

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 686 773 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **95102549.3**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F04D 25/16, F04D 29/58**

(22) Anmeldetag: **23.02.95**

(30) Priorität: **10.05.94 DE 4416497**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**13.12.95 Patentblatt 95/50**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR IT LI NL**

(71) Anmelder: **MAN Gutehoffnungshütte  
Aktiengesellschaft  
Bahnhofstrasse 66  
D-46145 Oberhausen (DE)**

(72) Erfinder: **Kotzur, Joachim, Dr.-Ing.  
Holtkampstrasse 18  
D-46145 Oberhausen (DE)**

### (54) Getriebe-Mehrwellenturbokompressor und Getriebe-Mehrwellenradialexpander

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Getriebe-Mehrwellenturbokompressor mit strömungsmäßig hintereinander geschalteten Laufrädern (25), die auf zwei oder mehr parallel zueinander angeordneten Ritzelwellen (6) befestigt sind, die direkt über ein Zentralrad (5) oder indirekt über Ritzelwellen am Umfang des Zentralrades (5) angetrieben werden.

Dabei sind im Bereich der Hochdruckstufen II und III auf einer Ritzelwelle (6) zwei oder mehr Kompressor-Laufräder (25) in gleicher Strömungsrichtung unter Zwischenschaltung eines Scheibendiffusors (9) angeordnet. Zwischen einem Zwischen-Austrittsgehäuse (13) und einem Zwischen-Ansaugstutzen (4) ist ein Zwischenkühler (24) angeordnet.

Das Gas tritt bei Stufe II durch den Ansaugstutzen (7) in das Laufrad (25) ein und tritt über ein Zwischen-Austrittsgehäuse (13) wieder aus dem Kompressor aus. Nach außen erfolgter Zwischenkühlung tritt das Gas über den Ansaugstutzen (4) wieder in die Stufe III ein und verläßt diese nach Durchströmen des zweiten Laufrades (25) über das Austrittsgehäuse (2).

Beim Radialexpander wird eine analoge Stufenanordnung Ia, IIa, IIIa bei entgegengesetzter Strömungsrichtung des Gases verwendet.

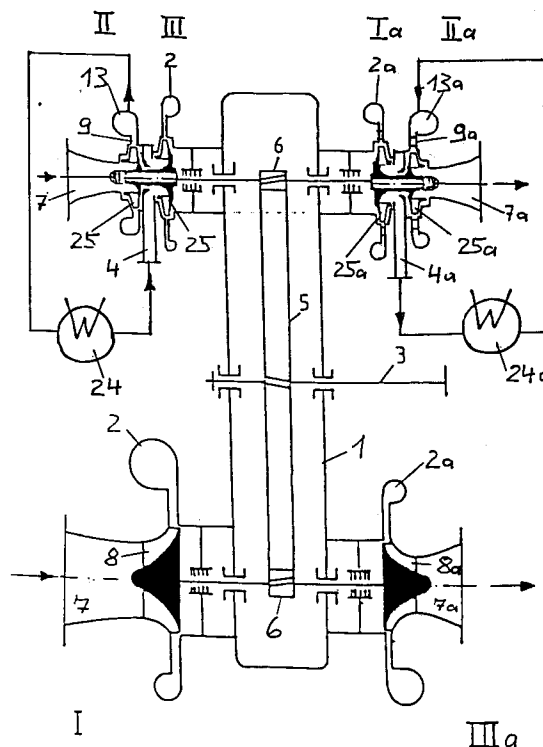


Fig 5

EP 0 686 773 A2

Die Erfindung betrifft einen mehrstufigen Getriebe-Mehrwellenturbokompressor mit strömungsmäßig hintereinandergeschalteten Laufrädern, wobei auf einer oder mehreren parallel zueinander angeordneten Ritzelwellen zwei oder mehr Kompressor-Laufräder befestigt sind, die, bezogen auf die Ritzelwellen, direkt über ein Zentralrad oder indirekt über Ritzelwellen am Umfang des Zentralrades angetrieben werden, wobei bei den den Niederdruckstufen (erste oder erste und zweite Ritzelwelle) folgenden Hochdruckstufen mehrere Laufräder in gleicher Durchströmungsrichtung vom Ansaugstutzen am Ritzelwellenende in Richtung Getriebegehäuse hintereinander unter Zwischenschaltung eines Scheibendiffusers angeordnet sind.

Die Leistungsübertragung auf die Kompressor-Laufräder kann im letztgenannten Fall über die Ritzelwelle des Antriebes via Zentralrad via Ritzelwelle des Kompressor-Laufrades oder Zentralrad via Zwischenzahnräder via Ritzelwelle des Kompressor-Laufrades erfolgen.

Zur Lösung der bei hohen Gesamtdruckverhältnissen bezüglich der hohen Ritzelwellendrehzahlen auftretenden Probleme werden nach der DE 42 34 739 bei den den Niederdruckstufen (erste oder zweite Ritzelwelle) folgenden Stufen ab zweite oder dritte Ritzelwelle mehrere Laufräder hintereinander unter Zwischenschaltung eines Scheibendiffusers und eines Rückführtringes auf wenigstens eine Ritzelwelle angeordnet.

Nachteilig ist bei dieser Ausführung, daß bei höheren Druckverhältnissen der Stufengruppen keine Zwischenkühlung nach jedem Laufrad stattfindet.

Die in der DE-OS 25 18 628 dargestellte Lösung, bei der jeweils ein Paar Laufräder auf der Ritzelwelle Rücken an Rücken angeordnet sind, erlaubt eine solche Zwischenkühlung, bietet jedoch rotordynamisch eher Verschlechterungen, da hier durch den zwischen Getriebegehäuse und Laufrad angeordneten radialen Ansaugstutzen ein großer Schwerpunktabstand des überhängenden Rotorteils zum Ritzelwellenlager entsteht.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Getriebe-Mehrwellenturbokompressor zu schaffen, der die genannten Nachteile des Standes der Technik vermeidet und wo bei gleichbleibender Drehzahl der Gesamtwirkungsgrad und das Gesamtdruckverhältnis gesteigert werden kann, ohne rotordynamische Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt in der Weise, wie es in dem Hauptanspruch angegeben ist. Die Unteransprüche dienen der vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß bei den den Niederdruckstufen (erste oder erste und zweite Ritzelwelle) folgenden Stufen mehrere Laufräder in gleicher Durchströmungsrichtung vom Ritzelwellenende in Richtung

Getriebegehäuse hintereinander, unter Zwischenschaltung eines Zwischen-Austrittsgehäuses, eines Zwischenkühlers sowie eines Zwischen-Eintrittsgehäuses zur Folgestufe angeordnet sind.

Dabei bleibt der Schwerpunktabstand des überhängenden Wellenteils in gleicher Größenordnung wie bei der Lösung nach der DE 42 34 739, insbesondere bei Ausbildung der Spiralgehäuse mit asymmetrischer Lage der Spiralquerschnitte zu den Laufradaustritten, und zwar bei dem Zwischen-Austrittsgehäuse asymmetrisch in Richtung Ritzelwellenende und bei dem Austrittsgehäuse in Richtung Getriebegehäuse.

Die Niederdruckstufen können hierbei als konventionelle Einzelstufen mit großem Schluckvermögen und hoher Umfangsgeschwindigkeit ausgeführt werden, meistens mit Laufrädern in halboffener Bauart ohne Deckscheibe. Die Hochdruckstufen in den Stufengruppen werden meist mit Laufrädern mit Deckscheibe ausgeführt, jedoch kann bei der ersten Stufe der Hochdruckstufengruppe auch auf die Deckscheibe verzichtet werden.

Werden die Laufräder der Hochdruckstufengruppen durch Stirnverzahnungen und Zentralbolzen miteinander verbunden, können die Innengehäuse auch bei horizontal ungeteiltem Außengehäuse horizontal ungeteilt ausgeführt werden.

Werden die Laufräder aus rotordynamischen Gründen miteinander fest verbunden, erfordert dies eine horizontale Teilung mindestens des Innengehäuses des Zwischen-Eintrittsgehäuses.

Durch Umkehrung der Durchströmungsrichtung entsteht ein Mehrwellenradialexpander, bei dem durch das Einfügen des Zwischen-Austrittsgehäuses und des Zwischen-Eintrittsgehäuses die Möglichkeit einer Zwischenüberhitzung des Gases genutzt werden kann.

Durch die gemeinsame Anordnung von Kompressor- und Radialexpander-Stufengruppen auf einer Ritzelwelle und entsprechend von hochschluckfähigen Kompressor- und Radialexpanderstufen im Niederdruckteil lassen sich maximale Gesamtdruckverhältnisse von Turbokompressoren und Radialexpandern mit nur einem Getriebe realisieren.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von schematischen Zeichnungen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch die Teilfuge eines Turbokompressors nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 einen Schnitt durch die Teilfuge eines erfindungsgemäßen Getriebe-Mehrwellenturbokompressors mit einer konventionellen Niederdruckwelle und einer neuartigen Hochdruckwelle,

Fig. 3 einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Stufengruppe mit horizontal

- ungeteilten Innengehäusen,  
 Fig. 4 einen Schnitt durch eine erfindungs-  
 gemäße Stufengruppe mit horizontal  
 geteiltem Zwischengehäuse und  
 Fig. 5 eine erfindungsgemäße Kombination  
 von Mehrwellenturbokompressor-  
 (links) und Radialexpander-Stufen-  
 gruppen (rechts).

Fig. 1 stellt einen Schnitt durch eine horizontale Teilfuge eines bekannten Getriebe-Mehrwellenkompressors dar. Der Turbokompressor mit dem Ansaugstutzen (7) und Austrittsgehäuse (2) ist mit einer Niederdruckwelle (6) mit den Einzelstufen I und II mit Laufrädern (8) halboffener Bauart ohne Deckscheibe sowie einer Hochdruckwelle (6) mit den Stufengruppen III, IV sowie V, VI ausgerüstet.

Auf der Hochdruckwelle sind jeweils zwei Kompressor-Laufräder (25) mit Deckscheibe in gleicher Strömungsrichtung angeordnet. Zwischengeschaltet sind Scheibendiffusoren (9) und Rückführringe (10).

Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch eine horizontale Teilfuge eines erfindungsgemäßen Turbokompressors.

Der Niederdruckteil ist hierbei mit einer konventionellen Niederdruck-Welle (6) mit den Einzelstufen I und II mit Laufrädern (8) halboffener Bauart ohne Deckscheibe und einer Hochdruck-Welle (6) mit den Stufen III und IV sowie V und VI mit Laufrädern (25) mit Deckscheibe ausgerüstet. Das Gas tritt bei Stufe III axial über den Ansaugstutzen (7) in das Laufrad (25) ein und tritt über ein Zwischen-Austrittsgehäuse (13) wieder aus dem Kompressor aus. Nach erfolgter Zwischenkühlung (Zwischenkühler 24) tritt das Gas über den Zwischen-Ansaugstutzen (4) wieder in die Stufengruppe III - IV dieses Ritzelwellenendes (6) ein und verläßt die Stufengruppe III - IV nach Durchströmung des Laufrades (25) der Stufe IV über das Austrittsgehäuse (2).

Entsprechendes gilt für die Stufengruppe V - VI.

Fig. 3 zeigt einen vertikalen Längsschnitt durch eine Stufengruppe III - IV bzw. V - VI eines erfindungsgemäßen Getriebe-Mehrwellenturbokompressors.

Hierbei sind die beiden Stufen der Stufengruppe III - IV bzw. V - VI in einem horizontal ungeteilten Außengehäuse (18) untergebracht. Die Ansaugung zum ersten Laufrad (25) erfolgt axial über einen Saugstutzen (7), der in dem horizontal ungeteilten Innengehäuse (15) angeordnet ist.

In diesem Innengehäuse (15) ist auch das Zwischen-Austrittsgehäuse (13) nach dem Laufrad (25) angeordnet, über dessen Anschlußstutzen (hier nicht dargestellt) im Außengehäuse (18) das Gas zum (hier nicht dargestellten) Zwischenkühler austritt. Über den Zwischen-Ansaugstutzen (4) tritt das

Gas wieder in die Stufengruppe ein. Da beide Laufräder (25) durch die Verbindungsbuchse (20) vor der Montage auf der Ritzelwelle (6) fest miteinander verbunden sind, muß das Innengehäuse (17, 17b) mit dem Ansaugraum horizontal geteilt ausgeführt sein. Nach Verlassen des zweiten Laufrades (25) tritt das Gas durch das Austrittsgehäuse (2) über einen (hier nicht sichtbaren) Stutzen am Außengehäuse (18) aus der Stufengruppe aus. Das Zwischen-Austrittsgehäuse (13) und das Austrittsgehäuse (2) sind bezüglich ihres Strömungsquerschnittes asymmetrisch zu den Laufradaustritten (23) der vorgeschalteten Laufräder (25) angeordnet, und zwar bei dem Zwischen-Austrittsgehäuse (13) der ersten Stufe der Stufengruppe in Richtung des axialen Ansaugstutzens (7) und bei dem Austrittsgehäuse (2) der zweiten Stufe in Richtung Getriebegehäuse (1a, 1b). Dadurch ergibt sich der erforderliche Platz für das Innengehäuse (17a, 17b) mit dem Ansaugraum, ohne das Ritzelwellenende gegenüber der bekannten Lösung (Fig. 1) zu verlängern.

Die beiden durch eine Verbindungsbuchse (20) fest miteinander verbundenen Laufräder (25) sind über die Stirnverzahnungen (11) und die zentrale Befestigungsschraube (12) an der Ritzelwelle befestigt. Die Verbindung der Laufräder miteinander erfolgt hier durch Einschrumpfen der Laufräder (25) in die Verbindungsbuchse (20).

Fig. 4 zeigt eine Stufenanordnung gemäß Fig. 3 als Mehrwellen-Radialexpander ausgeführt. Hierbei tritt das Gas über einen hier nicht dargestellten Stutzen am Außengehäuse (18) und über das Eintrittsgehäuse (2a) der dem Getriebegehäuse (Getriebegehäuse-Oberteil 1a, Getriebegehäuse-Unterteil 1b) benachbarten Stufe in die Stufengruppe ein und nach Durchströmen des Laufrades (25a) über das Innengehäuse mit dem Austrittsraum (16) und dem am Außengehäuse (18) angeordneten Stutzen (4a) aus der Stufengruppe aus.

Nach einer äußeren Zwischenüberhitzung tritt das Gas über einen (hier nicht dargestellten) am Außengehäuse (18) angeordneten Stutzen und über das Zwischen-Eintrittsgehäuse (13a) des am Ritzelwellenende angeordneten Laufrades (25a) und über Leitschaufeln (21) in das Laufrad (25a) ein.

Nach Verlassen des Laufrades (25a) strömt das Gas über den axialen Austrittsstutzen (7a) ab.

Da hier beide Laufräder (25a) über eine Stirnverzahnung (11) miteinander verbunden sind, braucht das Innengehäuse (16) mit dem Austrittsraum nicht für die Montage horizontal geteilt zu werden.

Fig. 5 zeigt schließlich eine Kombination eines erfindungsgemäßen Getriebe-Mehrwellenturbokompressors (linke Bildhälfte) und eines erfindungsgemäßen Mehrwellenradialexpanders (rechte Bildhälfte).

te), die an einem gemeinsamen Getriebegehäuse (1) auf gemeinsamen Ritzelwellen (6) angeordnet sind.

Der Niederdruckstufe I des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors entspricht die Niederdruckstufe IIIa des Mehrwellenradialexpanders im unteren Teil von Fig. 5.

Die Hochdruckstufen II, III des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors und die Hochdruckstufen Ia, IIa des Mehrwellenradialexpanders sind im oberen Teil von Fig. 5 erkennbar.

Den Austrittsgehäusen (2) auf der Kompressorseite entsprechen die Eintrittsgehäuse (2a) des Radialexpanders.

Dem Zwischen-Austrittsgehäuse (13) entspricht das Zwischen-Eintrittsgehäuse (13a), dem Zwischenansaugstutzen (4) entspricht der Zwischenaustrittsstutzen (4a). Für den axialen Ansaugstutzen (7) gilt hier der axiale Austrittsstutzen (7a), der als Austrittsdiffusor ausgebildet ist, und für den Scheibendiffusor (9) beim Mehrwellen-Radialexpander der Scheibenringraum (9a).

Den Laufrädern (8, 25) des Kompressors entsprechen beim Radialexpander die Laufräder (8a, 25a).

Bezugsziffernliste:

1  
Getriebegehäuse  
1a  
Getriebegehäuse-Oberteil  
1b  
Getriebegehäuse-Unterteil  
2  
Austrittsgehäuse bei Kompressoren  
2a  
Eintrittsgehäuse bei Radialexpandern  
3  
Antriebswelle des Zentralrades  
4  
Zwischenansaugstutzen des Kompressors  
4a  
Zwischenausstrittsstutzen des Radialexpanders  
5  
Zentralrad  
6  
Ritzelwelle mit Kompressor- und/oder Radialexpanderstufen  
7  
Axialer Ansaugstutzen für Kompressorstufen  
7a  
Axialer Austrittsstutzen für Radialexpander-Stufen  
8  
Laufrad Niederdruck-Stufe Kompressor  
8a  
Laufrad Niederdruck-Stufe Expander

9  
Scheibendiffusor bei Kompressor, beschaufelt oder unbeschaufelt  
9a  
Scheibenringraum bei Radialexpander, beschaufelt oder unbeschaufelt  
10  
Rückführing des Kompressors  
11  
Stirnverzahnung (nach Hirth)  
12  
zentrale Befestigungsschraube für Stirnverzahnung  
13  
Zwischen-Austrittsgehäuse bei Kompressoren  
13a  
Zwischen-Eintrittsgehäuse bei Radialexpandern  
14  
Wellendichtung  
20  
14a  
Horizontal geteiltes Wellendichtungs-Oberteil  
14b  
Horizontal geteiltes Wellendichtungs-Unterteil  
15  
Horizontal ungeteiltes Innengehäuse mit Spirale  
16  
Horizontal ungeteiltes Innengehäuse mit Austrittsraum  
17  
Horizontal geteiltes Innengehäuse mit Ansaugraum  
17a  
Oberteil von 17  
17b  
Unterteil von 17  
35  
18  
Horizontal ungeteiltes Außengehäuse  
19  
Laufraddichtung  
40  
19a  
Horizontal geteilte Laufraddichtung Oberteil  
19b  
Horizontal geteilte Laufraddichtung Unterteil  
20  
45  
Verbindungsbuchse  
21  
Leitschaukeln im Scheibenringraum  
22  
Leitschaukeln im Ansaugraum  
50  
22a  
Leitschaukeln im Austrittsraum  
23  
Laufradaustritt Kompressor  
23a  
55  
Laufradeintritt Radialexpander  
24  
Zwischenkühler  
24a

Zwischenerhitzer

25

Lauftrad Hochdruckstufengruppen Kompressor

25a

Lauftrad Hochdruck-Stufengruppen Radialexpander

I, II, III, IV, V, VI:

Reihenfolge der Laufräder in Strömungsrichtung beim Kompressor

Ia, IIa, IIIa, IVa, Va, VIa:

Reihenfolge der Laufräder in Strömungsrichtung beim Radialexpander

## Patentansprüche

1. Mehrstufiger Getriebe-Mehrwellenturbokompressor mit strömungsmäßig hintereinandergeschalteten Laufrädern, wobei auf einer oder mehreren parallel zueinander angeordneten Ritzelwellen zwei oder mehr Kompressor-Laufräder befestigt sind, die, bezogen auf die Ritzelwellen, direkt über ein Zentralrad oder indirekt über Ritzelwellen am Umfang des Zentralrades angetrieben werden, wobei bei den den Niederdruckstufen (erste oder erste und zweite Ritzelwelle) folgenden Hochdruckstufen mehrere Laufräder in gleicher Durchströmungsrichtung vom Ansaugstutzen am Ritzelwellenende in Richtung Getriebegehäuse hintereinander unter Zwischenschaltung eines Scheibendiffusers angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß sich an den Scheibendiffuser (9) ein Zwischen-Austrittsgehäuse (13) anschließt, über das das Gas einem Zwischenkühler (24) zugeführt wird und anschließend in den Zwischen-Ansaugstutzen (4) zur Folgestufe mit dem Austrittsgehäuse (2) gelangt. 15
2. Mehrstufiger Getriebe-Mehrwellenturbokompressor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischen-Austrittsgehäuse (13) ein Spiralgehäuse ist. 20
3. Mehrstufiger Getriebe-Mehrwellenturbokompressor nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischen-Austrittsgehäuse (13), bezogen auf den Laufradaustritt (23), in Richtung Ansaugstutzen (7) am Ritzelwellenende einen asymmetrischen Strömungsquerschnitt und daß das Austrittsgehäuse (2) dieser Stufen- 25  
gruppe einen asymmetrischen Strömungsquerschnitt zu seinem Laufradaustritt (23) in Richtung Getriebegehäuse (1) aufweist. 30  
35  
40  
45  
50  
55
4. Mehrstufiger Getriebe-Mehrwellenturbokompressor nach den Ansprüchen 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Getriebe-Mehrwellenturbokompressor durch Umkehrung der Strömungsrichtung, d.h., Eintritt des Gases durch das Eintrittsgehäuse (2a) und Austritt des Gases durch den axialen Austrittsdiffuser (7a) als Mehrwellenradialexpander ausgebildet ist. 5
5. Mehrstufiger Getriebe-Mehrwellenturbokompressor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Austrittsgehäuse (2) der Hochdruckstufen des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors als Eintrittsgehäuse (2a) eines Mehrwellenradialexpanders ausgebildet ist, daß der Scheibendiffuser (9) der Hochdruckstufen des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors als Eintritts-Scheibenringraum (9a) eines Mehrwellenradialexpanders verwendet wird, daß die Laufräder (25) des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors als Laufräder (25a) des Mehrwellenradialexpanders verwendet werden, daß der Zwischen-Ansaugstutzen (4) des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors als Zwischenaustrittsstutzen (4a) des Mehrwellenradialexpanders, daß das Zwischen-Austrittsgehäuse (13) des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors als Zwischen-Eintrittsgehäuse (13a) des Mehrwellenradialexpanders ausgeführt ist, und daß der Ansaugstutzen (7) des Getriebe-Mehrwellenturbokompressors als Austrittsstutzen (7a) des Mehrwellenradialexpanders ausgebildet ist. 10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55
6. Mehrstufiger Getriebe-Mehrwellenturbokompressor nach den Ansprüchen 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß Hochdruckstufengruppen von Getriebe-Mehrwellenturbokompressoren und Mehrwellenradialexpandern auf gleichen Ritzelwellen (6) angeordnet sind. 5

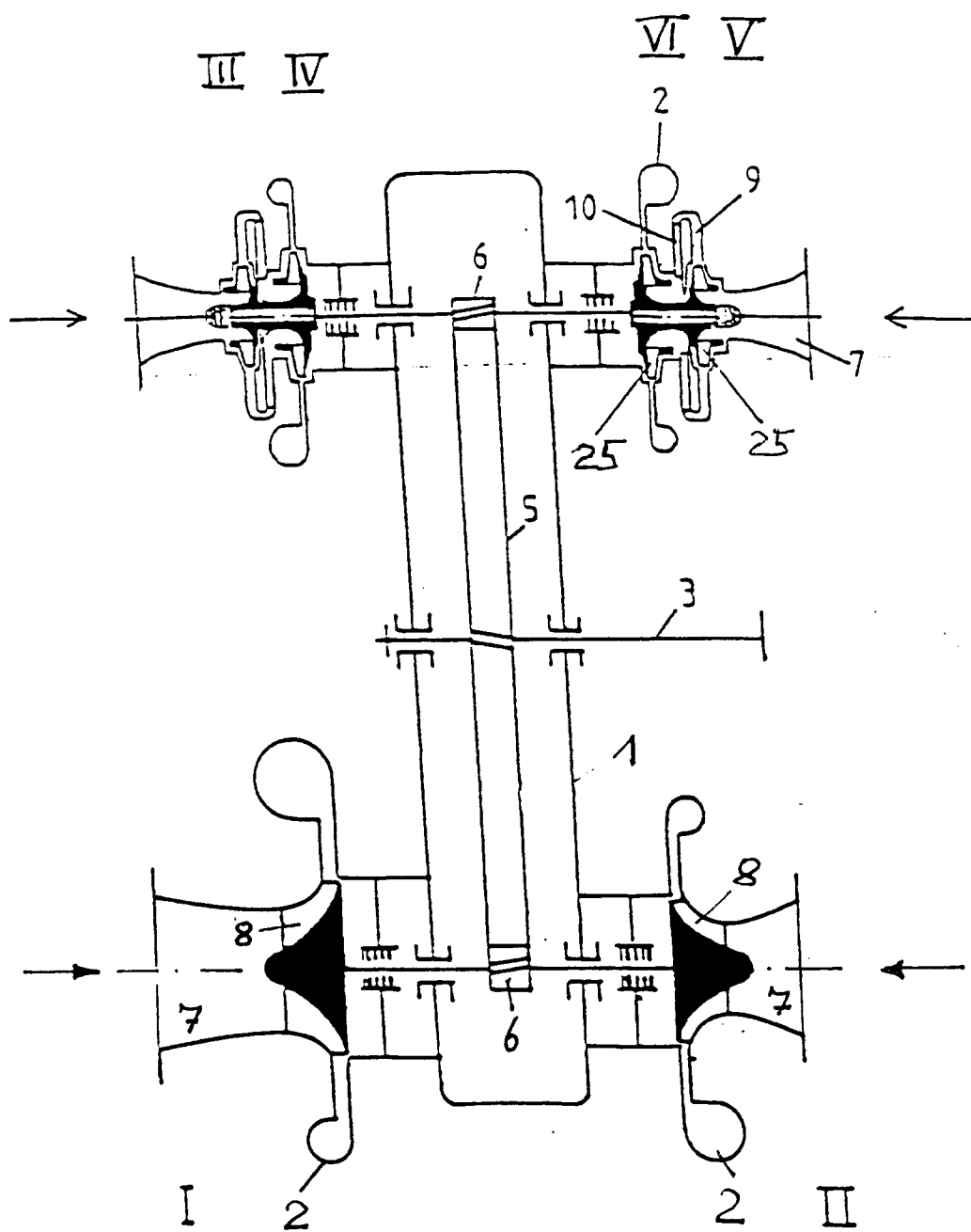


Fig. 1

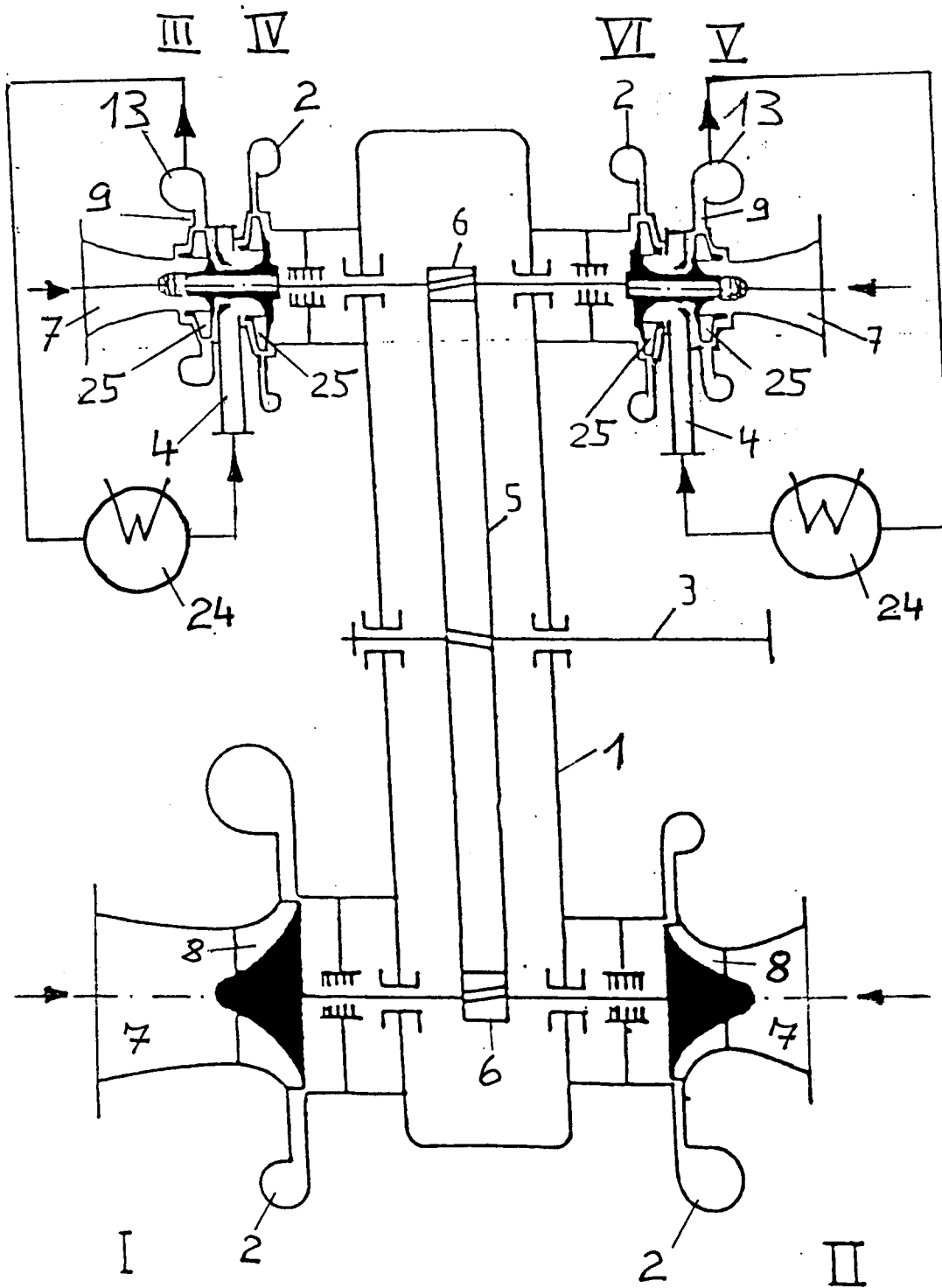


Fig 2

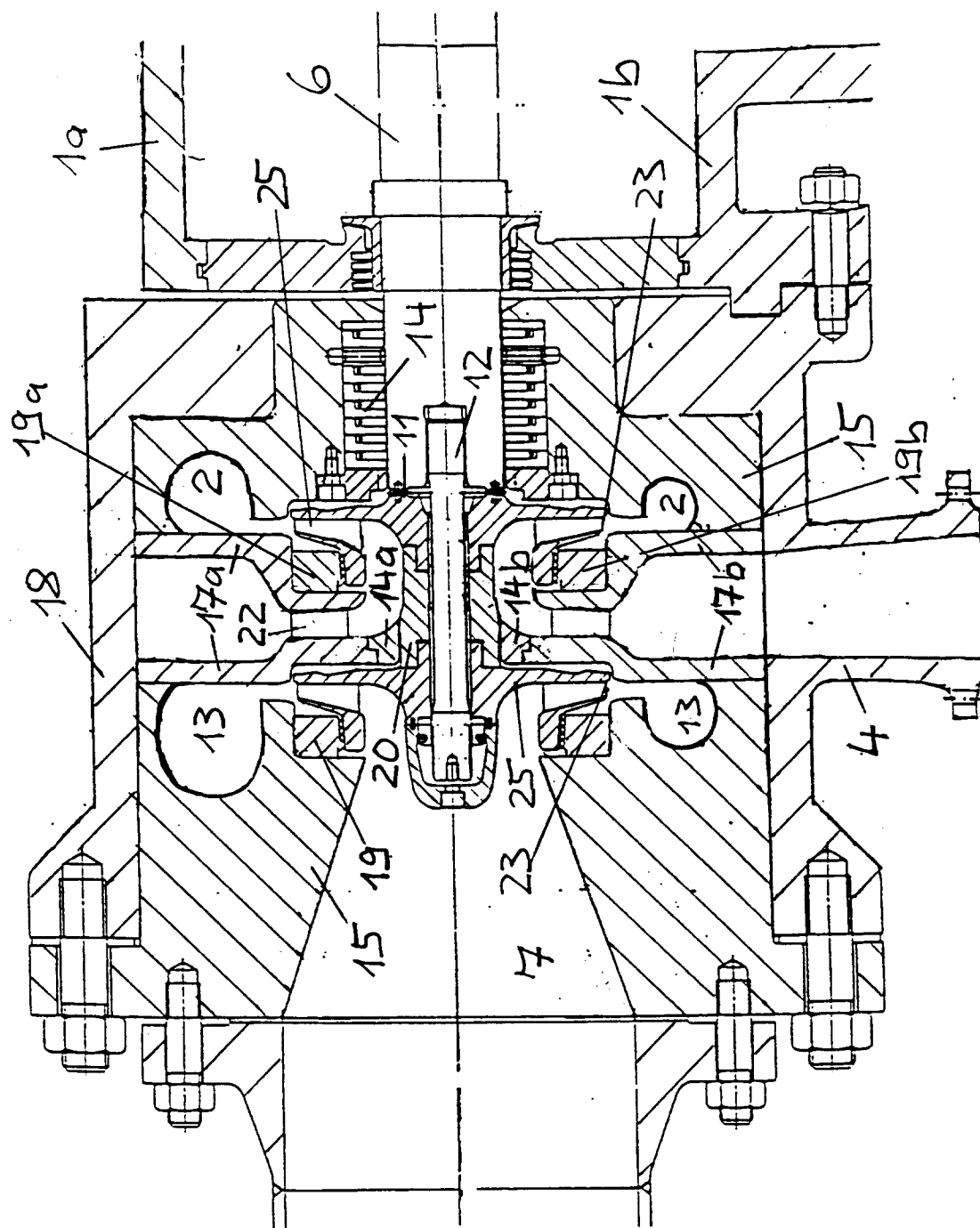


Fig. 3



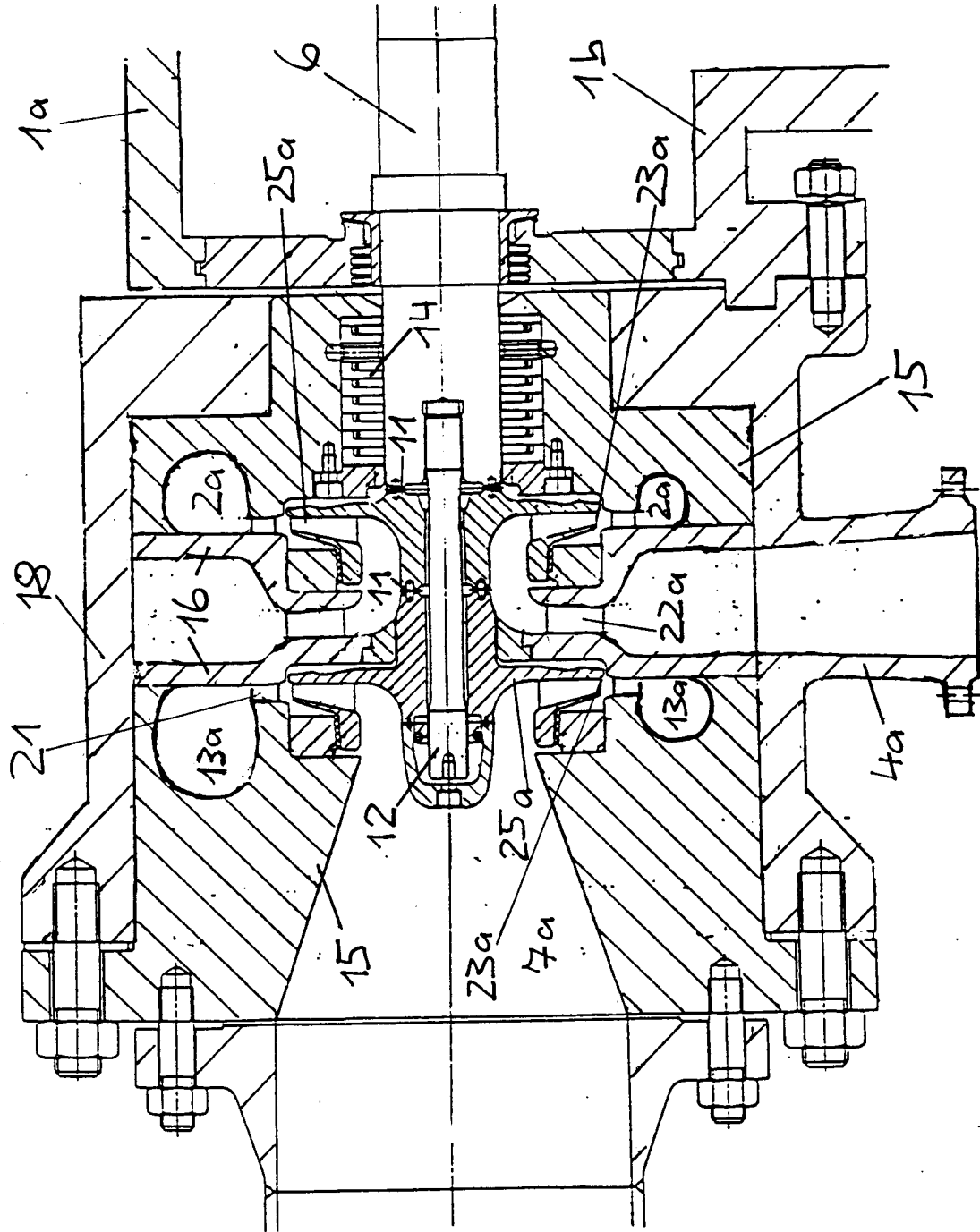


Fig. 4

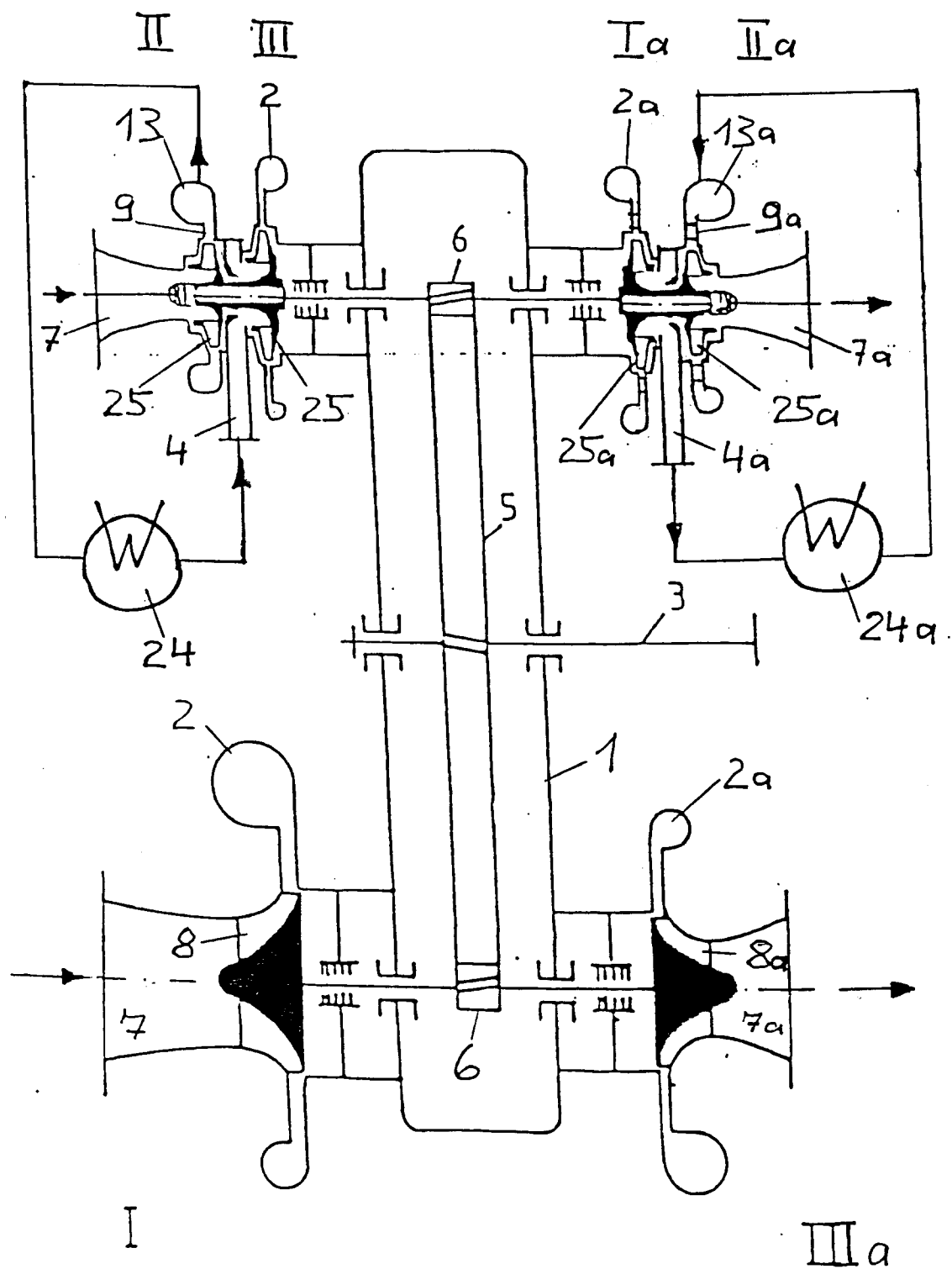


Fig 5