(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 979 618 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.04.2016 Patentblatt 2016/17

(21) Anmeldenummer: **06754261.3**

(22) Anmeldetag: **09.06.2006**

(51) Int Cl.:
F04C 18/16 *(2006.01)* ***F04C 23/00*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/005558

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/065486 (14.06.2007 Gazette 2007/24)

(54) MEHRSTUFIGES SCHRAUBENKOMPRESSORAGGREGAT

MULTI-STEP HELICAL SCREW COMPRESSOR UNIT

GROUPE DE COMPRESSEURS À VIS À PLUSIEURS ÉTAGES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **08.12.2005 DE 102005058698**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.10.2008 Patentblatt 2008/42

(73) Patentinhaber: **GHH-RAND Schraubenkompressoren GmbH**
46145 Oberhausen (DE)

(72) Erfinder:
- **ACHTELIK, Carsten**
  46539 Dinslaken (DE)
- **HÜTTERMANN, Dieter**
  46569 Hünxe (DE)
- **BESSELING, Michael**
  46569 Hünxe (DE)
- **HENNING, Norbert**
  Mülheim (DE)
- **BRINGMANN, Jürgen**
  46149 Oberhausen (DE)
- **OPPENHEIM, Robert, Lewis**
  Novi, MI 48374 (US)

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**
Partnerschaft mbB von
Patent- und Rechtsanwälten
Postfach 26 01 62
80058 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 582 185
JP-A- S 614 889
US-A- 4 068 984
US-A- 4 076 468
US-A1- 2002 081 213
US-B1- 6 478 560

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 13, 30. November 1999 (1999-11-30) & JP 11 223191 A (HITACHI LTD), 17. August 1999 (1999-08-17)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 979 618 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein mehrstufiges Schraubenkompressoraggregat. Es handelt sich vorzugsweise um ein trockenlaufendes Schraubenkompressoraggregat für hohe Drücke, typischerweise für 40 bar und mehr. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet ist die Erzeugung von Druckluft für das Blasformen von Kunststoffflaschen.

[0002] Aus US-A-3,407,996 (entsprechend DE-A-1628201) ist ein zweistufiges Schraubenkompressoraggregat bekannt. Es weist ein Getriebegehäuse mit einer lotrechten Montagewand auf, an der nebeneinander zwei Kompressorstufen parallel zueinander frei auskragend befestigt sind. Jede Kompressorstufe umfasst einen Schraubenkompressor mit zwei miteinander kämmenden Schraubenrotoren. In dem Getriebegehäuse befindet sich ein Getriebe mit einem Antriebszahnrad, das mit zwei angetriebenen Zahnrädern für die Drehung der Rotoren der beiden Schraubenkompressoren in Eingriff ist. In dem Dokument ist auch angegeben, dass die dort beschriebene Erfindung auch bei mehrstufigen Kompressoraggregaten mit mehr als zwei Stufen angewendet werden kann. Auf welche Weise weitere Kompressorstufen angeordnet werden können, ist aber nicht angegeben, und bei der konkret beschriebenen Konstruktion ist für weitere Kompressorstufen kein Platz.

[0003] Ein zweistufiges Schraubenkompressoraggregat ähnlicher Art ist auch aus DE 299 22 878.9 U1 bekannt. Von Interesse sind auch die Schraubenkompressoraggregate, die in den Druckschriften JP61-4889, US-A-4,068,984 sowie US-A-4,076,468 und EP 0582185 A1 offenbart sind.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein dreistufiges Schraubenkompressoraggregat zu schaffen, das komprimiertes gasförmiges Fluid, insbesondere Druckluft bei einem sehr hohen Druck, typischerweise ca. 40 bar und mehr, liefern kann und das sich durch platzsparende, einfache und robuste Bauweise auszeichnet. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung soll das dreistufige Schraubenkompressoraggregat gemäß der Erfindung auf einfache Weise eine Änderung der Antriebsübersetzung und des Drehzahlverhältnisses der drei Kompressorstufen ermöglichen.

[0005] Zur Lösung der Aufgabe ist erfindungsgemäß ein dreistufiges Schraubenkompressoraggregat mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgesehen. Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung.

[0006] Mit dem erfindungsgemäßen Schraubenkompressoraggregat kann gasförmiges Fluid, insbesondere Luft, unter Verwendung von nur drei Verdichterstufen mit einem sehr hohen Druckverhältnis von z.B. 40:1 komprimiert werden und damit Druckluft unter hohem Druck, wie sie für industrielle Fertigungsvorgänge, z.B. das Blasformen von Kunsstoffflaschen, benötigt wird, geliefert werden.

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Schraubenkompressoraggregat sind vorzugsweise die die erste und zweite Stufe bildenden Schraubenkompressoren oberhalb der durch die Drehachse des Antriebszahnrades verlaufende Horizontalebene angeordnet, während der Schraubenkompressor der dritten Stufe unterhalb der Schraubenkompressoren der ersten und zweiten Stufe und unterhalb der durch die Drehachse des Antriebszahnrades verlaufenden Horizontalebene angeordnet ist und sein angetriebenes Zahnrad mit dem Antriebszahnrad in der Nähe von dessen tiefsten Punkt in Eingriff steht. Hierdurch ergibt sich eine besonders vorteilhafte Ausnutzung der vorhandenen Platzverhältnisse und eine platzsparende, kompakte Bauweise des Kompressoraggregats. Durch Verwendung unterschiedlicher austauschbarer Lager- und Flanschteile kann die Position der Antriebswelle in Horizontalrichtung und die Position der dritten Kompressorstufe in Vertikalrichtung verändert werden, um die Getriebekonfiguration an unterschiedliche Durchmesser der Zahnräder und damit an unterschiedliche Drehzahlverhältnisse der Kompressorstufen anzupassen.

[0008] Eine Ausführungsform der Erfindung wird anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines dreistufigen Kompressoraggregates gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2 eine perspektivische, teilweise geschnittene Ansicht des Schraubenkompressors, der die dritte Stufe, des Kompressoraggregats gemäß Fig. 1 bildet;
- Fig. 3 eine perspektivische, teilweise geschnittene Ansicht des Getriebegehäuses und Getriebes des Kompressoraggregats gemäß Fig. 1, bei weggelassenen Kompressorstufen;
- Fig. 4 eine vereinfachte Darstellung der Zahnräder, die das Getriebe des Kompressoraggregates bilden;
- Fig. 5 eine Ansicht der Montagewand des Getriebegehäuses, teilweise weggebrochen, um das Getriebe sichtbar zu machen.

[0009] Figur 1 zeigt perspektivisch ein dreistufiges Schraubenkompressoraggregat mit drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80, die an einem Getriebegehäuse 90, das im wesentlichen die Form einer lotrechten Scheibe hat, parallel zueinander frei auskragend angeflanscht sind. Zu diesem Zweck hat das Gehäuse jedes Schraubenkompressors 60, 70, 80 an seinem dem Getriebegehäuse 90 zugewandten Ende einen Flansch 64, 74 bzw. 84, der mittels Schrauben mit einem Gegenflansch des Getriebegehäuses 90 verbunden wird. Die drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80 werden gemeinsam von einem im Getriebegehäuse 90 gelagerten und durch einen Motor angetriebenen Antriebszahnrad angetrieben,

wie dies noch näher erläutert wird. In dem dargestellten Kompressoraggregat ist der Schraubenkompressor 60 die Eingangsstufe (Niederdruckstufe) mit Ansaugöffnung 61 und Auslassöffnung 63, der Schraubenkompressor 70 ist die zweite Stufe oder Zwischendruckstufe mit Einlassöffnung 71 und Auslassöffnung 73, und der Schraubenkompressor 80 ist die Endstufe oder Hochdruckstufe mit Einlassöffnung 81 und einer in Figur 1 nicht sichtbaren Auslassöffnung auf der von der Einlassöffnung 81 abgewandten Seite. Figur 1 zeigt ferner eine an den Fuß des Getriebegehäuses 90 angeflanschtes Ölsumpfgehäuse 76, das durch Ölleitungen 77 mit den Gleichlaufgetrieben der Schraubenkompressoren 60, 70, 80 sowie mit dem im Getriebegehäuse 90 angeordneten Antriebsgetriebe verbunden ist.

[0010] In Figur 1 nicht dargestellt sind die die Ein- und Auslässe der drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80 miteinander verbindenden Verbindungsleitungen für das zu komprimierende Medium, insbesondere Luft. Diese sind in dem Fachmann bekannter Weise ausgebildet und können z. B. mit Filtern, Zwischenkühlern und/oder Schalldämpfern ausgestattet sein.

[0011] Die Schraubenkompressoren 60, 70 der ersten und zweiten Stufe sind horizontal nebeneinander angeordnet, während der Schraubenkompressor 80 der dritten Stufe unterhalb der Schraubenkompressoren der ersten und zweiten Stufe angeordnet ist. Das Ölsumpfgehäuse 76 hat an seiner Oberseite eine Vertiefung 79, die zusätzlichen Platz für die Unterbringung des Schraubenkompressors der dritten Stufe schafft.

[0012] Jeder der drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80 von Fig. 1 weist in üblicher Weise zwei Rotoren auf, die in einem Rotorgehäuse parallelachsig drehbar gelagert sind und mit schraubenförmigen Rippen und Nuten ineinander greifen. Als Beispiel zeigt Fig. 2 den die dritte Stufe des dreistufigen Kompressoraggregats von Fig. 1 bildenden Schraubenkompressor 80, der für besonders hohe Drücke von vorzugsweise ca. 40 bar und mehr ausgelegt ist.

[0013] Der in Figur 2 gezeigte Schraubenkompressor hat ein (im Längsschnitt dargestelltes) Rotorgehäuse 1, in welchem zwei Rotoren 3 und 5 parallelachsig drehbar gelagert sind. Die Drehachsen der Rotoren 3, 5 liegen in einer gemeinsamen vertikalen Ebene. Jeder Rotor 3, 5 hat einen Profilabschnitt 7 bzw. 9, der ein Profil mit schraubenförmig verlaufenden Rippen bzw. Nuten aufweist, wobei die Rippen und Nuten der beiden Profilabschnitte 7, 9 kämmend und abdichtend ineinander greifen. An die Profilabschnitte 7, 9 schließen sich beiderseits Wellenzapfen 7a, 7b, 9a, 9b an, mit deren Umfangsfläche Dichtungsanordnungen 11, 12 zusammenwirken, um den Rotor im Rotorgehäuse 1 abzudichten. Die Wellenzapfen 7a, 7b, 9a, 9b sind ferner durch Lager 13, 15 in dem Rotorgehäuse 1 drehbar gelagert.

[0014] Der in Figur 2 obere Rotor 3 ist der Hauptläufer und weist an seinem in Figur 2 linken Ende einen verlängerten Wellenzapfen 7c auf, der in das Getriebegehäuse 90 (Fig. 1) hineinragt und dort ein Zahnrad 85 trägt, das mit einem im Getriebegehäuse angeordneten Antriebszahnrad in Eingriff ist, um den Rotor 3 zur Drehung anzutreiben. An dem in Figur 2 rechten Ende weisen die beiden Rotoren 3, 5 zwei miteinander kämmende Zahnräder 17, 19 auf, die ein Synchronisiergetriebe (Gleichlaufgetriebe) bilden, das die Drehung von dem oberen Rotor 3 auf den unteren Rotor 5, der der Nebenläufer ist, im gewünschten Drehzahlverhältnis überträgt, und dafür sorgt, dass die Profilabschnitte 7, 9 der Rotoren 3, 5 berührungsfrei ineinandergreifen.

[0015] Das Rotorgehäuse 1 ist von einem Kühlmantel oder Kühlgehäuse 21 umgeben, das überwiegend einstückig mit dem Rotorgehäuse 1 ausgebildet ist und dieses mit Abstand umgibt. Oben und unten hat das Kühlgehäuse 21 großflächige Öffnungen, die mittels einer Deckelplatte 23 bzw. einer Bodenplatte 25, die durch Schrauben befestigt sind, verschlossen sind. Zwischen dem Rotorgehäuse 1 und dem Kühlgehäuse 21, 23, 25 befindet sich ein das Rotorgehäuse 1 ringförmig umgebender Kühlraum 27, in dem ein flüssiges Kühlmittel, z.B. Wasser, zirkuliert.

[0016] Der in Figur 2 dargestellte Schraubenkompressor der dritten Stufe ist, ebenso wie die Schraubenkompressoren 60, 70 der ersten und zweiten Stufe, ein sogenannter Trockenläufer, d.h. sein Verdichtungsraum ist ölfrei gehalten. Öl aus dem Ölsumpf 76, das durch eine (nicht dargestellte) Ölpumpe zirkuliert wird, wird nur für die Schmierung des Antriebsgetriebes (Zahnräder 65, 75, 85, 95) und der Lager 13, 15 sowie des Gleichlaufgetriebes (17, 19) jedes der Schraubenkompressoren 60, 70, 80 (siehe 17, 19 in Fig. 2) verwendet, gelangt aber nicht in den Verdichtungsraum der Schraubenkompressoren.

[0017] An dem in Fig. 2 linken Ende des Rotorgehäuses 1 ist lösbar mittels Schrauben eine Flanschplatte 84 befestigt, die zur Befestigung des Schraubenkompressors an der Montagewand 91 des Getriebegehäuses dient und zu diesem Zweck Löcher für Befestigungsschrauben aufweist. Durch Auswechseln der Flanschplatte 84 gegen eine solche mit anderem Lochbild kann die Position, in der der Schraubenkompressor an dem Getriebegehäuse 90 befestigt wird, verändert werden.

[0018] Bei Betrieb des in Fig. 1 gezeigten Kompressoraggregats wird am Einlass 61 der ersten Kompressorstufe 60 angesaugte Luft von dieser auf einen Druck im Bereich von 3 bis 6 bar, vorzugsweise ca. 3,5 bar, komprimiert sowie anschließend von der zweiten Kompressorstufe 70 auf einen Zwischendruck im Bereich von 10 bis 15 bar, vorzugsweise ca. 12 bar, komprimiert. Diese vorverdichtete Luft gelangt vom Auslass 73 der zweiten Stufe 70 über eine (nicht dargestellte) Verbindungsleitung zum Einlass 81 der dritten Kompressorstufe 80 und wird in dieser auf einen Enddruck im Bereich von 30 bis 50 bar, vorzugsweise ca. 40 bar, komprimiert. Bei den vorstehend genannten bevorzugten Betriebsdrücken sind die Druckverhältnisse in jedem der drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80 annähernd gleich.

[0019] Fig. 3 zeigt perspektivisch, teilweise im Schnitt,

das Getriebegehäuse 90 mit dem darin angeordneten Getriebe für den Antrieb der drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80. Das Getriebegehäuse 90 hat auf seiner einen Seite eine lotrechte Montagewand 91, an der die Gehäuse der drei Kompressorenschrauben der Kompressoren 60, 70, 80 (in Fig. 3 nicht dargestellt) mit Flanschverschraubungen befestigt werden. Auf der anderen Seite ist das Getriebegehäuse 90 durch einen Lagerdeckel 92 verschlossen, in welchem mittels eines Lagerrings 93 eine Antriebswelle 94 gelagert ist, die ein Antriebszahnrad 95, trägt. Das über das Antriebszahnrad 95 hinausragende Ende der Antriebswelle 94 ist in einem in der Montagewand 91 eingesetzten Lagertopf (siehe Fig. 5) gelagert. Das Antriebszahnrad 95 ist in Eingriff mit drei angetriebenen Zahnrädern 65, 75, 85, die um den Umfang des Antriebszahnrades 95 verteilt angeordnet und den drei Schraubenkompressoren 60, 70 zugeordnet sind, um diese anzutreiben. Jedes der angetriebenen Zahnräder 65, 75, 85 sitzt auf einem durch eine entsprechende Öffnung in der Montagewand 91 in das Getriebegehäuse 90 hineinragenden Rotorwellenzapfen eines der drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80.

[0020] In Fig. 4 ist die Anordnung der drei angetriebenen Zahnräder 65, 75, 85 bezüglich des Antriebszahnrades 95 dargestellt. Die angetriebenen Zahnräder 65, 75 der Schraubenkompressoren 60 oder 70 der ersten und zweiten Stufe befinden sich oberhalb der durch die Rotationsachse A des Antriebszahnrades 95 verlaufenden Horizontalebene B-B. Dagegen befindet sich das angetriebene Zahnrad 85 des Schraubenkompressors 80 der dritten Stufe deutlich unter der durch die Achse A verlaufenden Horizontalebene B-B, und zwar vorzugsweise in der Nähe des tiefsten Punktes T des Antriebszahnrades 95. Vorzugsweise ist das Antriebszahnrad 65 für die erste Kompressorstufe so angeordnet, dass eine seine Achse 65' mit der Achse A des Antriebszahnrades 95 verbindende Gerade C mit der durch die Achse A des Antriebszahnrades 95 verlaufenden horizontalen Geraden B-B einen Winkel α von nicht mehr als 30° einschließt. Für das angetriebene Zahnrad 75 der zweiten Kompressorstufe 70 beträgt der entsprechende Winkel β vorzugsweise nicht mehr als 20°. Andererseits ist das angetriebene Zahnrad 85 der dritten Kompressorstufe 80 so nahe am tiefsten Punkt T des Antriebszahnrades 95 angeordnet, dass ein die Achse des angetriebenen Zahnrades 85 mit der Drehachse A des Antriebszahnrades 95 verbindende Gerade D mit der durch die Achse A des Antriebszahnrades 95 verlaufenden Vertikalebene einen Winkel γ von nicht mehr als 20° einschließt.

[0021] Fig. 5 zeigt eine Ansicht der Montagewand 91 des Getriebegehäuses 90. Diese ist im oberen Bereich ausgeschnitten dargestellt, um das dahinter angeordnete Antriebszahnrad 95 zu zeigen, welches mit den angetriebenen Zahnrädern 65, 75, 85 der drei Schraubenkompressoren 60, 70, 80 (in Fig. 5 weggelassen) in Eingriff steht. Die Montagewand 91 weist Öffnungen 68, 78, 88 auf, durch die die Zahnräder 65, 75, 85 tragenden Wellenzapfen (siehe 7b in Fig. 2) der Schraubenkompressoren 60, 70, 80 in das Getriebegehäuse 90 eintreten können. Die Montagewand 91 weist rippenartig erhöhte, die Öffnungen 68, 78, 88 umgebende Gegenflansche 69, 79, 89 auf, an denen die Flansche 64, 74, 84 der Kompressoren 60, 70, 80 (vgl. Fig. 1) mittels Schrauben und über geeignete Dichtungen befestigt werden.

[0022] In die Montagewand 91 des Getriebegehäuses 90 ist ein Lagertopf 97 eingesetzt, in welchem das Ende der das Antriebszahnrad 95 tragenden Antriebswelle 94 (siehe Fig. 3) gelagert ist. Sowohl der Lagertopf 97 als auch der in Fig. 3 gezeigte Lagerring 93 zur Lagerung der Antriebswelle 94 sind exzentrisch ausgebildet. Durch Austausch des Lagerrings 93 und des Lagertopfes 97 gegen solche mit unterschiedlicher Exzentrizität kann die Position des Antriebszahnrades 95 in horizontaler Richtung geändert werden, wie durch den horizontalen Doppelpfeil 98 in Fig. 5 angedeutet.

[0023] Ferner ist die an den Gegenflansch 89 des Getriebegehäuses anzuschraubende Flanschplatte 84 (siehe auch Fig. 2) des die dritte Stufe bildenden Schraubenkompressors 80 mit dessen Rotorgehäuse 21 lösbar mittels Schrauben verbunden und kann gegen eine Flanschplatte mit geändertem Lochbild ausgetauscht werden, wodurch die Position des Schraubenkompressors 80 und damit seines angetriebenen Zahnrades 85 in Vertikalrichtung geändert werden kann, wie durch den vertikalen Doppelpfeil 86 in Fig. 5 angedeutet.

[0024] Diese Möglichkeit der Verstellung des Antriebszahnrades 95 in Horizontalrichtung 98 und des angetriebenen Zahnrades der dritten Stufe in Vertikalrichtung 86 ermöglicht die Verwendung unterschiedlicher Radsätze der das Getriebe bildenden Zahnräder 95, 65, 75, 85, wobei durch unterschiedliche, aneinander angepasste Durchmesser die Antriebsübersetzung insgesamt und auch die relativen Drehgeschwindigkeiten der drei Kompressorstufen 60, 70, 80 geändert werden können. Dabei können alle vier das Getriebe bildenden Zahnräder 65, 75, 85, 95 gegen solche anderen Durchmessers ausgetauscht werden, wobei eine Verstellung von nur zweien dieser Elemente in zwei zueinander senkrechten Richtungen, nämlich des Antriebszahnrades 95 in Horizontalrichtung 98 und des Zahnrades 85 der dritten Stufe in Vertikalrichtung 86, ausreicht, um den ordnungsgemäßen Eingriff der Zahnräder auch bei geänderten Durchmesserverhältnissen zu gewährleisten.

Bezugszeichenliste

[0025]

1 Rotorgehäuse
3 Rotor
5 Rotor
7 Profilabschnitt
7a Wellenzapfen
7b Wellenzapfen
7c Wellenzapfen

9 Profilabschnitt
9a Wellenzapfen
9b Wellenzapfen
11 Dichtungsanordnung
12 Dichtungsanordnung
13 Lager
15 Lager
17 Zahnrad
19 Zahnrad
21 Kühlmantel
23 Deckelplatte
25 Bodenplatte
27 Kühlraum
60 Schraubenkompressor
61 Ansaugöffnung
63 Auslassöffnung
64 Flansch
70 Schraubenkompressor
71 Einlassöffnung
73 Auslassöffnung
74 Flansch
76 Ölsumpfgehäuse
77 Ölleitungen
79 Vertiefung
80 Schraubenkompressor
81 Einlassöffnung
A Achse
B Gerade
C Gerade
D Gerade
84 Flanschplatte
85 Zahnrad
86 Doppelpfeil
89 Gegenflansche
90 Getriebegehäuse
91 Montagewand
92 Lagerdeckel
93 Lagerring
94 Antriebswelle
95 Antriebszahnrad
97 Lagertopf
98 Doppelpfeil

Patentansprüche

1. Mehrstufiges Schraubenkompressoraggregat
mit einem Getriebegehäuse (90),
einem in dem Getriebegehäuse angeordneten Antriebszahnrad (95),
und einem ersten, zweiten und dritten Schraubenkompressor (60, 70, 80), die an dem Getriebegehäuse befestigt und mit dem Antriebszahnrad derart gekoppelt sind, dass sie alle gemeinsam von dem Antriebszahnrad angetrieben werden,
wobei im Betrieb der erste Schraubenkompressor (60) einen Strom eines gasförmigen Fluids von einem Einlassdruck auf einen ersten Zwischendruck verdichtet, der zweite Schraubenkompressor (70) den Strom des Fluids von dem ersten Zwischendruck auf einen zweiten Zwischendruck verdichtet, und der dritte Schraubenkompressor den Strom des Fluids von dem zweiten Zwischendruck auf einen Enddruck verdichtet, wobei der Enddruck mindestens das Dreißigfache, vorzugsweise mindestens das ca. Vierzigfache des Einlassdruckes beträgt,
wobei das Getriebegehäuse (90) eine lotrechte Montagewand (91) aufweist, eine in dem Getriebegehäuse um eine horizontale Achse drehbar gelagerte Antriebswelle (94) ein Antriebszahnrad (95) trägt,
und die Schraubenkompressoren (60, 70, 80) an der Montagewand (91) parallel zueinander auskragend befestigt sind und jeder von ihnen zwei parallelachsige, mit schraubenförmigen Rippen und Nuten ineinandergreifende Schraubenrotoren (3, 5) und an einem dieser Rotoren einen Wellenzapfen (7c) aufweist, der durch eine Öffnung in der Montagewand (91) in das Getriebegehäuse (90) ragt und ein angetriebenes Zahnrad (65, 75, 85) trägt, das mit dem Antriebszahnrad (95) in Eingriff steht,
wobei die angetriebenen Zahnräder (65, 75) von zwei Schraubenkompressoren, die die erste und zweite Stufe des Kompressoraggregates bilden, mit dem Antriebzahnrad (95) an Stellen in Eingriff sind, die oberhalb der durch die Drehachse (A) des Antriebszahnrades verlaufenden Horizontalebene liegen und wobei der dritte Schraubenkompressor (80) unterhalb des ersten und zweiten Schraubenkompressors (60, 70) angeordnet ist und sein angetriebenes Zahnrad (85) mit dem Antriebszahnrad (95) an einer Stelle in Eingriff steht, die nahe dem tiefsten Punkt (T) des Umfangs des Antriebszahnrades (95) liegt.

2. Schraubenkompressoraggregat nach Anspruch 1, ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** der Einlassdruck ca. 1 bar beträgt, der erste Zwischendruck 2 bis 6 bar, vorzugsweise ca. 3,5 bar beträgt, der zweite Zwischendruck 10 bis 15 bar, vorzugsweise ca. 12 bar beträgt, und der Enddruck 30 bis 50 bar, vorzugsweise ca 40 bar beträgt.

3. Schraubenkompressoraggregat nach Anspruch 1 oder 2, ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** der erste, zweite und dritte Schraubenkompressor (60, 70, 80) jeweils ein trockenlaufender Schraubenkompressor ist.

4. Kompressoraggregat nach Anspruch 1, ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** eine durch die Drehachse des Antriebsrades (95) und des angetriebenen Zahnrades (65) des ersten Schraubenkompressors verlaufende Ebene (C) mit der durch die Drehachse (A) des Antriebsrades (95) verlaufenden horizontalen Ebene (B-B) einen Winkel (α) von nicht mehr als 30° einschließt.

5. Kompressoraggregat nach Anspruch 1, ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** eine durch die Drehachse des Antriebsrades (95) und des angetriebenen Zahnrades (75) des zweiten Schraubenkompressors verlaufende Ebene (C) mit der durch die Drehachse (A) des Antriebsrades (95) verlaufenden horizontalen Ebene (B-B) einen Winkel (β) von nicht mehr als 20° einschließt.

6. Kompressoraggregat nach Anspruch 1 , ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** eine durch die Drehachsen des Antriebszahnrades (95) und des angetriebenen Zahnrades (85) des dritten Schraubenkompressors verlaufende Ebene mit der durch die Drehachse (A) des Antriebszahnrades (95) verlaufenden vertikalen Ebene einen Winkel (γ) von weniger als 30°, vorzugsweise weniger als 20°, einschließt.

7. Kompressoraggregat nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** die das Antriebszahnrad (95) tragende Antriebswelle (94) mittels austauschbarer Lagerteile (93, 97), die unterschiedliche Exzentrizitäten in Horizontalrichtung aufweisen, derart gelagert ist, dass durch Auswechseln der Lagerteile die Position der Drehachse der Antriebswelle (94) in den Getriebegehäuse (90) im wesentlichen in Horizontalrichtung (98) verstellt werden kann.

8. Kompressoraggregat nach einem der Ansprüche 1 bis 7, ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** der dritte Schraubenkompressor (80) an der Montagewand (91) mittels austauschbarer Flanschteile (84) so befestigt ist, dass durch Auswechseln der Flanschteile (84) die Position des dritten Schraubenkompressors (80) relativ zum Getriebegehäuse (91) im wesentlichen in Vertikalrichtung (86) geändert werden kann.

9. Kompressoraggregat nach Anspruch 7 und 8, ***dadurch gekennzeichnet,*** **dass** zur Änderung des Drehzahlverhältnisses der Schraubenkompressoren (60, 70, 80) des Kompressoraggregates austauschbare Radsätze zur Verfügung stehen, jeweils bestehend aus einem Antriebszahnrad (95) und angetriebenen Zahnrädern (65, 75, 85) unterschiedlichen Durchmessers zusammen mit zugehörigen Lagerteilen (93, 97) und Flanschteilen (84), für eine an unterschiedliche Durchmesser der Zahnräder angepasste Einstellung der Position des Antriebszahnrades (95) in Horizontalrichtung (98) und des angetriebenen Zahnrades (85) des dritten Schraubenkompressors in Vertikalrichtung (86).

Claims

1. Multistage screw compressor unit comprising a transmission housing (90), a drive gear (95) arranged in the transmission housing, and a first, second and third screw compressor (60, 70, 80), which are attached to the transmission housing and coupled to the drive gear so as to all be driven together by the drive gear,
wherein, during operation, the first screw compressor (60) compresses a flow of a gaseous fluid from an intake pressure to a first intermediate pressure, the second screw compressor (70) compresses the flow of the fluid from the first intermediate pressure to a second intermediate pressure, and the third screw compressor compresses the flow of the fluid from the second intermediate pressure to a final pressure, the final pressure being at least thirty times, preferably at least approximately forty times, the intake pressure,
wherein the transmission housing (90) comprises a perpendicular mounting wall (91), a drive shaft (94) rotatably mounted in the transmission housing about a horizontal axis carries a drive gear (95), and the screw compressors (60, 70, 80) are attached to the mounting wall (91) so as to project in parallel with one another, and each of said screw compressors comprises two axially parallel screw rotors (3, 5) that are mutually engaged by means of helical ribs and grooves and comprises a shaft journal (7c) on one of said rotors, which journal protrudes through an opening in the mounting wall (91) into the transmission housing (90) and carries a driven gear (65, 75, 85) that meshes with the drive gear (95),
wherein the driven gears (65, 75) of two screw compressors that form the first and second stage of the compressor unit mesh with the drive gear (95) at locations that are above the horizontal plane extending through the axis of rotation (A) of the drive gear, and wherein the third screw compressor (80) is arranged below the first and second screw compressor (60, 70) and its driven gear (85) meshes with the drive gear (95) at a location that is close to the deepest point (T) of the circumference of the drive gear (95).

2. Screw compressor unit according to claim 1, **characterised in that** the intake pressure is approximately 1 bar, the first intermediate pressure is 2 to 6 bar, preferably approximately 3.5 bar, the second intermediate pressure is 10 to 15 bar, preferably approximately 12 bar, and the final pressure is 30 to 50 bar, preferably approximately 40 bar.

3. Screw compressor unit according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the first, second and third screw compressor (60, 70, 80) are each dry-running screw compressors.

4. Compressor unit according to claim 1, **characterised in that** a plane (C) extending through the axis of rotation of the drive gear (95) and of the driven

gear (65) of the first screw compressor forms an angle (α) of no more than 30° with the horizontal plane (B-B) extending through the axis of rotation (A) of the drive gear (95).

5. Compressor unit according to claim 1, **characterised in that** a plane (C) extending through the axis of rotation of the drive gear (95) and of the driven gear (75) of the second screw compressor forms an angle (β) of no more than 20° with the horizontal plane (B-B) extending through the axis of rotation (A) of the drive gear (95).

6. Compressor unit according to claim 1, **characterised in that** a plane extending through the axes of rotation of the drive gear (95) and of the driven gear (85) of the third screw compressor forms an angle (γ) of less than 30°, preferably less than 20°, with the vertical plane extending through the axis of rotation (A) of the drive gear (95).

7. Compressor unit according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** the drive shaft (94) carrying the drive gear (95) is mounted by means of interchangeable bearing parts (93, 97) having different eccentricities in the horizontal direction, in such a way that the position of the axis of rotation of the drive shaft (94) in the transmission housing (90) can be adjusted substantially in the horizontal direction (98) by changing the bearing parts.

8. Compressor unit according to any of claims 1 to 7, **characterised in that** the third screw compressor (80) is attached to the mounting wall (91) by means of interchangeable flange parts (84) in such a way that the position of the third screw compressor (80) relative to the transmission housing (91) can be altered substantially in the vertical direction (86) by changing the flange parts (84).

9. Compressor unit according to claims 7 and 8, **characterised in that** interchangeable wheelsets are available for changing the speed ratio of the screw compressors (60, 70, 80) of the compressor unit, which wheelsets consist, in each case, of a drive gear (95) and driven gears (65, 75, 85) of different diameters, together with associated bearing parts (93, 97) and flange parts (84) in order to set the position of the drive gear (95) in the horizontal direction (98) and of the driven gear (85) of the third screw compressor in the vertical direction (86) in a manner adapted to different diameters of the gears.

Revendications

1. Groupe de compresseurs à vis à plusieurs étages, avec un carter de transmission (90),
une roue dentée d'entraînement (95) disposée dans le carter de transmission,
et un premier, un deuxième et un troisième compresseur à vis (60, 70, 80) qui sont fixés au carter de transmission et couplés à la roue dentée d'entraînement de façon à ce qu'ils soient entraînés tous ensemble par la roue dentée d'entraînement,
lors du fonctionnement, le premier compresseur à vis (60) comprimant un écoulement d'un fluide gazeux d'une pression d'admission à une première pression intermédiaire, le deuxième compresseur à vis (70) comprimant l'écoulement du fluide de la première pression intermédiaire à une deuxième pression intermédiaire et le troisième compresseur à vis comprimant l'écoulement du fluide de la deuxième pression intermédiaire à une pression finale, la pression finale représentant au moins trente fois, de préférence au moins environ quarante fois la pression d'admission,
le carter de transmission (90) comprenant une paroi de montage perpendiculaire (91),
un arbre d'entraînement (94), logé de manière rotative autour d'un axe horizontal dans le carter de transmission, supportant une roue dentée d'entraînement (95),
et les compresseurs à vis (60, 70, 80) sont fixés sur la paroi de montage (91) en porte-à-faux et parallèlement entre eux et chacun d'eux comprend deux rotors à vis (3, 5), parallèles à l'axe, s'engrenant entre eux avec des nervures et des rainures en forme de vis et, au niveau de ces rotors, un tourillon d'arbre (7c), qui dépasse, par une ouverture dans la paroi de montage (91), dans le carter de transmission (90) et supporte une roue dentée entraînée (65, 75, 85) qui s'engrène avec la roue dentée d'entraînement (95),
les roues dentées entraînées (65, 75) de deux compresseurs à vis, qui constituent les premier et deuxième étages du groupe de compresseurs, étant engrenées avec la roue dentée d'entraînement (95) à des endroits qui se trouvent au-dessus du plan horizontal s'étendant à travers l'axe de rotation (A) de la roue dentée d'entraînement
et le troisième compresseur à vis (80) étant disposé en dessous du premier et du deuxième compresseur à vis (60, 70) et sa roue dentée entraînée (85) étant engrenée avec la roue dentée d'entraînement (95) à un endroit qui se trouve près du point (T) le plus bas de la circonférence de la roue dentée d'entraînement (95).

2. Groupe de compresseurs à vis selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pression d'admission est d'environ 1 bar, la première pression intermédiaire de 2 à 6 bar, de préférence d'environ 3,5 bar, la deuxième pression intermédiaire de 10 à 15 bar, de préférence d'environ 12 bar et la pression finale de 30 à 50 bar, de préférence d'environ 40 bar.

3. Groupe de compresseurs à vis selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le premier, le deuxième et le troisième compresseur à vis (60, 70, 80) sont des compresseurs à vis fonctionnant à sec.

4. Groupe de compresseurs à vis selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**un plan (C) passant par l'axe de rotation de la roue d'entraînement (95) et de la roue dentée entraînée (65) du premier compresseur à vis forme, avec le plan horizontal (B-B) passant par l'axe de rotation (A) de la roue d'entraînement (95), un angle (α) non supérieur à 30°.

5. Groupe de compresseurs à vis selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**un plan (C) passant par l'axe de rotation de la roue d'entraînement (95) et de la roue dentée entraînée (75) du deuxième compresseur à vis forme, avec le plan horizontal (B-B) passant par l'axe de rotation (A) de la roue d'entraînement (95), un angle (β) non supérieur à 20°.

6. Groupe de compresseurs à vis selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**un plan passant par l'axe de rotation de la roue d'entraînement (95) et de la roue dentée entraînée (85) du troisième compresseur à vis forme, avec le plan vertical passant par l'axe de rotation (A) de la roue d'entraînement (95), un angle (γ) non inférieur à 30°, de préférence inférieur à 20°.

7. Groupe de compresseurs à vis selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'arbre d'entraînement (94) supportant la roue dentée d'entraînement (95) est logé, au moyen de pièces de paliers interchangeables (93, 97) qui présentent des excentricités différentes dans la direction horizontale, de façon à ce que, le remplacement des pièces de paliers permet de régler la position de l'axe de rotation de l'arbre d'entraînement (94) dans le carter de transmission (90) globalement dans la direction horizontale (98).

8. Groupe de compresseurs à vis selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le troisième compresseur à vis (80) est fixé à la paroi de montage (91) au moyen de pièces de bridage (84) interchangeables de façon à ce que le remplacement des pièces de bridage (84) permet de modifier la position du troisième compresseur à vis (80) par rapport au carter de transmission (91) globalement dans la direction verticale (86).

9. Groupe de compresseurs à vis selon les revendications 7 et 8, **caractérisé en ce que** pour la modification du rapport entre les vitesses de rotation des compresseurs à vis (60, 70, 80) du groupe de compresseurs, des ensembles de roues interchangeables sont disponibles, constitués chacun d'une roue dentée d'entraînement (95) et de roues dentées entraînées (65, 75, 85) de différents diamètres, ainsi que de pièces de paliers (93, 97) et de pièces de bridage (84) correspondantes, pour un réglage, adapté aux différents diamètres des roues dentées, de la position de la roue dentée d'entraînement (95) dans la direction horizontale (98) et de la roue dentée entraînée (85) du troisième compresseur à vis dans la direction verticale (86).

Fig. 1

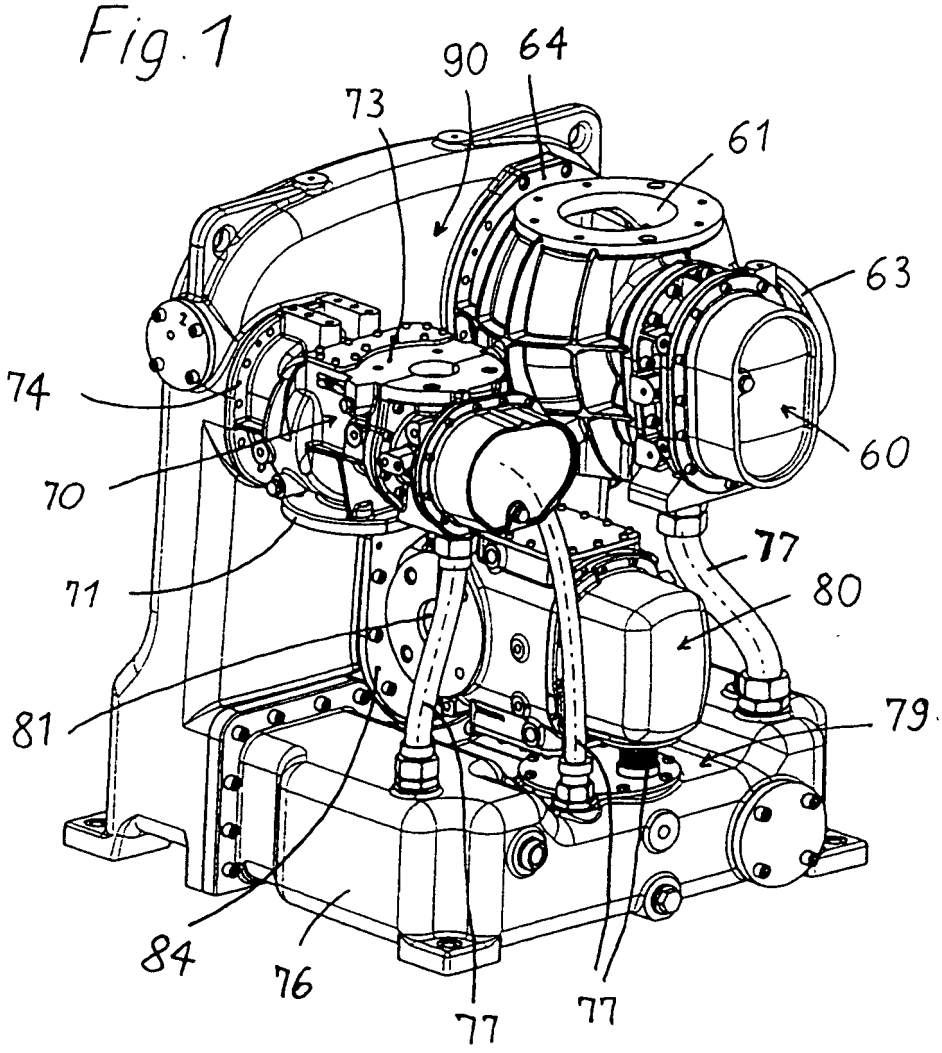
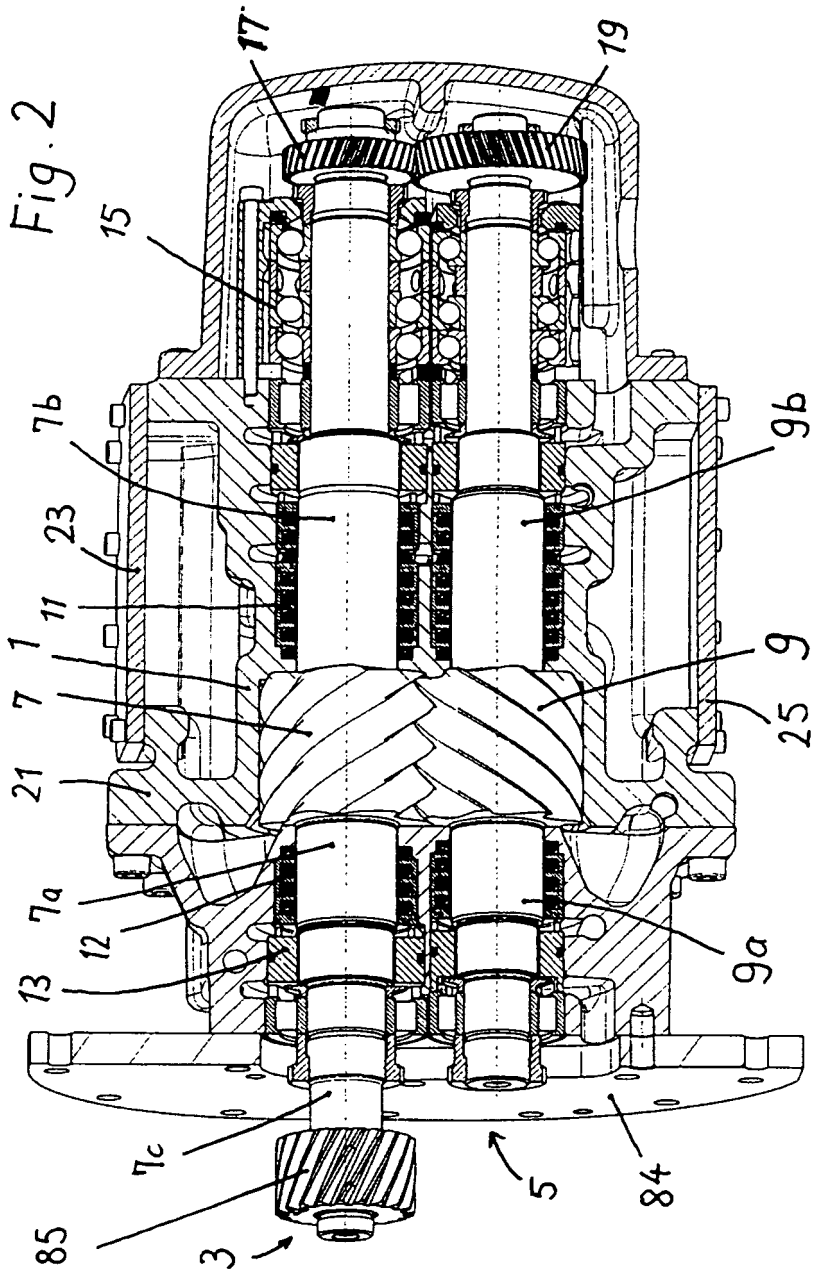


Fig. 2



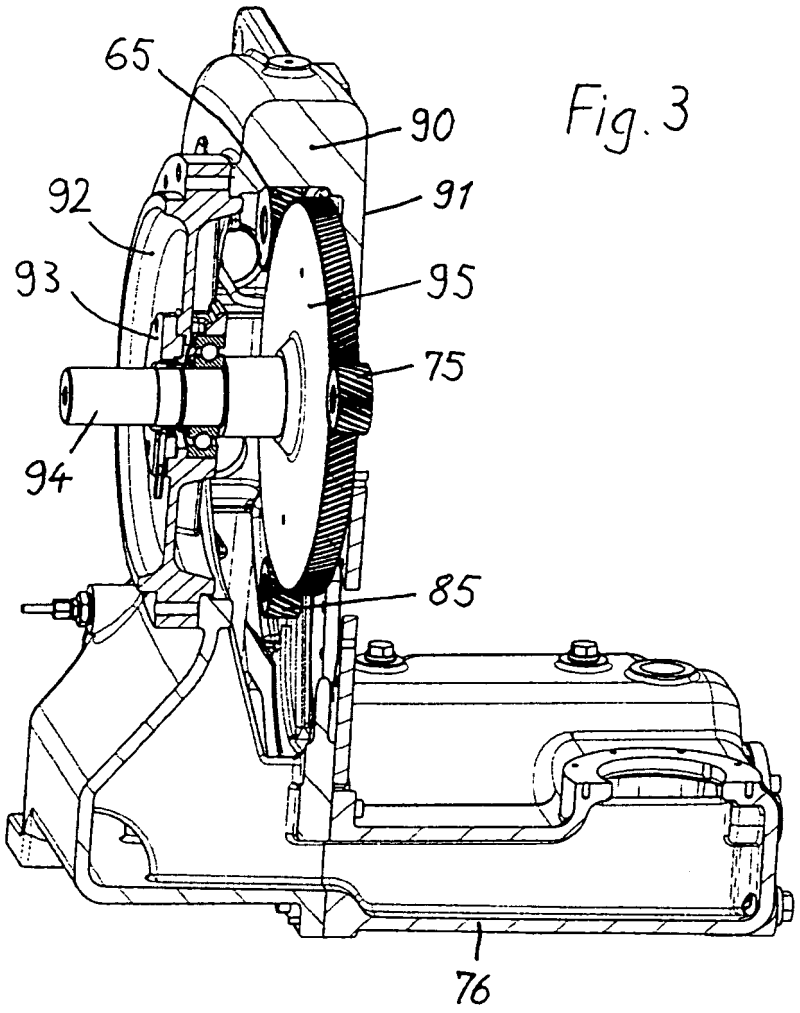


Fig. 3

Fig. 4

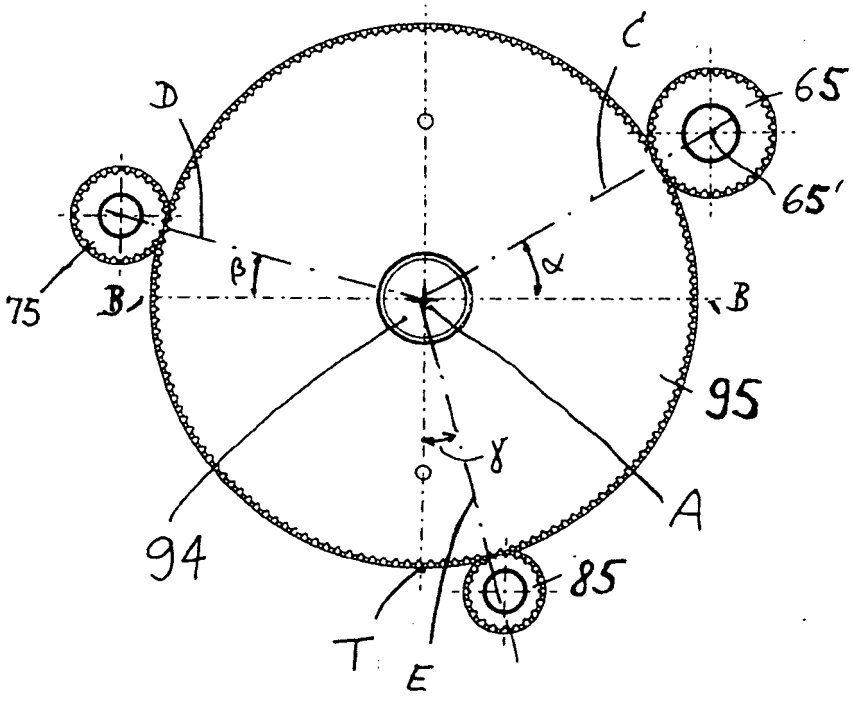
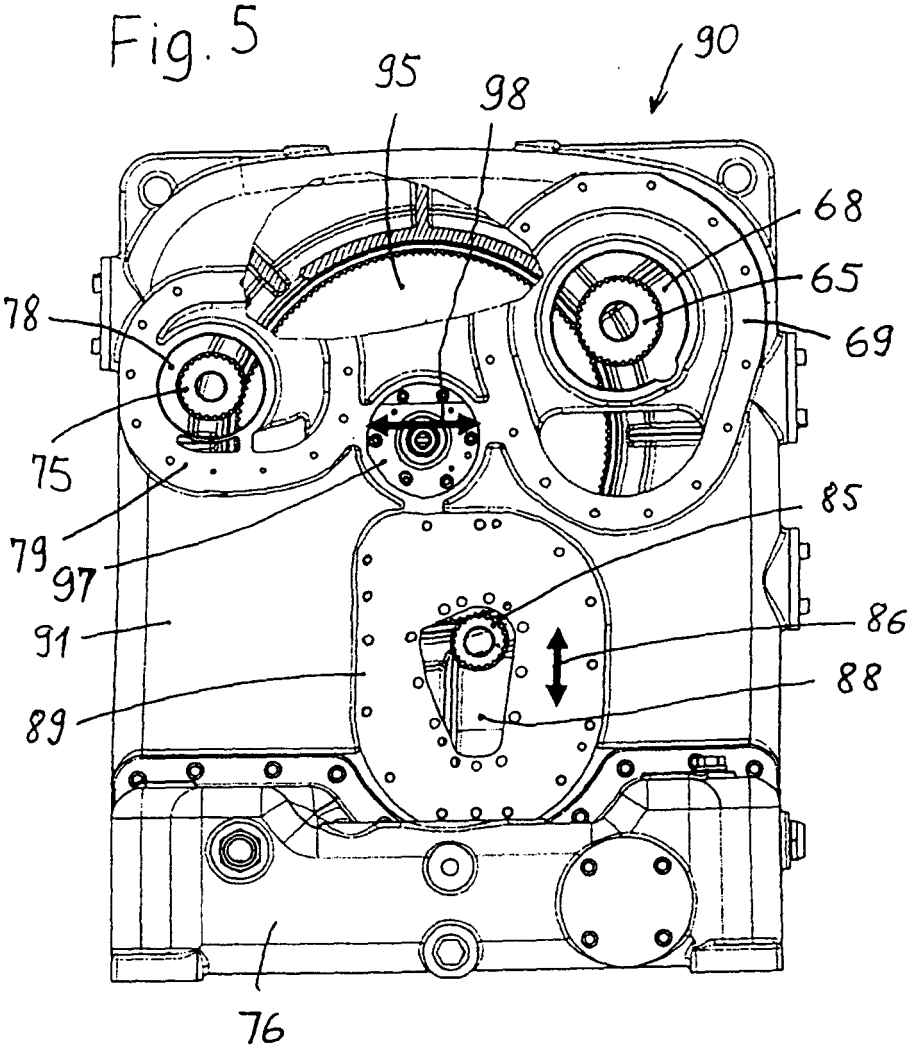


Fig. 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3407996 A **[0002]**
- DE 1628201 A **[0002]**
- DE 29922878 U1 **[0003]**
- JP 61004889 A **[0003]**
- US 4068984 A **[0003]**
- US 4076468 A **[0003]**
- EP 0582185 A1 **[0003]**