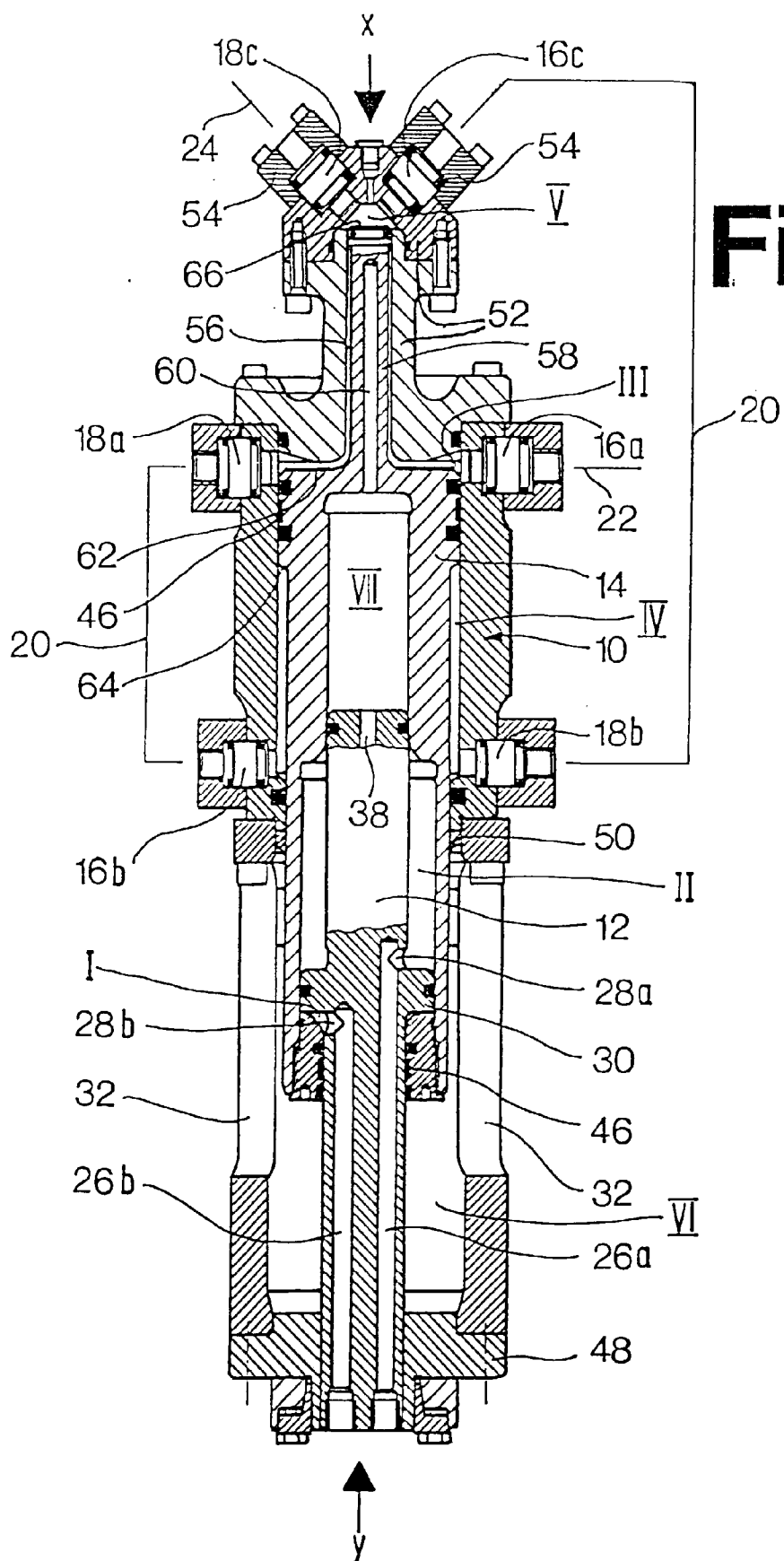


Fig.1

Fig.2

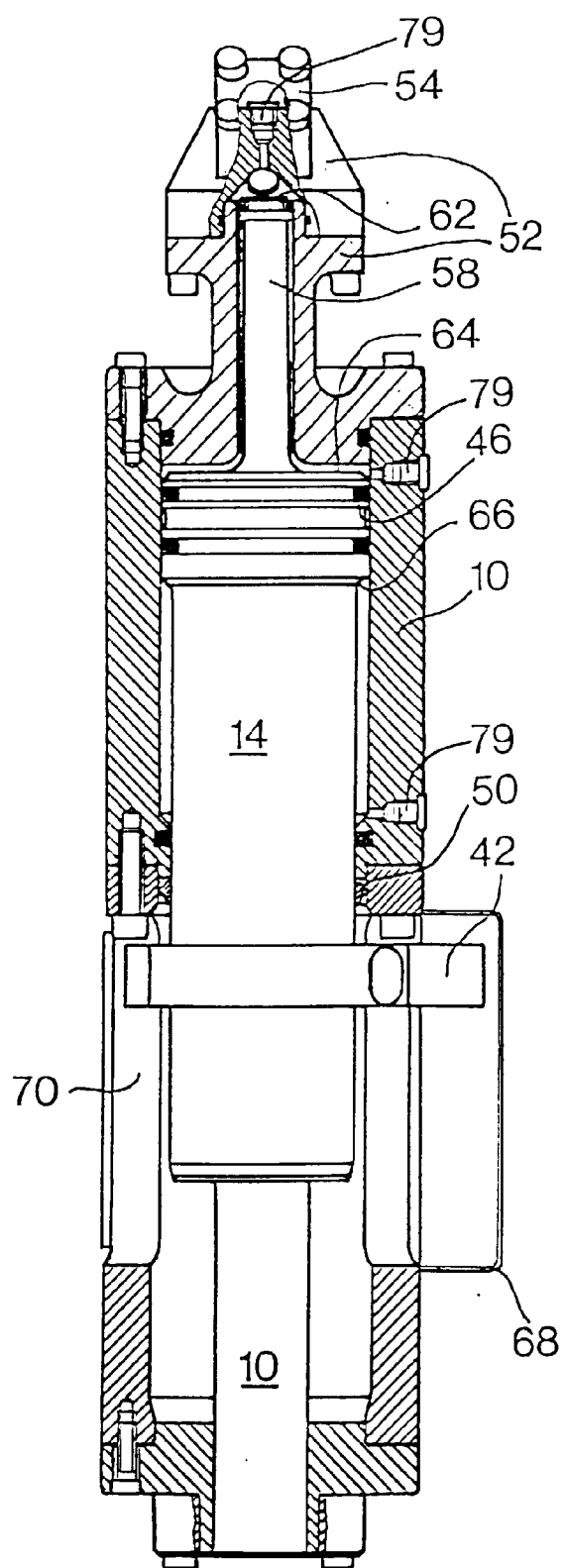
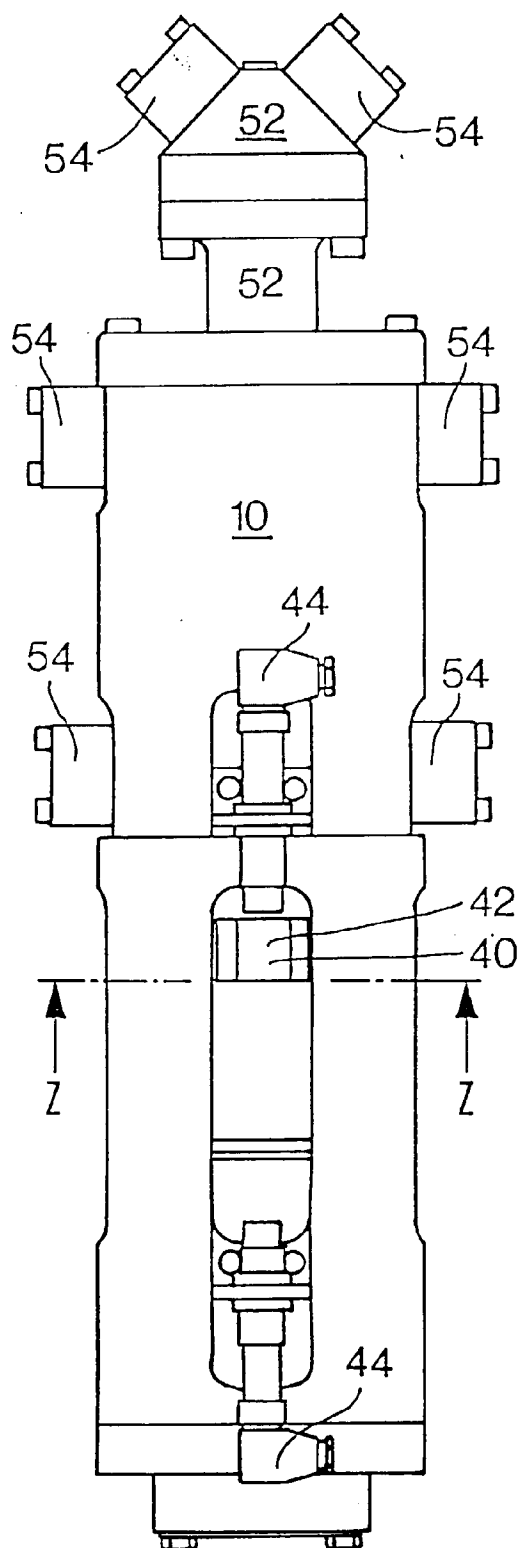
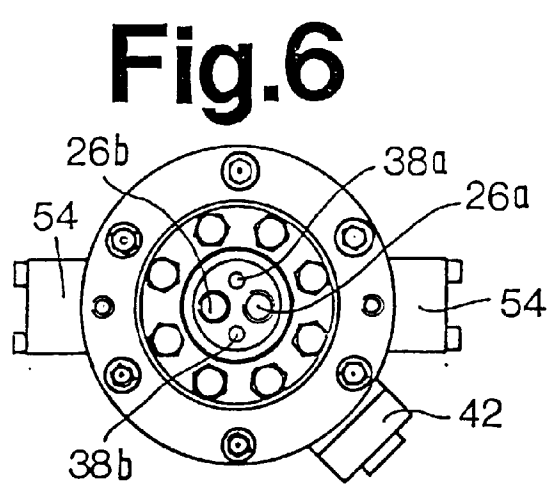
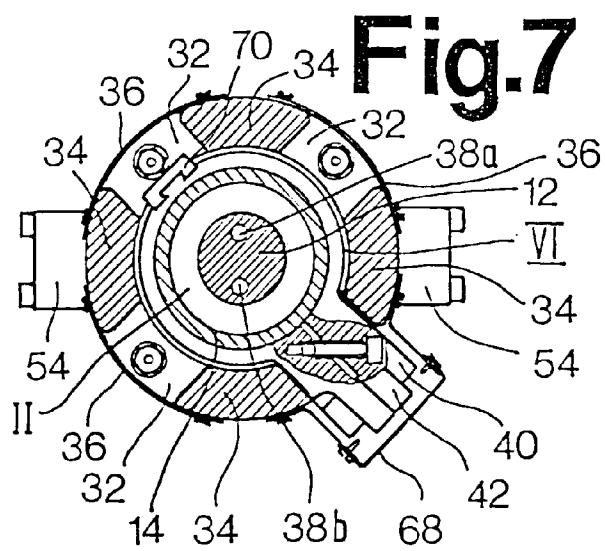
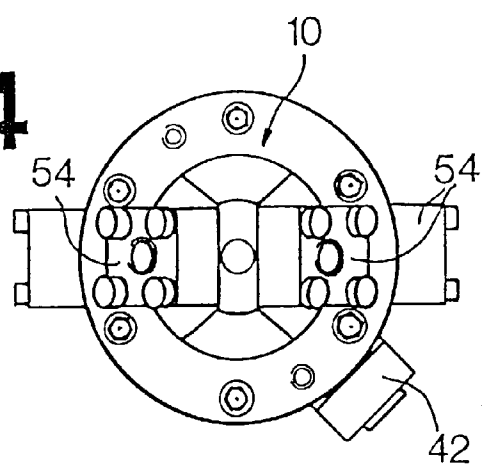
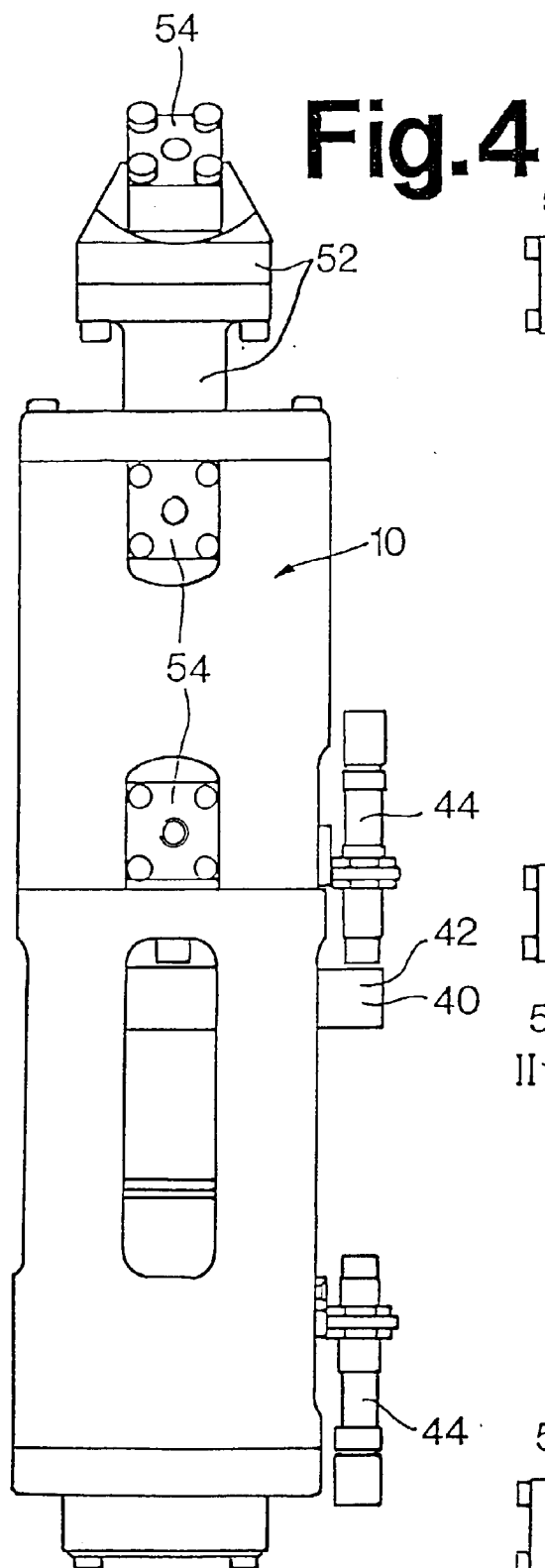
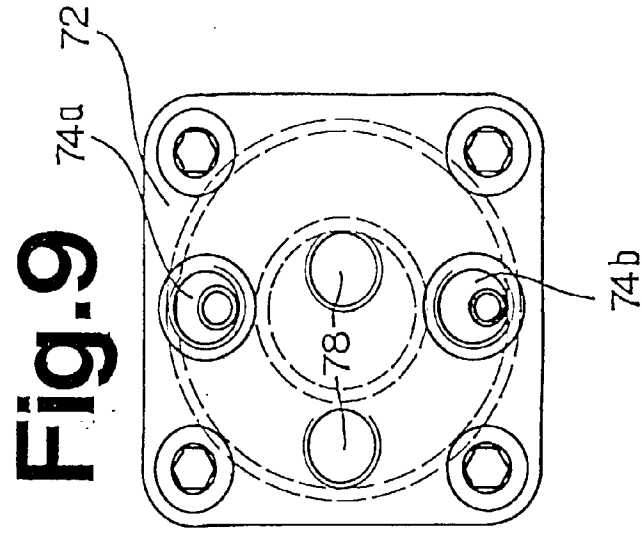
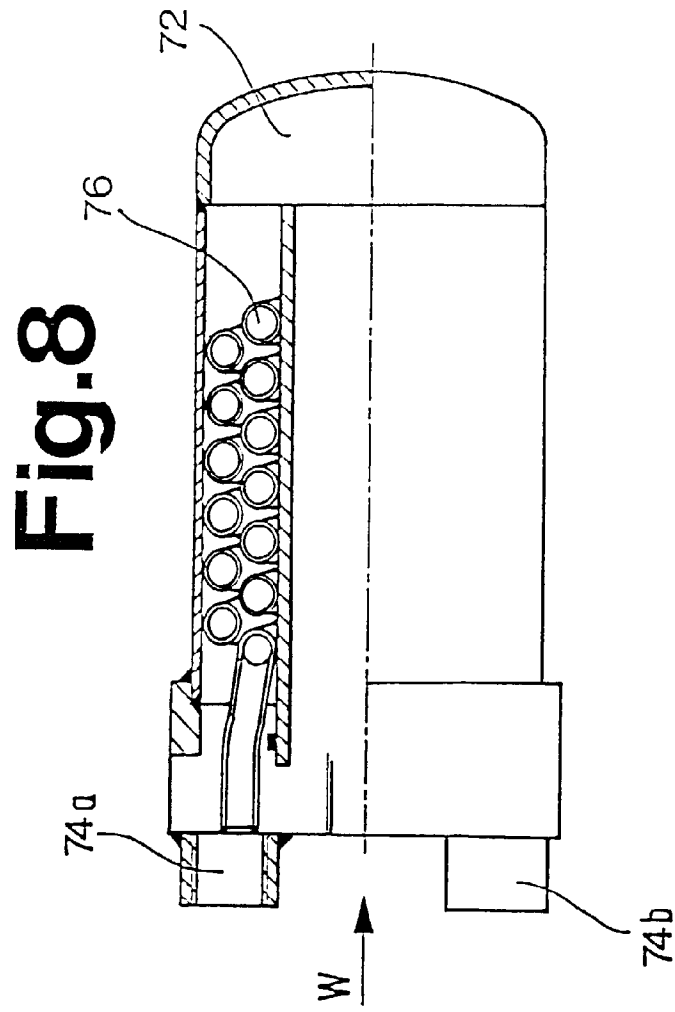


Fig.3







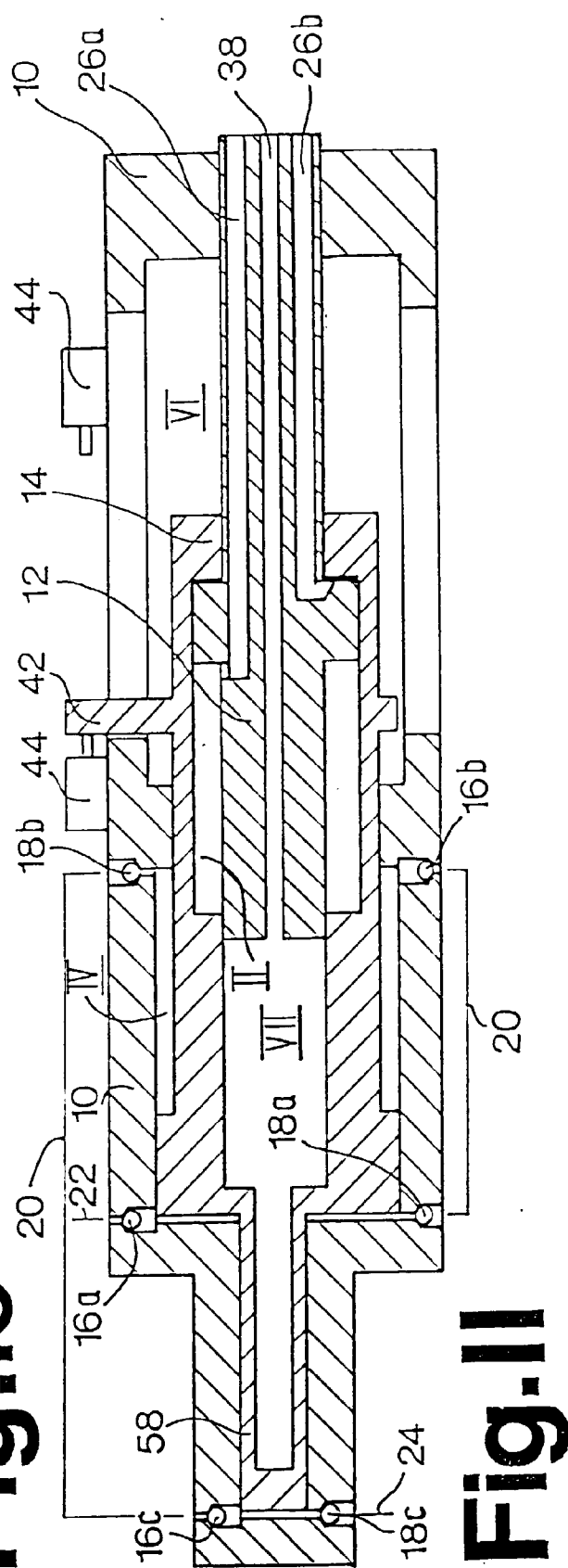
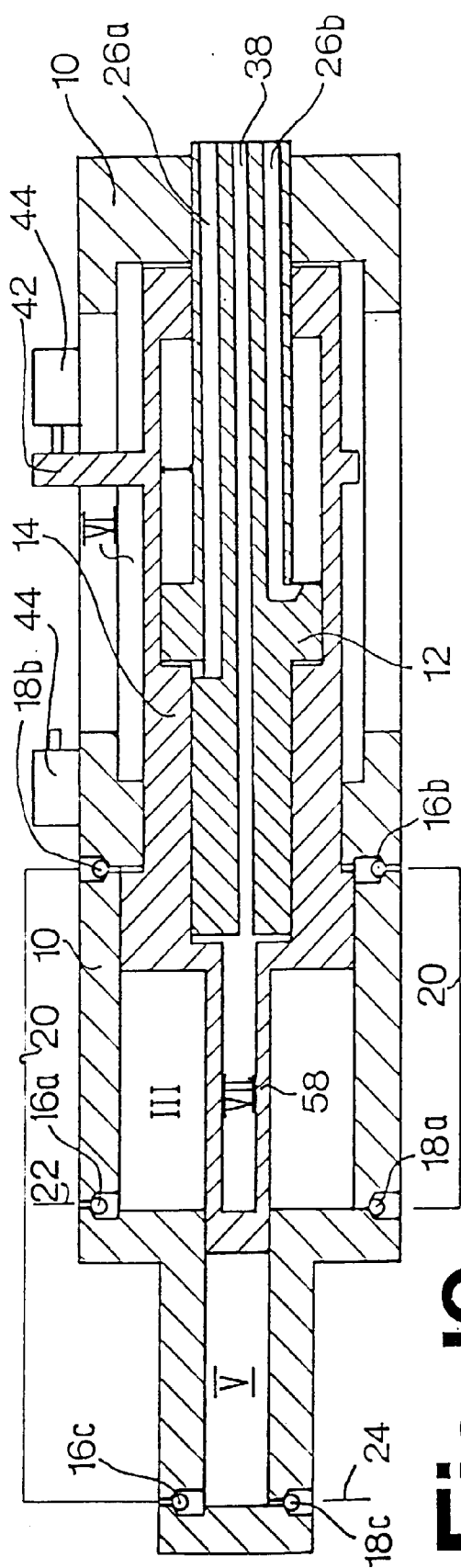
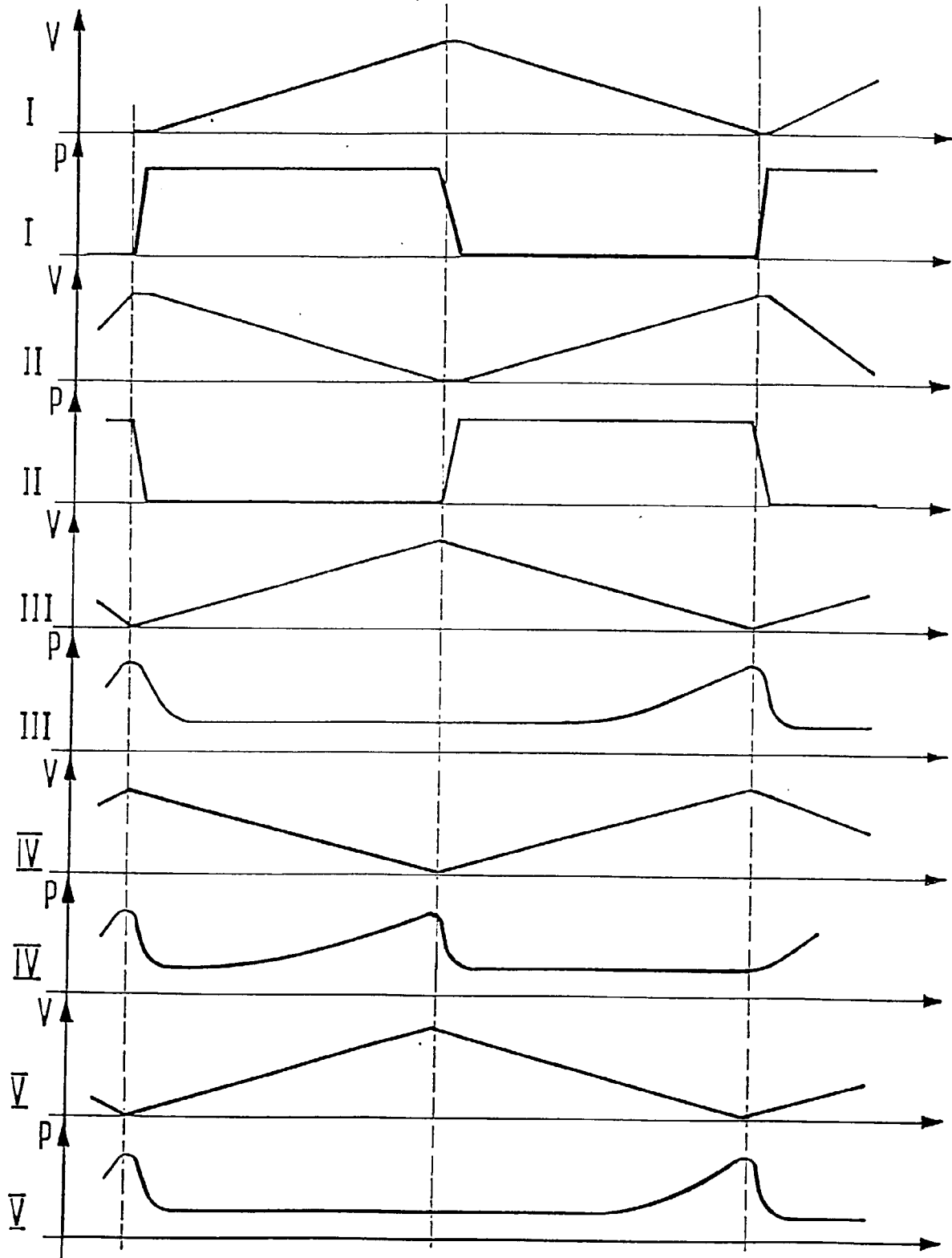


Fig.12



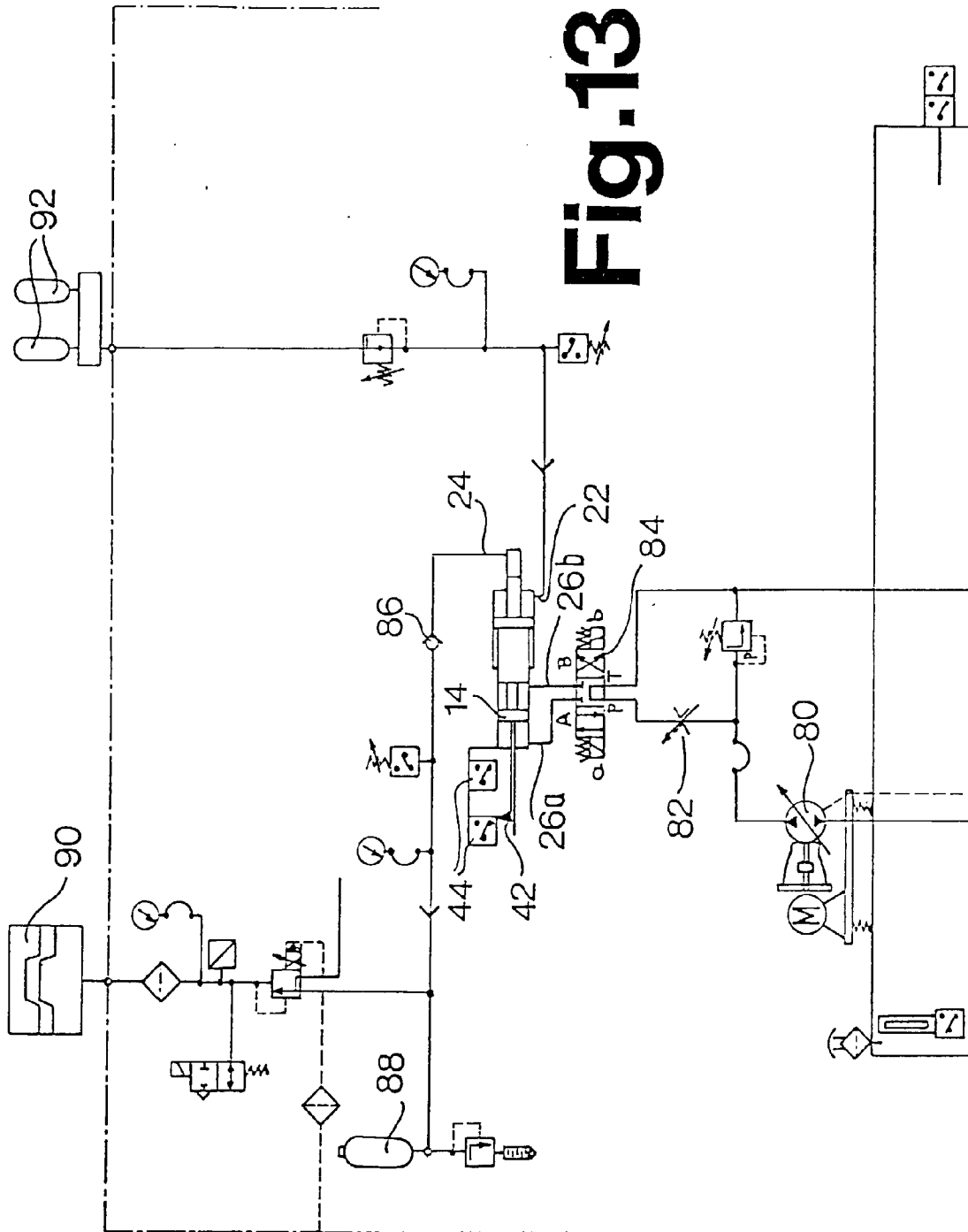


Fig.13