

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 653 566 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.12.1998 Patentblatt 1998/52

(51) Int Cl.⁶: **F04D 25/16**, F04D 25/02,
F04D 29/04

(21) Anmeldenummer: **94112720.1**

(22) Anmeldetag: **16.08.1994**

(54) **Getriebeverdichter für die Verdichtung von Sauerstoff**

Gear driven compressor for the compression of oxygen

Compresseur et transmission pour le compression d'oxygène

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **16.11.1993 DE 4339060**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.05.1995 Patentblatt 1995/20

(73) Patentinhaber: **GHH BORSIG Turbomaschinen
GmbH
46145 Oberhausen (DE)**

(72) Erfinder: **Prümper, Heinrich, Dr.
D-13465 Berlin (DE)**

(74) Vertreter: **Radünz, Ingo, Dipl.-Ing.
Patentanwalt,
Ed.-Schloemann-Strasse 55
40237 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 440 902 CH-A- 486 647
DE-A- 2 256 681 DE-C- 909 853
US-A- 3 355 096 US-A- 3 387 769
US-A- 3 476 485

- **COMPRESSED AIR MAGAZINE, Bd.83, Nr.5, Mai
1978 'The Centregal High-Pressure Centrifugal
Compression.'**

EP 0 653 566 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 einen Getriebeverdichter nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, wie er aus US-A-3 355 096 bekannt ist.

Bisher wird Sauerstoff hauptsächlich mit Hilfe sogenannter klassischer, mehrstufiger Einwellenverdichter und je nach Enddruck mehrgehäusiger Verdichter dieser Bauart komprimiert. Sauerstoff kann auch durch Getriebeverdichter verdichtet werden, wenn folgende konstruktive Merkmale beachtet werden. So müssen das Schmieröl für die Lager und das Fördermedium Sauerstoff wegen der Explosionsgefahr sorgsam voneinander getrennt werden. Deshalb sind bei solchen Verdichtern die zwischen den Lagern und den Laufrädern liegenden Dichtungssysteme (Labyrinth) stark verlängert und als Mehrkammersysteme ausgebildet. Dadurch wird jedoch der Überhang zwischen dem Schwerpunkt des Laufrades und der Lagermitte unverhältnismäßig groß, was unvermeidbar zu ungünstigen rotodynamischen Eigenschaften führt. Besonders in den letzten Verdichterstufen, wo der Sauerstoffdruck und die Rotordrehzahl hoch sind, besteht wegen des großen Überhangs bei kleinen Anregungen (Störungen) oder in der Startphase des Verdichters die Gefahr hoher Schwingungsamplituden. Durch ein Anstreifen der rotierenden Teile aufgrund von Schwingungen kann punktuell die Metallzündtemperatur in der hochverdichteten Sauerstoffatmosphäre erreicht werden. Der gesamte Verdichter oder zumindest die betreffende Verdichterstufe verbrennen in diesem Fall bei hohen Temperaturen. Deshalb sind Getriebeverdichter dieser Bauart und deren Konstruktion stets brandgefährdet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Verdichtung von Sauerstoff in einem Getriebeverdichter den verdichteten Sauerstoff und das Schmieröl voneinander getrennt zu halten und gleichzeitig günstige rotodynamische Eigenschaften für den Getriebeverdichter zu erreichen.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Getriebeverdichter erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Bei dem erfindungsgemäßen Getriebeverdichter wird zwischen dem Schmieröl führenden Getriebegehäuse und den Sauerstoff fördernden Verdichterstufen ein Zwischenraum geschaffen, der zur Umgebungsluft hin offen ist. Durch diesen Zwischenraum lassen sich Sauerstoff und Schmieröl voneinander trennen. Eventuell aus der Wellenabdichtung der Verdichterstufen austretender Sauerstoff wird in der Umgebungsluft so weit verdünnt und entspannt, so daß in Verbindung mit eventuell austretendem Schmieröl keine Explosion mehr auftreten kann. Die Lagerung der Rotorwellen in Lagern in der Haltekonstruktion erlaubt einen sehr kurzen Überhang des Schwerpunktes des Laufrades bei gleichzeitig verdickter Rotorwelle. Hierdurch wird die ro-

todynamische Stabilität verbessert und das Auftreten von möglichen größeren Schwingungsamplituden, die zu einem Anstreifen der rotierenden Teile in dem sauerstoffgefüllten Raum führen können, vermieden. Der so ermöglichte ruhige und gleichmäßige Lauf des Laufrades wird durch die Verwendung eines Magnetlagers gemäß Patentanspruch 3 noch verstärkt. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung können die vorteilhaften Eigenschaften der Getriebeverdichter - optimale Stufenwirkungsgrade und große Regelbarkeit - für die Sauerstoffverdichtung voll genutzt werden.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Getriebeverdichter,
Fig. 2 die Einzelheit Z nach Fig. 1 und
Fig. 3 und 4 jeweils einen Längsschnitt durch einen Getriebeverdichter gemäß einer anderen Ausführungsform.

Der dargestellte Getriebeverdichter dient der Verdichtung von Sauerstoff und enthält vier Verdichterstufen, von denen in Fig. 1 auf der linken Seite die erste und die dritte Verdichterstufe 1, 3 gezeigt sind, während die zweite und die vierte Verdichterstufe 2, 4 nur durch Wellenstümpfe angedeutet sind.

Die Verdichterstufen 1 bis 4 sind durch ein integriertes ölgeschmiertes Getriebe angetrieben. Das Getriebe enthält innerhalb eines Getriebegehäuses 5 ein zentrales Antriebszahnrad 6, mit dem Ritzel 7 in Eingriff stehen. Jedes Ritzel 7 sitzt auf einer Rotorwelle 8, deren dem Ritzel 7 abgewandtes Ende ein Laufrad 9 einer Verdichterstufe 1 bis 4 trägt. Jede Rotorwelle 8 ist auf der dem Laufrad 9 abgewandten Seite in dem Getriebegehäuse 5 in einem ölgeschmierten, als Kippsegmentlager ausgebildeten Lager 10 gelagert. Der Durchtritt der Rotorwelle 8 durch das Getriebegehäuse 5 ist auf der einen Seite durch eine Abschlußkappe 11 und auf der anderen Seite durch eine mit Sperrluft beaufschlagte Wellendichtung 12 gegenüber der freien Atmosphäre abgedichtet.

Jeweils eine freistehende, als Platte 13 ausgebildete Haltekonstruktion ist auf zwei gegenüber liegenden Seiten in einem Abstand von dem Getriebegehäuse 5 angeordnet. Die Platten 13 sind über Abstandhalter 14 mit dem Getriebegehäuse 5 verbunden und stehen zusammen mit dem Getriebegehäuse 5 auf einem nicht gezeigten Fundament auf. Zwischen den Platten 13 ist damit ein von Umgebungsluft durchströmter Zwischenraum gebildet.

Jede Verdichterstufe 1 bis 4 enthält ein Laufrad 9, das in einem Verdichtergehäuse 15 umläuft. Das Verdichtergehäuse 15 ist mit einem Einlaufteil 16 versehen und auf der rückwärtigen Seite durch eine Rückwand 17 verschlossen. Die Rückwand 17 des Verdichtergehäuses 15 ist an der Platte 13 befestigt, so daß die Platten

13 die Verdichterstufen 1 bis 4 tragen.

Die Rotorwelle 8 einer jeden Verdichterstufe 1 bis 4 tritt durch die Platte 13 hindurch und ist hier in einem zusätzlichen Lager 18 gelagert. Als Lager kann ein hydraulisches Kippsegmentlager verwendet werden, das mit einem mit Sauerstoff verträglichen Schmiermittel z. B. Wasser geschmiert ist.

Das zusätzliche Lager 18 kann auch als Magnetlager ausgebildet sein. Derartige Magnetlager sind bekannt. Sie führen die Welle mittels geregelter Magnetfelder. Durch diese Magnetlager ist die Rotorwelle 8 präzise und selbstauswuchtend geführt.

Bei einem Ausfall des Magnetsystems der Magnetlager wird der Verdichter abgeschaltet, und die Rotorwelle 8 wird in einem Hilfslager abgefangen. Dieses Hilfslager ist in dem Einlaufteil 16 des Verdichtergehäuses 15 angeordnet. Das Hilfslager besteht aus einem konisches Fanglager 19, das einen konischen Lagerring 20 enthält, auf Rollen 21 abgestützt ist und einen konischen Abschnitt der Nabe 22 des Laufrades 9 umgibt. Der konische Lagerring 20 des Fanglagers 19 ist mit Hilfe eines Elektromagneten 23 entgegen der Kraft einer Feder 24 in einem Abstand von der Nabe 22 gehalten. Bei einem Ausfall des Magnetsystems des Magnetlagers wird der Elektromagnet 23 unwirksam, und die Feder 24 drückt den konischen Lagerring 20 gegen die Nabe 22, wodurch das Laufrad 9 spielfrei geführt wird und sicher auslaufen kann.

Die Rotorwelle 8 ist zur Außenatmosphäre innerhalb der Rückwand 17 des Verdichtergehäuses 15 durch eine kurze Wellendichtung 25 abgedichtet, die als keramische, trockene, gasgeschmierte Schwimmringdichtung ausgebildet ist. Dabei kann der Leckage-Sauerstoff zusammen mit Sperrluft in ein Abluftsystem geleitet werden. Er könnte auch problemlos in die Maschinenhalle entweichen. Verglichen mit ölgeschmierten Lagern lassen sich durch dieses Konstruktionsprinzip Rotoren mit größeren Durchmessern abdichten.

Die beschriebene Lagerung der Rotorwelle 8 in dem zusätzlichen Lager 18 in der Platte 13 und in dem ölgeschmierten Lager 10 in dem Getriebegehäuse 5 bei Anordnung nur eines Laufrades 9 je Rotorwelle 8 ergibt günstige Hebelverhältnisse in dem ölgeschmierten Lager 10. Abweichend von dieser Ausführung kann jedoch die Rotorwelle 8, wie in Fig. 3 dargestellt ist, auch in einem weiteren ölgeschmierten Lager 26 gelagert sein, das auf der anderen Seite des Ritzels 7 in dem Getriebegehäuse 5 angeordnet ist. In diesem Fall hat das zusätzliche Lager 18 insbesondere bei Verwendung eines Magnetlagers vor allem die Funktion eines Führungs- und Dämpfungslagers.

Gemäß Fig. 4 trägt jede von einem Ritzel 7 angetriebene Rotorwelle 8 zwei Laufräder 9. Hinter jedem der so angeordneten LKaufräder 9 ist ein als Magnetlager ausgebildetes zusätzliches Lager angeordnet, das als Führungs und Dämpfungslager wirkt.

Durch die Lagerung der Rotorwelle 8 sehr nahe am Laufrad 9 ergibt sich ein sehr geringer Überhang des

Schwerpunktes des Laufrades 9. Gleichzeitig ist der Durchmesser der Rotorwelle 8 vergrößert, was durch die Verwendung einer keramischen, trockenen gasgeschmierten Schwimmringdichtung als Wellendichtung 25 begünstigt wird. Der geringe Überhang des Laufradschwerpunktes und der vergrößerte Durchmesser der Rotorwelle 8 verringern die Schwingungsanfälligkeit des Laufrades 9, so daß größere Schwingungsamplituden vermieden werden und ein ruhiger Lauf erreicht wird. Der große Umgebungsluft enthaltende Zwischenraum zwischen dem Schmieröl führenden Getriebegehäuse 5 und den Sauerstoff fördernden Verdichterstufen 1 bis 4 sorgt für eine saubere Trennung von Schmieröl und Sauerstoff. Beides vermindert die Brandgefahr des Getriebeverdichters, so daß ein sicherer Getriebeverdichter zur Verdichtung von Sauerstoff geschaffen ist. Die Erfindung ist daher auch für die Verdichtung anderer Gase als Sauerstoff einsetzbar, wenn eine absolute Ölfreiheit des verdichteten Gases im Bereich weniger ppm gefordert wird.

Patentansprüche

1. Getriebeverdichter mit einer oder mehreren von jeweils einem Verdichtergehäuse (15) umschlossenen Verdichterstufen (1 bis 4), wobei jede Verdichterstufe (1 bis 4) eine Rotorwelle (8) enthält und jede Rotorwelle (8) ein Ritzel (7) und an mindestens einem Ende ein Laufrad (9) trägt, das in jeweils einem der Verdichtergehäuse (15) umläuft, wobei jede Rotorwelle (8) von einem integrierten, ölgeschmierten Getriebe angetrieben und durch ein ölgeschmiertes Lager (10) in einem das Getriebe umschließenden Getriebegehäuse (5) gelagert ist, wobei jede Rotorwelle (8) zusätzlich durch ein Lager (18) in einer Haltekonstruktion gelagert ist, an der die Verdichtergehäuse (15) befestigt sind und die in einem Abstand von dem Getriebegehäuse (5) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß zum Verdichten von Sauerstoff die Rotorwelle (8) innerhalb des Verdichtergehäuse (15) und bei dem Durchtritt durch das Getriebegehäuse (5) gegenüber der Außenatmosphäre abgedichtet ist und daß zwischen der Haltekonstruktion und dem Getriebegehäuse (5) ein von Umgebungsluft durchströmbarer Zwischenraum gebildet ist.
2. Getriebeverdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zusätzliche Lager (18) durch ein mit Sauerstoff verträgliches Schmiermittel geschmiert ist.
3. Getriebeverdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zusätzliche Lager (18) ein Magnetlager ist.
4. Getriebeverdichter nach Anspruch 3, dadurch ge-

kennzeichnet, daß jede Verdichterstufe (1 bis 4) im Nabenteil ein konisches Fanglager (19) besitzt, das axial soweit verschiebbar ist, daß das Laufrad (9) bei einem Ausfall des Magnetlagers spielfrei geführt ist.

5. Getriebeverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß jede Rotorwelle (8) durch zwei ölgeschmierte Lager (10, 26) in dem Getriebegehäuse (5) gelagert ist und daß das zusätzliche Lager (18) als Führungs- und Dämpfungslager ausgebildet ist.
6. Getriebeverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Rotorwelle (8) zwei Laufräder (9) trägt und daß hinter jedem Laufrad (9) ein Magnetlager angeordnet ist.

Claims

1. Gear compressor with one or more compressor stages (1 to 4) each surrounded by a respective compressor housing (15), wherein each compressor stage (1 to 4) comprises a rotor shaft (8) and each rotor shaft (8) carries a pinion (7) and at least one end a rotor (9), which rotates in a respective one of the compressor housings (15), wherein each rotor shaft (8) is driven by an integrated, oil-lubricated gear and is borne by an oil-lubricated bearing (10) in a gear housing (5) enclosing the gear, wherein each rotor shaft (8) is additionally borne by a bearing (18) in a holding construction, to which the compressor housings (15) are fastened and which is arranged at a spacing from the gear housing (5), characterised thereby that for the compression of oxygen the rotor shaft (8) is sealed within the compressor housing (15) and at the passage through the gear housing (5) relative to the external atmosphere and that an intermediate space able to be flowed through by ambient air is formed between the holding construction and the gear housing (5).
2. Gear compressor according to claim 1, characterised thereby that the additional bearing (18) is lubricated by a lubricant compatible with oxygen.
3. Gear compressor according to claim 1, characterised thereby that the additional bearing (18) is a magnetic bearing.
4. Gear compressor according to claim 3, characterised thereby that each compressor stage (1 to 4) has in the hub part a cone safety bearing (19) which is axially displaceable to such an extent that the rotor (9) is guided free of play in the case of failure of the magnetic bearing.

5. Gear compressor according to one of claims 1 to 4, characterised thereby that each rotor shaft (8) is borne by two oil-lubricated bearings (10, 26) in the gear housing (5) and that the additional bearing (18) is constructed as a guiding and damping bearing.

6. Gear compressor according to one of claims 1 to 5, characterised thereby that a rotor shaft (8) carries two rotors (9) and that a magnetic bearing is arranged behind each rotor (9).

Revendications

1. Compresseur à transmission à engrenage, avec un ou plusieurs étages de compresseur (1 à 4) respectivement enclos par un carter de compresseur (15), chaque étage de compresseur (1 à 4) contenant un arbre rotor (8) et chaque arbre rotor (8) portant un pignon (7) et, à au moins une extrémité, une roue mobile (9) qui tourne respectivement dans l'un des carters de compresseur (15), chaque arbre rotor (8) étant entraîné par une transmission à engrenage intégrée, à lubrification par huile et tourillonnant, au moyen d'un palier (10) à lubrification par huile, dans un carter de transmission (5) entourant la transmission à engrenage, chaque arbre de rotor (8) tourillonnant en plus, au moyen d'un palier (18), dans une construction support, sur laquelle est fixé le carter de compresseur (15) et qui est disposée à distance du carter de transmission à engrenage (5), caractérisé en ce que, pour comprimer de l'oxygène, l'arbre de rotor (8) est isolé de façon étanche à l'intérieur du carter de compresseur (15) et, au passage à travers le carter de transmission (5) par rapport à l'atmosphère extérieure, et en ce que, entre la construction support et le carter de transmission (5), se trouve un espace intermédiaire susceptible d'être traversé par un flux d'air ambiant.
2. Compresseur à transmission à engrenage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le palier supplémentaire (18) est lubrifié par un lubrifiant compatible avec l'oxygène.
3. Compresseur à transmission à engrenage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le palier supplémentaire (18) est un palier magnétique.
4. Compresseur à transmission à engrenage selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque étage de compresseur (1 à 4) comporte dans la partie moyeu un palier capteur (19) conique déplaçable axialement d'une distance faisant que la roue mobile (9) est guidée sans jeu en cas de panne du palier magnétique.
5. Compresseur à transmission à engrenage selon

l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque arbre de rotor (8) tourillonne dans le carter de transmission (5) au moyen de deux paliers (10, 26) à lubrification par huile, et en ce que le palier supplémentaire (18) est réalisé sous la forme d'un palier de guidage et d'amortissement.

6. Compresseur à transmission à engrenage selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'un arbre de rotor (8) porte deux roues mobiles (9), et en ce qu'un palier magnétique est disposé derrière chaque roue mobile (9).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

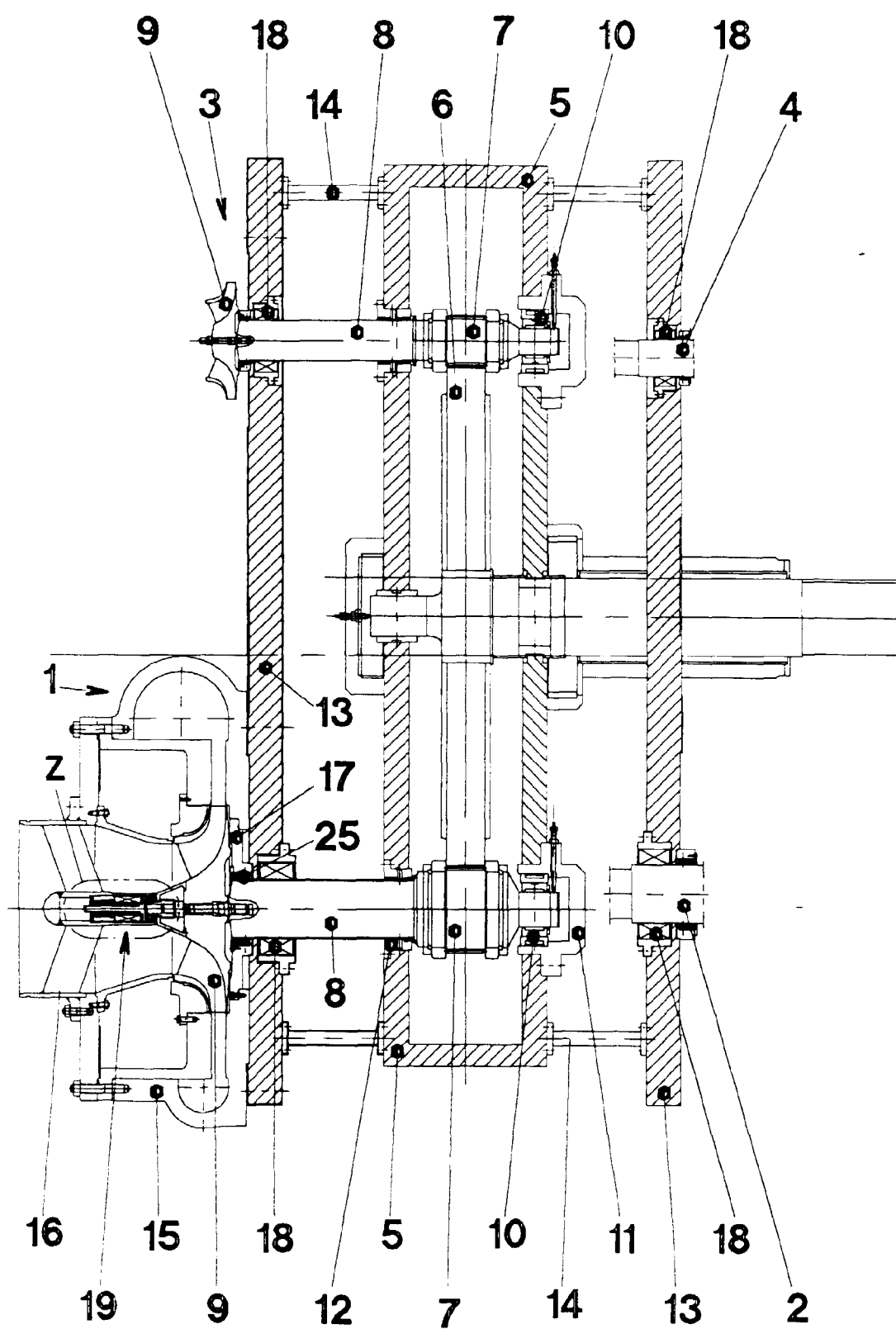


Fig. 1

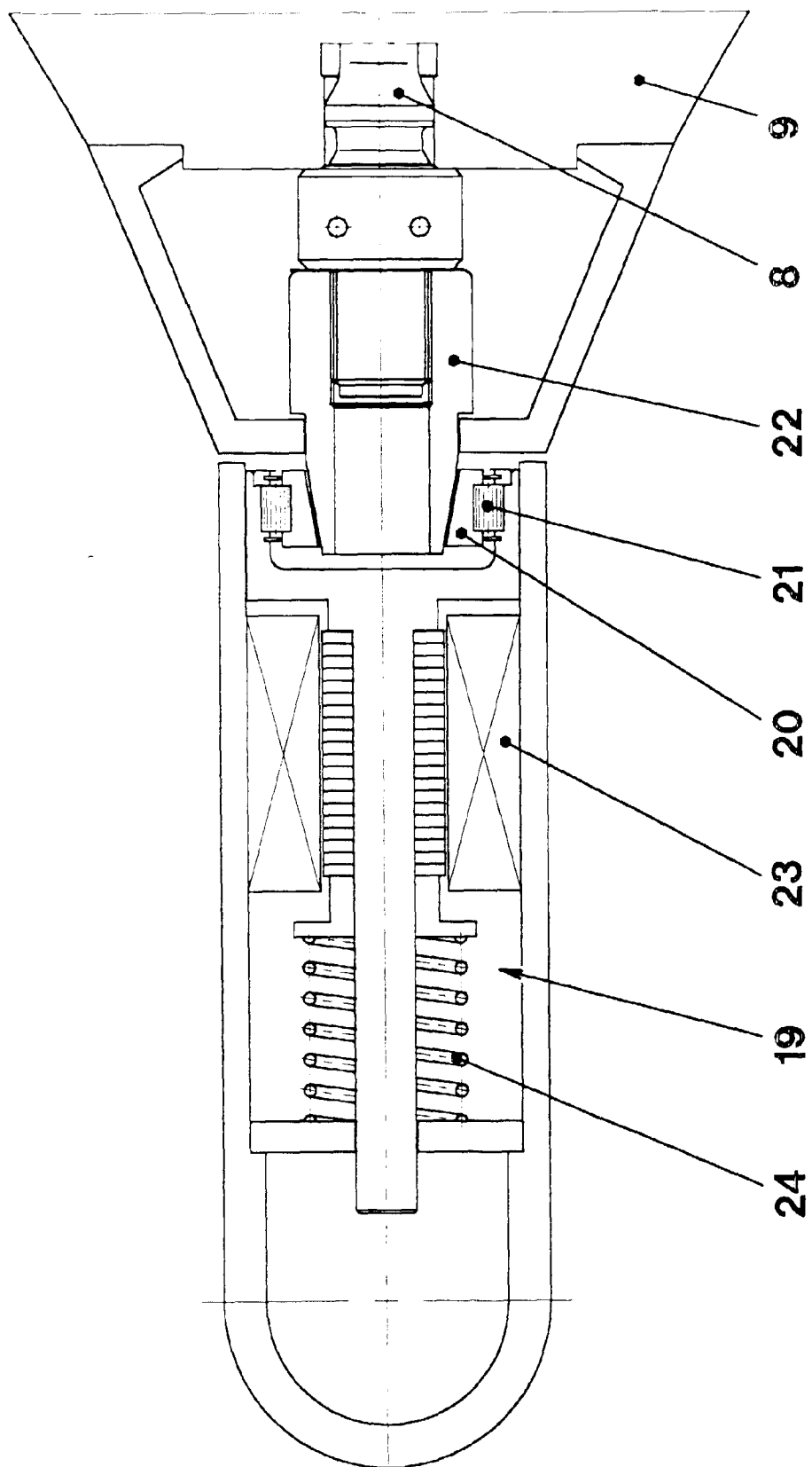


Fig. 2

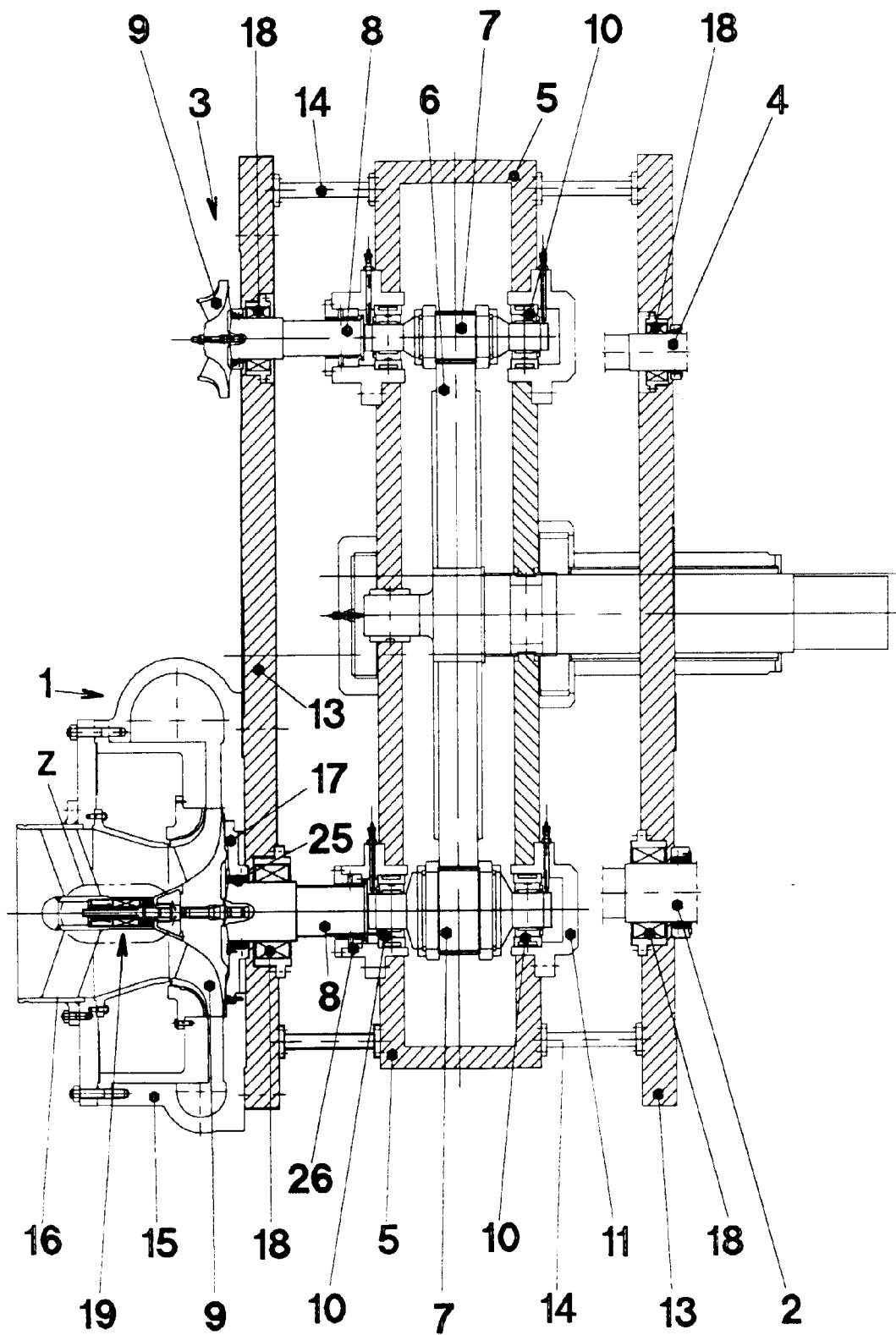


Fig. 3

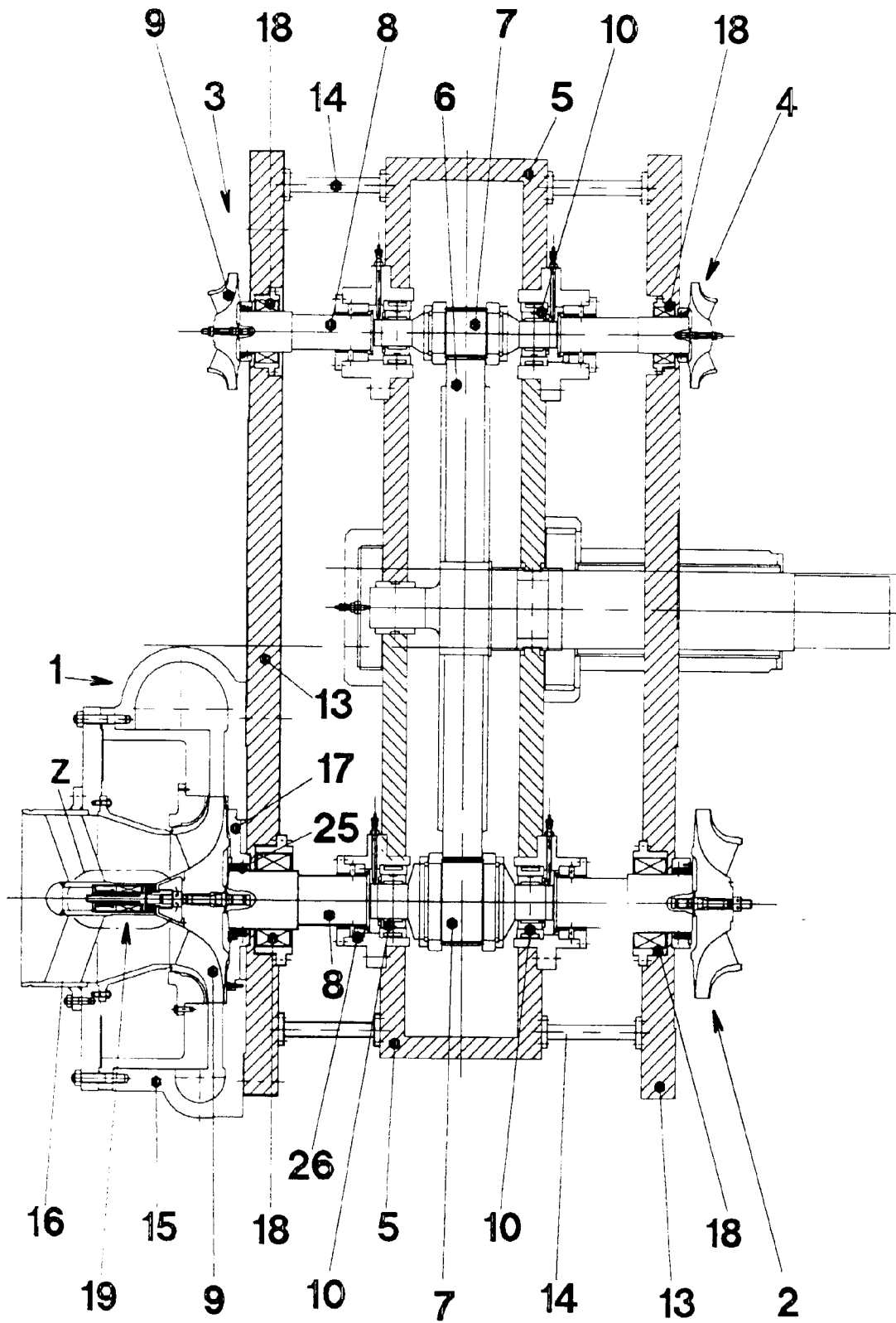


Fig. 4