

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 81201139.3

51 Int. Cl.³: **F 04 F 11/02**

22 Anmeldetag: 13.10.81

30 Priorität: 04.11.80 CH 8188/80

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.05.82 Patentblatt 82/19

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: **BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.**

CH-5401 Baden(CH)

72 Erfinder: **Mayer, Andreas, Dipl.-Ing.**
Fohrhölzlistrasse 14b
CH-5443 Niederrohrdorf(CH)

72 Erfinder: **Haase, Werner, Dr., Dipl.-Ing.**
Eschbacherstrasse 13
D-7890 Waldshut(DE)

54 **Druckwellenmaschine zur Aufladung von Verbrennungsmotoren.**

57 Zumindest das Rotorgehäuse (12) und der Rotor (1) der Druckwellenmaschine bestehen aus keramischen Materialien, wobei zum Ausgleich der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen der keramischen und der metallischen Bauteile die Verbindungsmittel (13) im wesentlichen parallel zur Rotorachse soweit elastisch nachgiebig sind, dass im ganzen während des Betriebes vorkommenden Temperaturbereich der Formschluss der Verbindungsmittel (13) gewahrt bleibt, ohne dass die Druckfestigkeit der keramischen Bauteile überschritten wird.

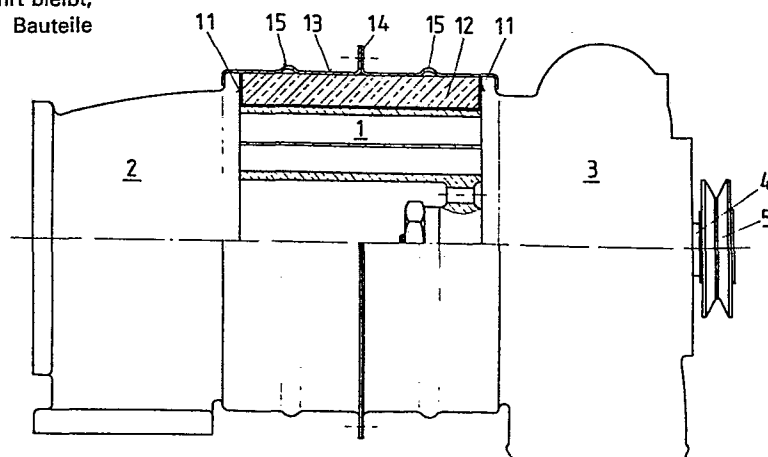


FIG.3

- 1 -

Druckwellenmaschine zur Aufladung von Verbrennungsmotoren

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Druckwellenmaschine zur Aufladung von Verbrennungsmotoren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

5 Zu den Massnahmen, mit denen man den Wirkungsgrad von Druckwellenmaschinen zu verbessern trachtet, gehört eine Verringerung der Spiele zwischen den Stirnseiten des Rotorkörpers und dem Gasgehäuse bzw. dem Luftgehäuse. Um die Leckverluste so gering wie möglich zu halten, trachtet man, diese Spiele möglichst klein zu halten, wobei sie
10 im ganzen Betriebsbereich möglichst konstant bleiben sollen.

Die Einhaltung dieser Bedingungen sucht man zu erreichen durch Wahl geeigneter, bezüglich ihrer Wärmedehnzahlen aufeinander abgestimmter Werkstoffe, die aber gleichzeitig den im Betrieb auftretenden thermischen und dynamischen Beanspruchungen genügen müssen. Dies gilt insbesondere für
15 den Rotor, für den nur hochwarmfeste Materialien in Frage kommen.

Bis anhin hatte sich dafür u.a. eine Invar-Legierung hoher Warmfestigkeit und bis zu einer Temperatur von etwa 350°C (Curie-Punkt) gleichbleibend kleiner Wärmedehnzahl als geeignet erwiesen. Oberhalb dieser Temperatur aber nimmt
5 die Wärmedehnzahl dann sprunghaft zu, so dass, wenn nicht spezielle, die Herstellung verteuernde konstruktive Massnahmen getroffen werden, der Laderwirkungsgrad stark abnimmt. Für diese höheren Temperaturen ist diese Legierung also nur mehr bedingt geeignet. Mit dem Streben nach noch
10 höheren Abgastemperaturen, beispielsweise bei Ottomotoren, genügen auch sonstige legierte Stähle oder metallische Superlegierungen den besagten Anforderungen nicht mehr.

Die Forderung nach möglichst kleinen Spielen zwischen den rotierenden und den stationären Komponenten im ganzen Lastbereich des Motors ist mit den bisher dafür verwendeten
15 Werkstoffen nur sehr unvollkommen zu erfüllen. Denn bei schnellen Lastwechseln erleidet jeweils der Rotor die schnellste Temperaturänderung und damit Durchmesser- und Längenänderung. Die anderen Teile erfahren die Aenderung
20 der Temperatur und damit ihrer Abmessungen mit Verzug, so dass die Spiele vorübergehend - beim Beschleunigen - ganz aufgehoben werden können, der Rotor also anzustreifen beginnt oder - beim Drosseln - der Rotor sich schneller abkühlt und die Spiele damit vorübergehend sehr gross werden
25 und der Wirkungsgrad entsprechend abnimmt.

Um diese Spieländerungen in möglichst engen Grenzen zu halten, führt man die Wandstärke des Rotorgehäuses möglichst dünn aus, so dass sich dieses bei Lastwechseln rasch erwärmt bzw. abkühlt und damit den schnellen Längen-
30 und Durchmesseränderungen des Rotors genügend rasch zu folgen vermag. Kleine Wandstärken des Rotorgehäuses bedeuten aber grössere Wärmeverluste und damit eine Wir-

kungsgradeinbusse.

Die vorliegende, im kennzeichnenden Teil des Patentan-
spruchs 1 definierte Erfindung entstand aus der Aufgabe,
eine Ausführung für den Rotor und das Rotorgehäuse einer
5 Druckwellenmaschine zu finden, bei der die vorstehend be-
schriebenen Nachteile vermieden sind, d.h., bei der bei
allen Betriebszuständen und speziell bei Laständerungen
für die erwähnten Spiele zwischen den Rotorstirnseiten
und den Stirnseiten des Gas- bzw. des Luftgehäuses gleich-
10 bleibend kleine Werte gewahrt bleiben, um Spülverluste
bzw. das Anstreifen zu vermeiden, und bei der dank höherer
thermischer Belastbarkeit ein besserer Wirkungsgrad er-
reichbar und eine bessere Beschleunigungsfähigkeit er-
zielt wird.

15 Dies wird gemäss der Erfindung durch die Verwendung kera-
mischer Werkstoffe für den Rotor und das Gehäuse und den
Eigenschaften dieses für Druckwellenmaschinen neuartigen
Werkstoffs angepasste konstruktive Gestaltung dieser Teile
und der Mittel zu ihrer Verbindung mit der Rotorwelle bzw.
20 mit dem Gas- und dem Luftgehäuse verwirklicht.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in der Zeich-
nung dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben.
In der Zeichnung stellen dar:

25 Fig. 1, 3 und 4 drei Ausführungsformen von erfindungs-
gemässen Druckwellenmaschinen in teil-
weise geschnittener Ansicht,

Fig. 2 ein Detail der Ausführung nach Fig. 1, die

Fig. 5 bis 8 zwei Ausführungsbeispiele für die Abdich-

- 4 -

tung der Verbindungsstelle zwischen Rotorgehäuse und Luft- bzw. Gasgehäuse, die

5 Fig. 9 und 10 einen Rotor der erfindungsgemässen Bauart in einem Längsschnitt und in einer Seitenansicht, und die

Fig. 11 bis 17 verschiedene Möglichkeiten für eine werkstoffgerechte Verbindung des Rotors aus Keramik mit seiner Antriebswelle aus
10 Stahl.

In den Fig. 1 sowie 3 und 4 ist das Gasgehäuse für die Zu- und Abfuhr der Abgase des Motors in den bzw. aus dem Rotor 1 mit 2 und das Luftgehäuse für das Ansaugen der Verbrennungsluft und Zuführen der verdichteten Ladeluft in den
15 Motor mit 3 bezeichnet. Der Rotor 1 ist mit seiner Rotorwelle 4 im Luftgehäuse 3 fliegend gelagert. Ausserhalb desselben sitzt am Wellenende eine Keilriemenscheibe 5 zum zwangsläufigen Antrieb des Rotors 1 durch den Motor.

Der Rotor 1 besteht ebenso wie das ihn umgebende Rotorgehäuse 6 aus keramischem Material, z.B. aus reaktionsgesinterter Siliziumnitridkeramik oder Siliziumkarbid, das in bekannter Weise nach dem Pressen, Giessen oder Extrudieren und Trocknen des Grünlings, d.h., des rohen ungebrannten Formkörpers, gebrannt und einem chemischen Här-
25 tungsprozess unterworfen wird. Gegenüber einem Rotorgehäuse aus Metall ergibt sich bei diesem Gehäuse 6 aus Keramik das Problem, wegen der unterschiedlichen Wärmedehnzahlen des Gehäusewerkstoffs und der metallischen Verbindungselemente, mit denen das Gehäuse 6 mit dem aus Metall
30 bestehenden Gasgehäuse 2 und Luftgehäuse 3 verbunden ist,

diese Verbindungselemente so zu gestalten, dass unzulässig hohe Wärmespannungen, insbesondere Zugspannungen in der Keramik, als Folge von Dehnungsdifferenzen mit Sicherheit vermieden werden.

- 5 Bei der Ausführung des Gehäuses nach Fig. 1 bestehen diese Verbindungsmittel aus über den Umfang in gleichem Abstand verteilten Dehnstiftschrauben 7, die an beiden Enden Gewinde aufweisen und am Einschraubende mit einem Bund 8 mit Schlüsselflächen zum Anziehen und Verspannen gegen das
10 Gasgehäuse 2 versehen sind. Am freien Gewindeende, mit dem das Luftgehäuse 3 an das Rotorgehäuse 6 angeschraubt ist, ist, wie aus dem in Fig. 2 grösser gezeichneten Ausschnitt A deutlicher hervorgeht, unter der Mutter 9 eine Tellerfeder 10 vorgesehen, welche die im Betrieb auftretenden
15 Dehnungsunterschiede zwischen den Dehnstiftschrauben 7 und dem Rotorgehäuse 6 ausgleicht.

- Durch diese elastischen Verbindungsmittel 7, 9, 10 wird in axialer Richtung ein ständiger Formschluss zwischen den beiden Stirnflächen des Gehäuses 6 und dem Gasgehäuse 2 so-
20 wie dem Luftgehäuse 3 gewährleistet und das Auftreten unzulässig hoher Spannungen vermieden, wobei aber die relative Verschiebung zwischen den Stirnflächen des Gas- und des Luftgehäuses einerseits und den beiden Stirnflächen des Gehäuses 6 nicht wesentlich behindert wird. Das
25 Rotorgehäuse 6 besteht bei dieser Ausführung aus einem einfachen kreiszylindrischen Mantel mit den Längsbohrungen für die Dehnstiftschrauben 7. Die Herstellung eines solchen Mantels aus Keramik bereitet keinerlei Schwierigkeiten. Bei einer Serienherstellung käme dafür sogar das
30 wirtschaftliche Strangpressen in Frage.

Zur Abdichtung sind an den beiden Stirnflächen des Rotor-

gehäuses duktile metallische Dichtungsringe 11 vorgesehen, die eine unbehinderte radiale Verschiebung der Dichtungsringflächen gegen den metallischen Sitz des Gas- bzw. Luftgehäuses ermöglichen. Statt solcher separater

5 Ringe kann auch eine duktile Metallschicht auf die Stirnflächen des keramischen Rotorgehäuses 6 aufgespritzt werden. Um ihre gegenseitige radiale Verschieblichkeit zu erleichtern, könnten diese Sitze mit einem Gleitmittel behandelt werden. Dadurch lassen sich schädliche Verspan-

10 nungen infolge unterschiedlicher radialer Ausdehnungen des metallischen Gas- bzw. Luftgehäuses gegenüber dem keramischen Rotorgehäuse vermeiden.

Noch einfacher ist die Herstellung eines keramischen Rotorgehäuses 12 bei der Ausführung nach Fig. 3. Dieses Rotor-

15 gehäuse wird von einem einfachen kreiszylindrischen Rohr gebildet. Zur Verbindung des Rotorgehäuses 12 mit dem Gasgehäuse 2 und dem Luftgehäuse 3 dient hier eine zweiteilige Spannmanschette 13, deren beide Teile mit durch ihre Mittellinien angedeutete Schrauben und Flanschen 14 unter

20 Vorspannung in Längsrichtung zusammengezogen werden. Zum Ausgleich der Wärmedehnungen im Betrieb sind die beiden Hälften der Spannmanschette mit nachgiebigen Umfangs-

sicken 15 versehen, wodurch das Auftreten unzulässiger Längsspannungen vermieden wird. Um den Zusammenbau mit dem

25 Gas- und dem Luftgehäuse zu ermöglichen, sind die beiden Hälften der Spannmanschette auch in Längsrichtung geteilt. Die beiden Ränder der Trennfuge sind in bekannter, nicht dargestellter Weise, z.B. durch Schrauben oder Spannbänder, miteinander verbunden.

30 Bei der Ausführung einer Druckwellenmaschine nach Fig. 4, die ebenfalls ein kreisringzylindrisches Rotorgehäuse 12 aufweist, ist eine ebenfalls zweiteilige, in der Längsrichtung geteilte Spannmanschette 16 vorgesehen. Sie be-

- 7 -

sitzt zum Ausgleich der Längsdehnungen eine einzige Umfangssicke 17 und ihre Befestigung erfolgt mittels Spanndrähten 18, die in Hohlbördeln 19 an den beiden Rändern der Spannmanschette liegen und durch bekannte, nicht dargestellte Mittel, beispielsweise Spannschrauben oder Spannschlösser, um die Anschlussflanschen des Gasgehäuses 2 bzw. des Luftgehäuses 3 herum gezogen werden und eine axiale Verspannung der Gehäuse 2 und 3 gegen das Rotorgehäuse 12 bewirken.

10 Die Spannmanschetten 13 bzw. 16 bilden gleichzeitig einen Schutz für das stossempfindliche Rotorgehäuse aus Keramik.

Die Fig. 5 und 6 zeigen eine Abdichtung der Fugen zwischen dem Rotorgehäuse 6 und dem Gasgehäuse 2 bzw. Luftgehäuse 3 durch Doppellippendichtringe 46, die, wie deutlicher aus Fig. 6 hervorgeht, in Nuten 47 an der Innenseite des Rotorgehäuses 6 eingelassen sind. Diese Dichtringe passen sich infolge ihrer grossen Elastizität allen thermisch bedingten Aenderungen der Nutabmessungen bestens an und sie liefern auch keinen Beitrag zur Behinderung der radialen Verschiebung des Rotorgehäuses 6 gegenüber dem Gasgehäuse bzw. dem Luftgehäuse infolge der unterschiedlichen Wärmedehnungen dieser Teile.

Eine in Fig. 7 dargestellte Variante dieser Abdichtung weist einen Ausgleichsring 48 auf, von dem ein Teil seiner Abwicklung in Fig. 8 gezeigt ist. Sein Umfang ist auf der dem Rotorgehäuse 6 zugewandten Seite durch eine Reihe von Schlitzen 49 in elastische Lappen 50 aufgeteilt, die eine leichte radiale Verschieblichkeit zwischen dem Gas- bzw. Luftgehäuse und dem Rotorgehäuse ermöglichen. Diese leichte Verschieblichkeit ist zusätzlich dadurch gewährleistet, dass der Ring als Distanzring fungiert, der zwischen den Stirn-

flächen des Gehäuses und des Luft- bzw. Gasgehäuses einen Spalt 51 freilässt. Damit ist jegliche Stirnflächenreibung ausgeschaltet.

5 Eine Ausführungsform eines zweiflutigen keramischen Rotors 20, der mit einem keramischen Rotorgehäuse gepaart werden kann, zeigen die Fig. 9 und 10 in einem Axialschnitt bzw. in der Seitenansicht, wobei in letzterer einfachheits- halber nur einige der Kanäle eingezeichnet sind.

10 Bei diesem Rotor bestehen die Fluten und die Nabe aus einem Stück. Zur Gewichtsreduktion kann die Nabe mit einem Steg 21 ausgeführt werden und Löcher 22 aufweisen. Auf die Verbindung der Nabe mit der Welle wird bei den Rotorausführungen nach den Fig. 11 - 17 eingegangen.

15 Bei diesen Rotoren werden die Naben vom Rotorkörper, der hier in allen Fällen zweiflutig ausgeführt ist, getrennt hergestellt und mit letzterem keramisch verbunden, so dass diese Rotorkörper bei Massenfertigung auf wirtschaftliche Weise durch Strangpressen hergestellt werden können.

20 Bei dem in Fig. 11 dargestellten Rotor 23 ist die Rotornabe 25 ohne Anschlag in die durchgehend gleich grosse Bohrung des Rotorkörpers 24 eingesetzt. Die Verbindungsfuge ist mit 26 bezeichnet.

25 Die Verbindung der metallischen Welle 52 mit dem Rotorkörper erfolgt immer unter dem Gesichtspunkt, dass in den keramischen Komponenten nennenswerte Zugspannungen zu vermeiden sind. Zu diesem Zweck ist hier eine in der Welle 52 verschraubte Dehnschraube 53 vorgesehen und zur Zentrierung der Welle gegenüber dem Rotor dient ein am Wellenende von einer Eindrehung gebildeter Zentrierring 54.

Eine Justierscheibe 55 innerhalb des Zentrierringes 54 dient dazu, von Fall zu Fall durch entsprechende Bemessung ihrer Dicke die genaue axiale Position des Rotorkörpers 24 in Bezug auf die inneren Stirnflächen des Gas- und des Luftgehäuses und damit das axiale Laufspiel des Rotors gegenüber diesen Stirnflächen einzustellen. Die Zentrierung der Rotornabe 25 gegenüber der Welle 52 besorgt der Zentrierring 54 im Zusammenwirken mit einer gegenüber dem Aussendurchmesser des Rotorkörpers 24 konzentrisch geschliffenen Aussenfläche 56 der Nabe 25. Zur axialen Fixierung des Rotorkörpers dienen eine Mutter 57 mit einer Scheibe 58.

Bei der in Fig. 12 dargestellten Verbindung dient zur Zentrierung der Nabe 59 auf einem Zentrierzapfen 60 der Welle 61 ein handelsüblicher sogenannter "Toleranzring" 62, der in der Fig. 13 in grösserem Massstab dargestellt ist. Dieser Toleranzring weist achsparallele, radial nachgiebige Längssicken auf, deren Gesamtheit einen aus der Fig. 13 ersichtlichen wellenförmigen Querschnitt bildet. Der umschriebene und der eingeschriebene Kreis dieses Querschnitts besitzen ein geringes Ueberschuss bzw. Unterschuss gegenüber der Nabenbohrung bzw. der Welle. Die inneren und äusseren Kuppen der Sicken verformen sich beim Einbau und ergeben eine schwache zentrierende Presspassung, die das keramische Material der Nabe entsprechend der oben erwähnten Forderung nur geringfügig auf Zug beansprucht. Zur Einstellung der seitlichen Laufspiele des Rotors und zu seiner axialen Fixierung auf der Welle dienen wie beim vorhergehenden Beispiel eine Justierscheibe 55, eine Mutter 57 und eine Scheibe 58.

Bei der Verbindung nach Fig. 14 ist zur Zentrierung der Rotornabe gegenüber der Wellenachse eine mit enger Passung

auf einem Zentrierzapfen 63 sitzende Zentrierscheibe 64 vorgesehen, wiederum in Verbindung mit einer Justierscheibe 55 und einer Mutter 57.

Bei der Ausführung nach Fig. 15 erfolgt die Verbindung der Welle 27 mit dem Rotor 23 durch eine in der Welle verschraubte Dehnschraube 28, einen am Wellenende vorgesehenen Zentrierzapfen 29, ein Scheibenpaar 30, 31 mit zusammenwirkenden konkaven bzw. konvexen balligen Flächen, und eine Mutter 32. Analog zu den vorgängig beschriebenen Verbindungen kann auch noch eine Justierscheibe erforderlich sein.

Die in Fig. 16 dargestellte Verbindung der Welle 27 mit dem Rotor 23, der sich wiederum aus dem zweiflutigen Rotorkörper 24 und einer Nabe 33 zusammensetzt, weist ebenfalls eine Dehnschraube 34 auf. Die Zentrierung der Welle 27 gegenüber der Nabe 33 erfolgt hier durch einen langen Zentrierzapfen 35 mit Spiel gegenüber der Bohrung der Nabe 33 und eine Scheibe 36 mit Innenkegel, die spielfrei auf dem Zentrierzapfen 35 sitzt und durch eine Mutter 37 gegen einen kegelstumpfförmigen Ansatz 38 der Nabe 33 verspannt wird.

Zur Gewichtserleichterung kann die Nabe 33 mit Löchern 39 oder sonstigen Aussparungen versehen sein.

Bei der in Fig. 17 dargestellten Verbindung von Nabe 40 und Welle 41 wird die Nabe durch einen kurzen Zentrierzapfen 42 gegenüber der Welle zentriert und durch eine Dehnschraube 43, eine planparallele Scheibe 44 und eine Mutter 45 verspannt. Je nach Fertigungsgenauigkeit können auch bei diesen beiden letztgenannten Ausführungen Justierscheiben erforderlich werden.

Mit den vorbeschriebenen konstruktiven Massnahmen erreicht man für den Rotor neben dem eingangs erwähnten thermodynamischen Gewinn noch den Vorteil, dass die Dichte der Keramik mit $\rho = 2,4-3,2 \text{ g/cm}^3$ nur 30-40 % der Dichte jener
5 Metalle beträgt, die gegenwärtig für Rotoren verwendet werden. Im gleichen Verhältnis sind das Massenträgheitsmoment und damit die instationären Drehmomente des Keramikrotors kleiner. Damit verbessert sich die Beschleunigungsfähigkeit des Motors. Entsprechend geringer werden damit
10 auch Riemenvorspannung und -schlupf, also die Riemenbeanspruchung und die Lagerbelastung der Druckwellenmaschine.

Da bei einer Druckwellenmaschine das heisse Gas und die kalte Luft mit dem selben Rotor in Berührung kommen, tritt zwischen Rotor und Ladeluft ein regenerativer Wärmeaus-
15 tausch auf, der den Wirkungsgrad verschlechtert. Bei einem keramischen Rotor sind infolge der geringeren spezifischen Wärmekapazität der keramischen Werkstoffe der regenerative Wärmeaustausch zwischen Rotor und Ladeluft und damit die Wirkungsgradeinbusse kleiner.

20 Allgemein kann bei Verwendung von Keramikwerkstoffen für die Serienfertigung auch mit niedrigeren Materialkosten als bei metallischen Superlegierungen gerechnet werden.

B e z e i c h n u n g s l i s t e

- | | |
|----|-----------------------------------|
| 1 | Rotor |
| 2 | Gasgehäuse |
| 3 | Luftgehäuse |
| 4 | Rotorwelle |
| 5 | Keilriemenscheibe |
| 6 | Rotorgehäuse |
| 7 | Dehnstiftschrauben |
| 8 | Bund |
| 9 | Mutter |
| 10 | Tellerfeder |
| 11 | Dichtungsringe |
| 12 | Rotorgehäuse |
| 13 | Zweiteilige Spannmanchette |
| 14 | Flanschen |
| 15 | Umfangssicken |
| 16 | Spannmanchette |
| 17 | Umfangssicke |
| 18 | Spanndrähte |
| 19 | Hohlbördel |
| 20 | Rotor |
| 21 | Steg der Nabe |
| 22 | Löcher in der Nabe |
| 23 | Rotor |
| 24 | Rotorkörper |
| 25 | Rotornabe |
| 26 | Klebfuge |
| 27 | Rotorwelle |
| 28 | Dehnschraube |
| 29 | Zentrierzapfen |
| 30 | Konkave ballige Scheibe |
| 31 | Konvexe ballige Scheibe |
| 32 | Mutter |
| 33 | Nabe aus Keramik |
| 34 | Dehnschraube |
| 35 | Zentrierzapfen |
| 36 | Scheibe mit Innenkegel |
| 37 | Mutter |
| 38 | Kegelstumpfförmiger Ansatz von 33 |
| 39 | Löcher in der Nabe 33 |
| 40 | Nabe |
| 41 | Rotorwelle |
| 42 | Zentrierzapfen |
| 43 | Dehnschraube |
| 44 | Planparallele Scheibe |
| 45 | Mutter |
| 46 | Doppellippendichtringe |
| 47 | Nuten im Rotorgehäuse 6 |
| 48 | Ausgleichsring |
| 49 | Schlitze im Ausgleichsring 48 |

- 50 Lappen des Ausgleichsrings 48
- 51 Spalt zwischen Rotorgehäuse und Luft- bzw.
Gasgehäuse
- 52 Welle
- 53 Dehnschraube
- 54 Zentrierring
- 55 Justierscheibe
- 56 Aussenfläche der Nabe 25
- 57 Mutter
- 58 Scheibe
- 59 Nabe
- 60 Zentrierzapfen an der Welle 61
- 61 Welle
- 62 "Toleranzring"
- 63 Zentrierzapfen
- 64 Zentrierscheibe

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Druckwellenmaschine zur Aufladung von Verbrennungsmotoren, mit einem Rotorgehäuse, einem innerhalb desselben angeordneten Rotor mit Rotorwelle zur Verdichtung der Verbrennungsluft durch die Auspuffgase des Motors sowie mit je einem Gas- und einem Luftgehäuse, die das Rotorgehäuse an seinen beiden Stirnseiten nach aussen abschliessen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der Rotor und das ihn umschliessende Rotorgehäuse aus keramischem Werkstoff bestehen und dass die Verbindungsmittel für die Verbindung des Rotors mit der metallischen Rotorwelle sowie des Rotorgehäuses mit dem Gas- bzw. dem Luftgehäuse federelastische Elemente aufweisen, die über den ganzen, im Betrieb auftretenden Temperaturbereich eine zur Achse der Rotorwelle parallel wirkende Vorspannkraft auf die zu verbindenden Teile ausüben.
2. Druckwellenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rotorgehäuse (6) als kreisringzylindrischer Mantel mit achsparallelen Bohrungen ausgebildet ist, dass die Verbindungsmittel zur Verbindung des Rotorgehäuses (6) mit dem Gas- bzw. Luftgehäuse (2 bzw. 3) zur Rotorwellenachse parallele Dehnstiftschrauben (7) aufweisen, die von den genannten Bohrungen im Rotorgehäuse (6) aufgenommen werden, dass die Dehnstiftschrauben (7) als weitere Verbindungsmittel je eine Tellerfeder (10) und eine Mutter (9) aufweisen, und dass als Verbindungsmittel zwischen dem Rotor (23) und der Rotorwelle (27) eine Dehnschraube (28) an der mit einem Zentrierzapfen (29) für die Nabenbohrung des Rotors (23) versehenen Stirnseite

der Rotorwelle (27), sowie eine konkave und eine konvexe ballige Scheibe (30 bzw. 31) und eine Mutter (32) vorgesehen sind.

3. Druckwellenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rotorgehäuse (12) als kreisringzylindrischer Mantel ausgebildet ist, dass die Verbindungsmittel zur Verbindung des Rotorgehäuses (12) mit dem Gas- bzw. Luftgehäuse (2 bzw. 3) eine zweiteilige Spannmanschette (13) aufweisen, deren zwei
5 Teile je mindestens eine Umfangssicke (15) aufweisen und in Längsrichtung getrennt sind, wobei die beiden Ränder der Trennstelle in an sich bekannter Art und Weise in Längsrichtung miteinander verbunden sind, dass die zwei Teile der Spannmanschette ferner je
10 einen radial einwärts gerichteten Bördelrand und einen radial auswärts gerichteten Flansch (14) aufweisen, wobei die Bördelränder an den Anschlussflanschen des Gas- bzw. Luftgehäuses anliegen und die beiden Teile der Spannmanschette durch Schrauben an
15 den Flanschen (14) in Längsrichtung gegeneinander verspannt sind, und dass zur Verbindung der Rotorwelle (27) mit dem keramischen Rotor (23) eine Dehnschraube (34) an der mit einem Zentrierzapfen (35) für die Nabenbohrung des Rotors (23) versehenen Stirn-
20 seite der Rotorwelle (27) sowie eine Scheibe (36) mit Innenkegel, deren Bohrung spielfrei auf dem Zentrierzapfen (35) sitzt und deren Innenkegel durch eine Mutter (37) gegen einen kegelstumpfförmigen Ansatz der Nabe (33) verspannt ist, vorgesehen sind.

- 30 4. Druckwellenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rotorgehäuse (12) als kreisringzylindrischer Mantel ausgebildet ist, dass die Ver-

bindungsmittel zur Verbindung des Rotorgehäuses (12) mit dem Gas- bzw. Luftgehäuse (2 bzw. 3) aus einer einteiligen, in Längsrichtung geschlitzten, mit mindestens einer Umfangssicke (17) und radial einwärts gebogenen Hohlbördeln (19) versehenen Spannmanschette (16) bestehen, wobei die Hohlbördel an den Anschlussflanschen des Gas- bzw. Luftgehäuses anliegen und in den Hohlbördeln (19) Spanndrähte (18) eingelassen sind, die durch Spannmittel bekannter Bauart in Umfangsrichtung gespannt sind, und dass die Mittel zur Verbindung der Rotorwelle (41) mit dem keramischen Rotor (23) eine Dehnschraube (43) an der mit einem Zentrierzapfen (42) für die Nabenbohrung des Rotors (23) versehenen Stirnseite der Rotorwelle (41), eine planparallele Scheibe (44) und eine Mutter (45) umfassen.

5. Druckwellenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Rotorgehäuse (6, 12) und der Rotorkörper (24) des Rotors (23) als Strangpressteile ausgeführt sind und dass die Nabe (25, 33, 40) des Rotors (23) als separat hergestellter Teil mit dem Rotorkörper (24) keramisch verbunden ist.

6. Druckwellenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Verbindung der Rotorwelle (52) mit dem keramischen Rotor (23) aus einer Dehnschraube (53) mit Mutter (57) und Scheibe (58) sowie aus einem an der Stirnseite der Rotorwelle (52) vorgesehenen Zentrierring (54), der zum Zusammenwirken mit einer zylindrischen Aussenfläche (56) der Nabe (25) bestimmt ist, und einer Justierscheibe (55) bestehen.

7. Druckwellenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Verbindung der Rotorwelle (61) mit dem keramischen Rotor (23) aus einem mit der Welle (61) aus einem Stück bestehenden Zentrierzapfen (60), einem Toleranzring (62), einer
5 Dehnschraube mit Mutter und Scheibe sowie aus einer Justierscheibe (55) bestehen.
8. Druckwellenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Verbindung der Rotorwelle mit dem keramischen Rotor aus einem mit der
10 Rotorwelle aus einem Stück bestehenden Zentrierzapfen (63), einer Dehnschraube mit Scheibe und Mutter, einer Zentrierscheibe (64), die mit einer zylindrischen Aussenfläche der Rotornabe und dem Zentrierzapfen
15 (63) eine enge Passung bildet, sowie aus einer Justierscheibe (55) bestehen (Fig. 14).
9. Druckwellenmaschine nach einem der Ansprüche 1-8, gekennzeichnet durch Doppellippendichtringe (46) in Nuten (47) des Rotorgehäuses (6).
- 20 10. Druckwellenmaschine nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch die Doppellippendichtringe (46) aussen umgebende Ausgleichsringe (48), die an ihrer dem Rotorgehäuse (6) zugewandten Seite durch über ihren Umfang gleichmässig verteilte Schlitzte (49) in elastisch nach-
25 giebig Lappen (50) unterteilt ist.

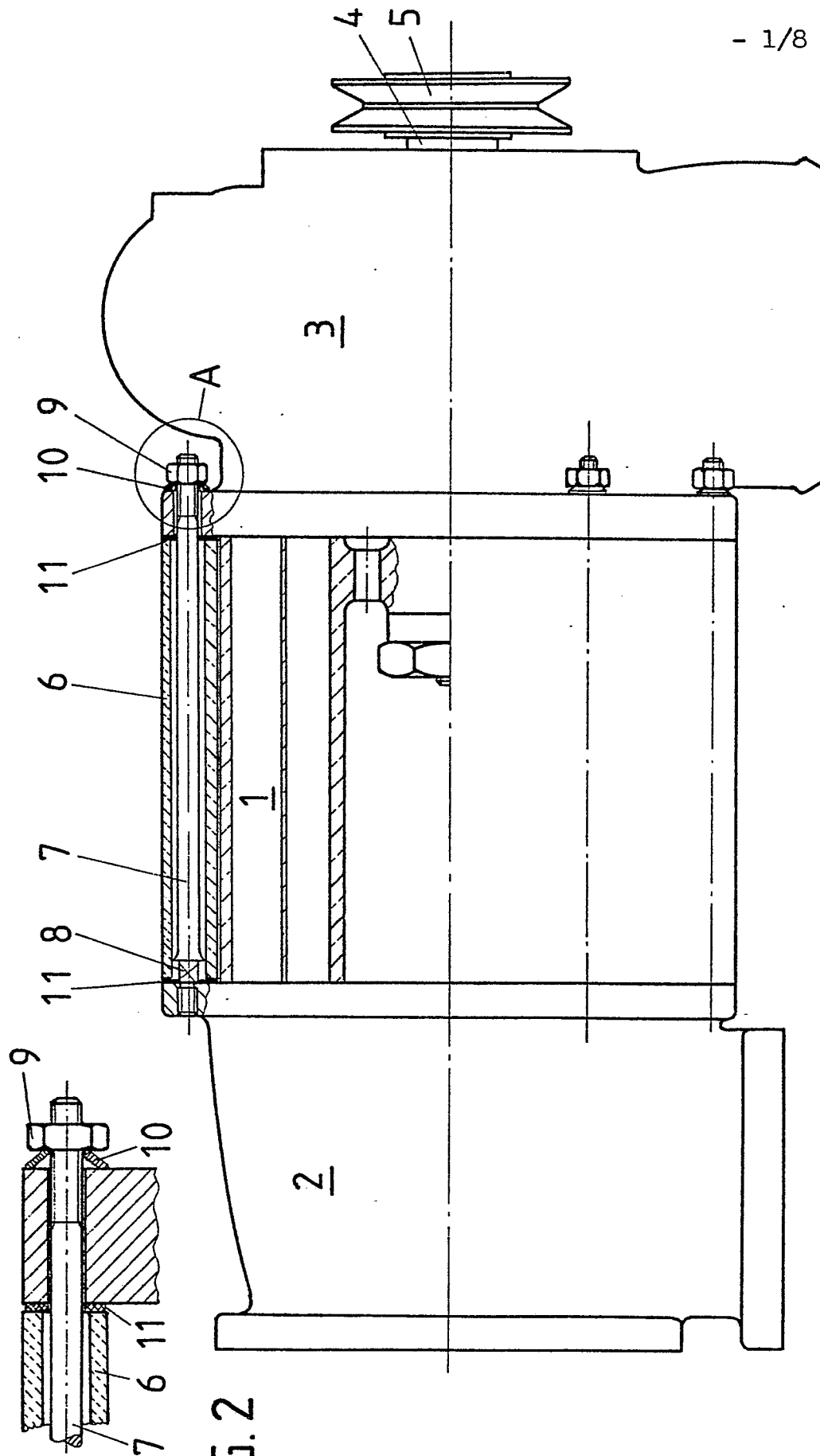
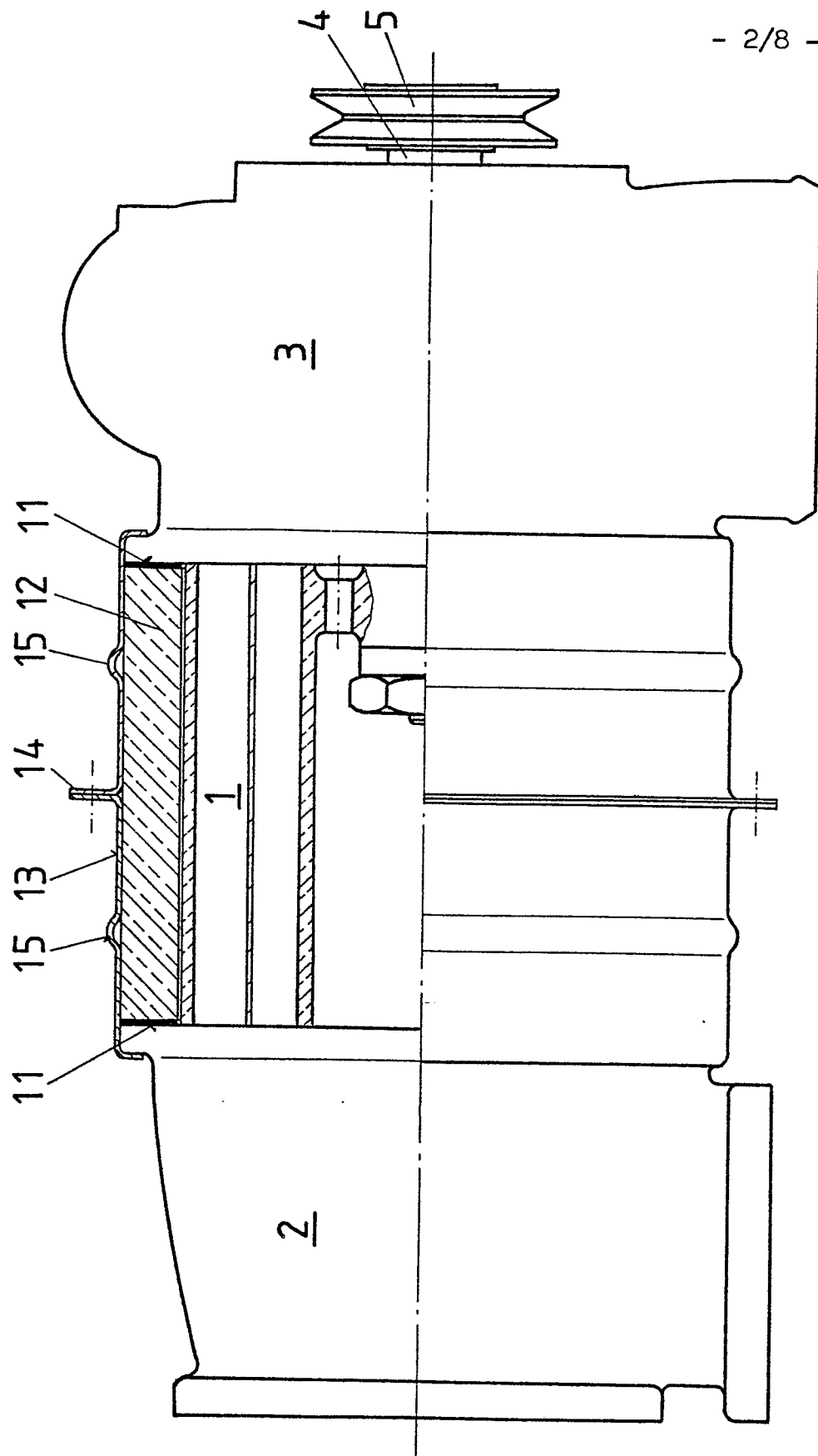
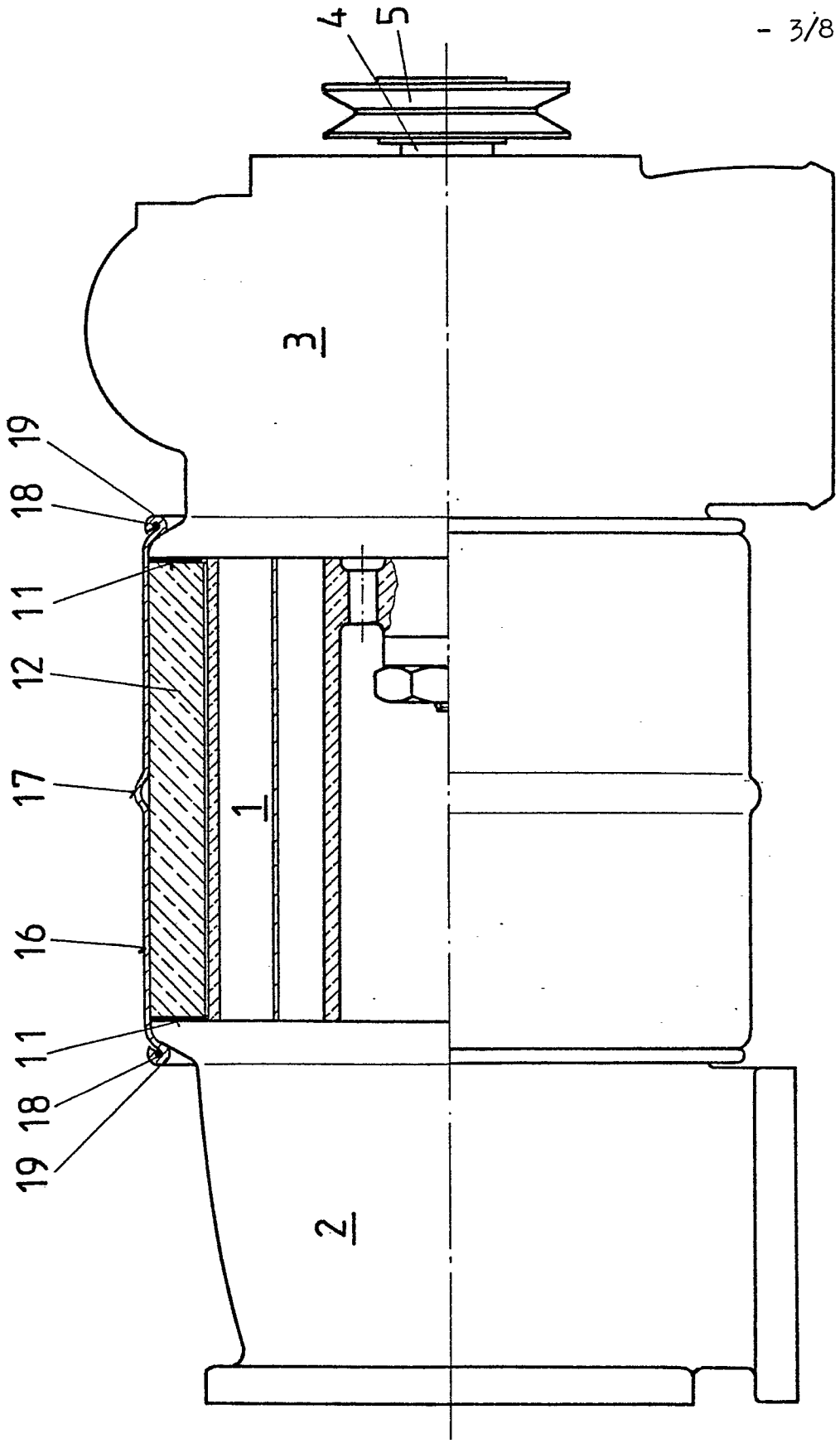


FIG. 2

FIG. 1





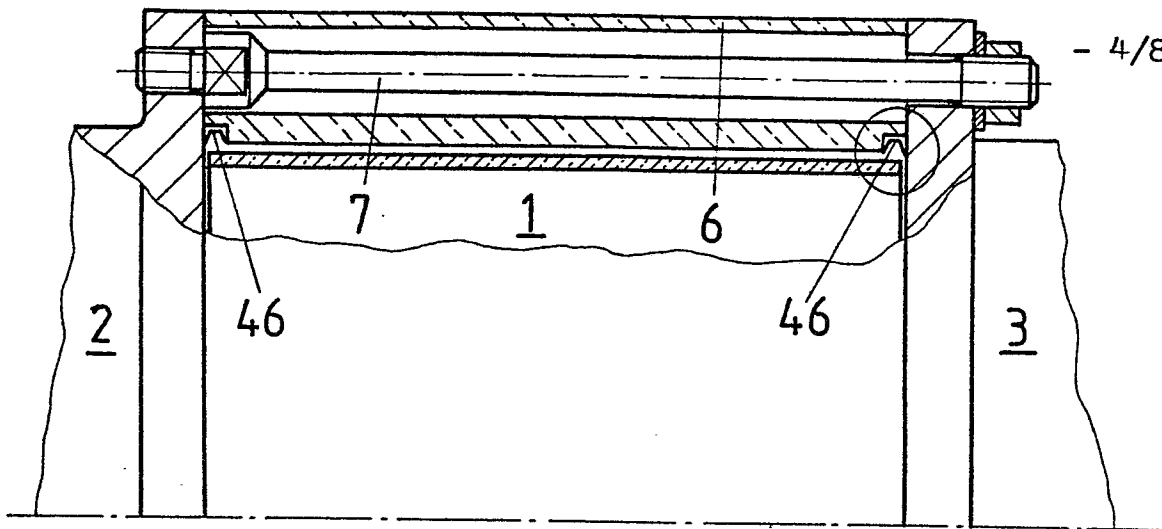


FIG. 5

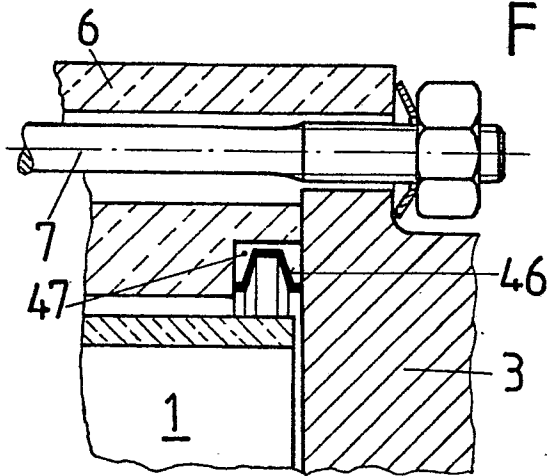


FIG. 6

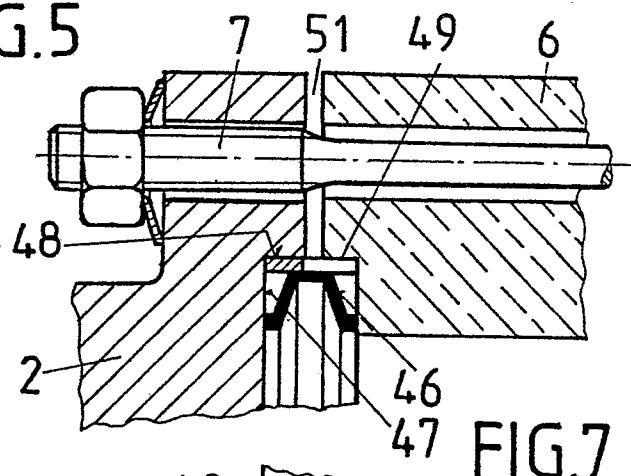


FIG. 7

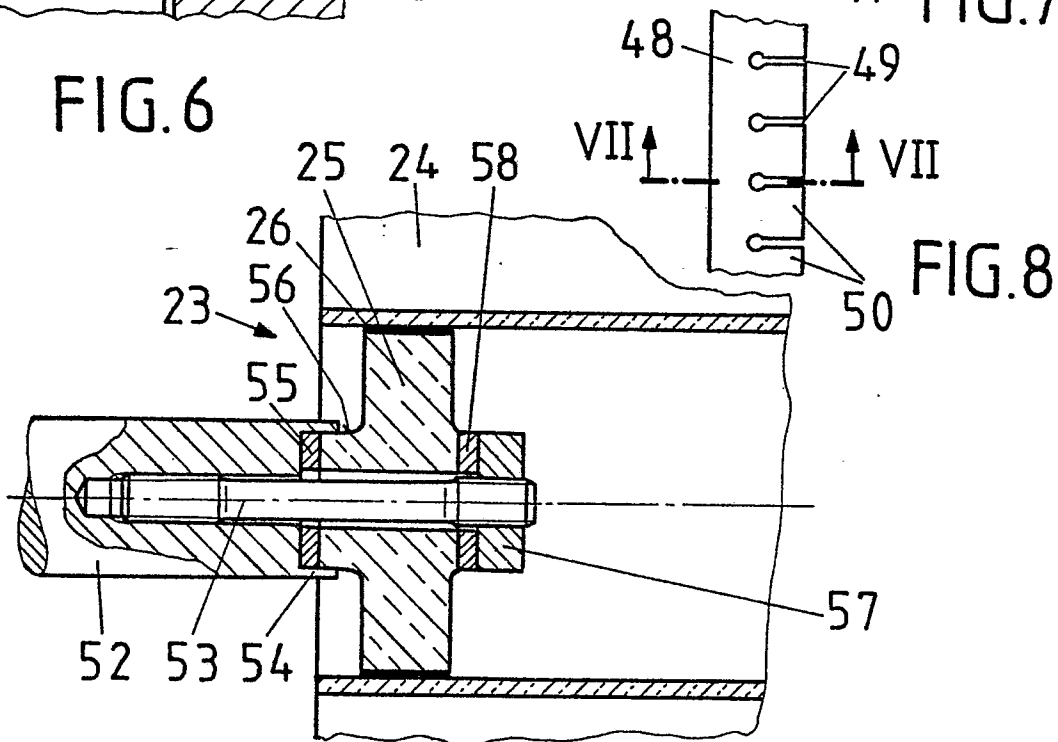


FIG. 11

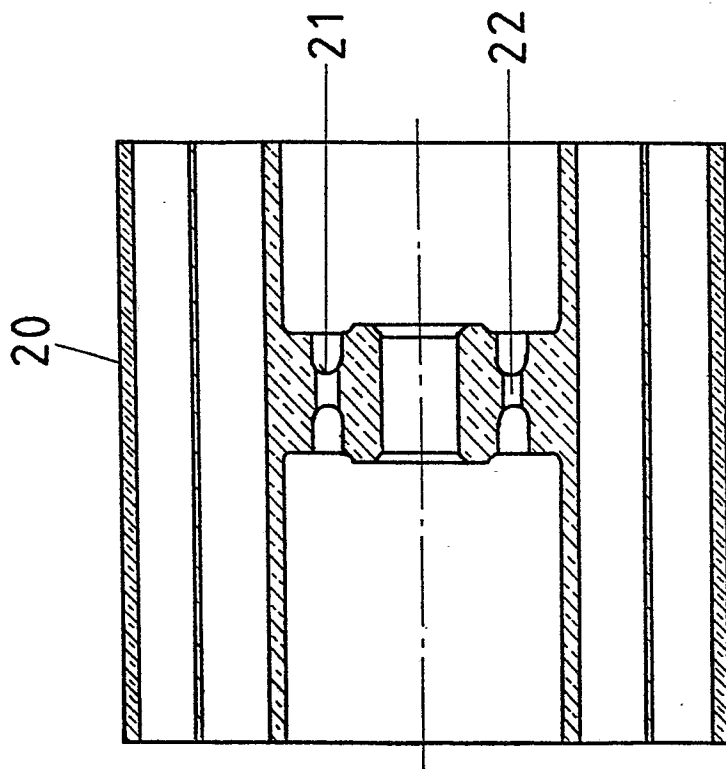


FIG.9

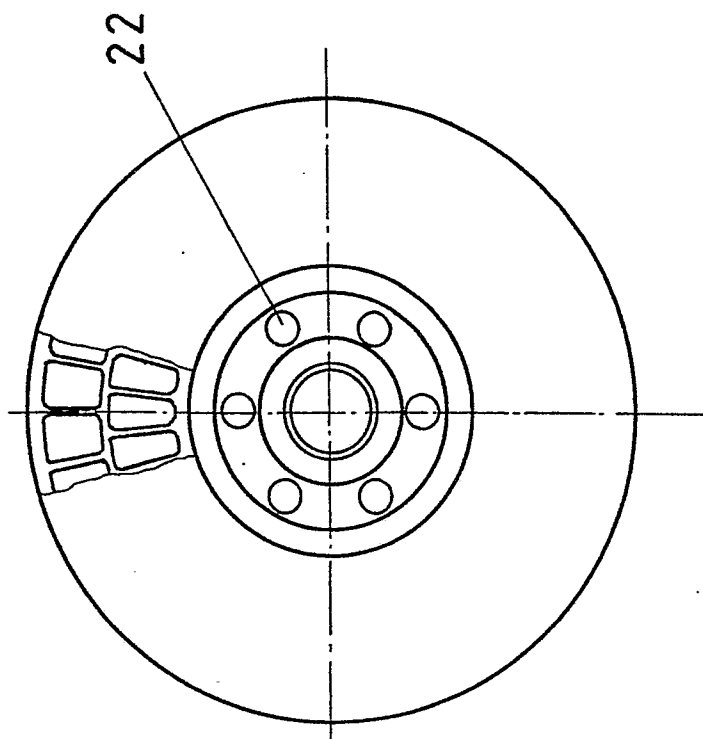


FIG.10

- 6/8 -

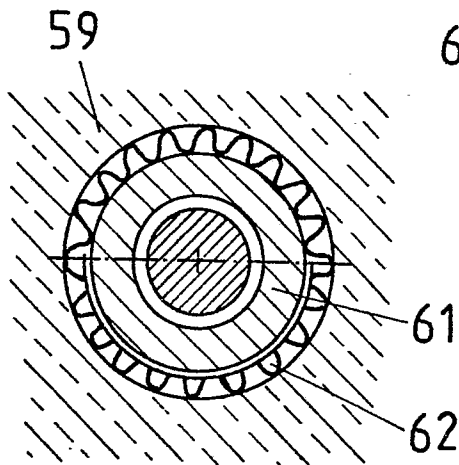
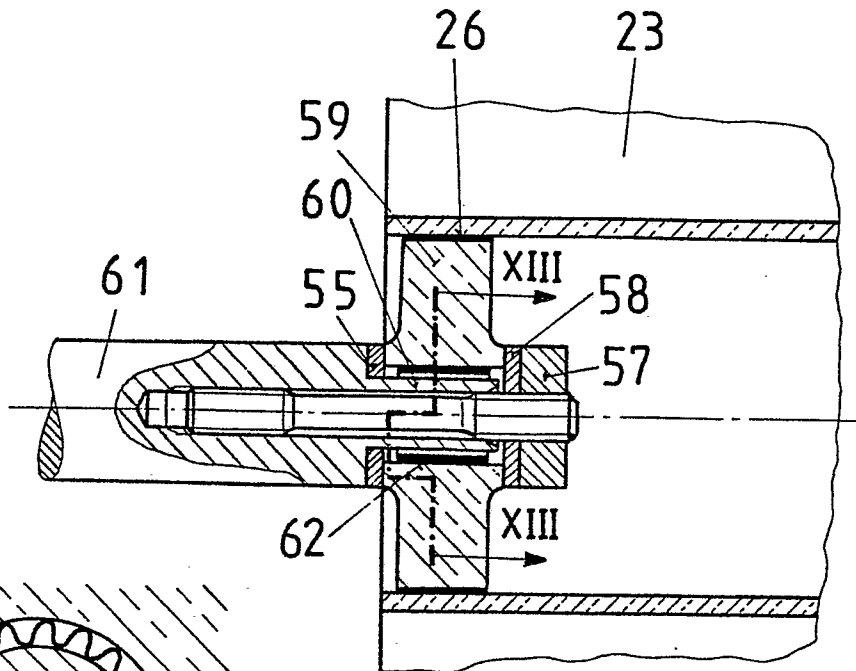


FIG.12

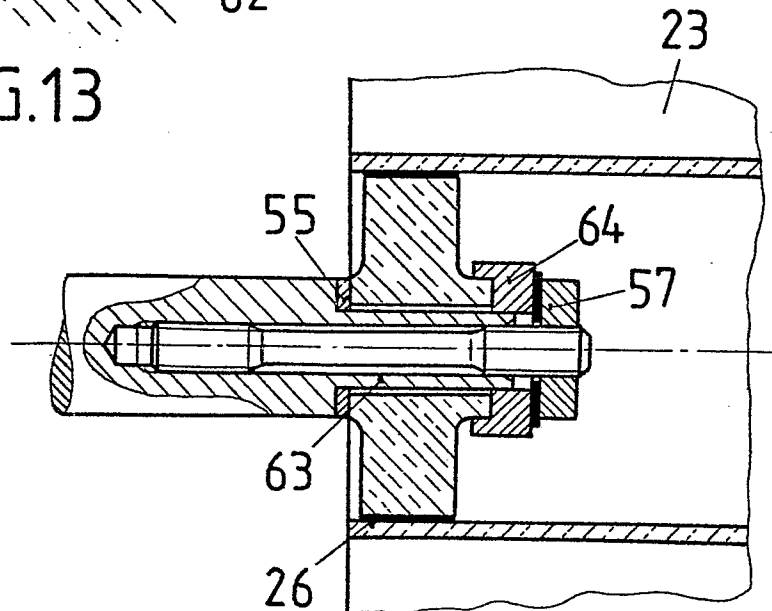


FIG.14

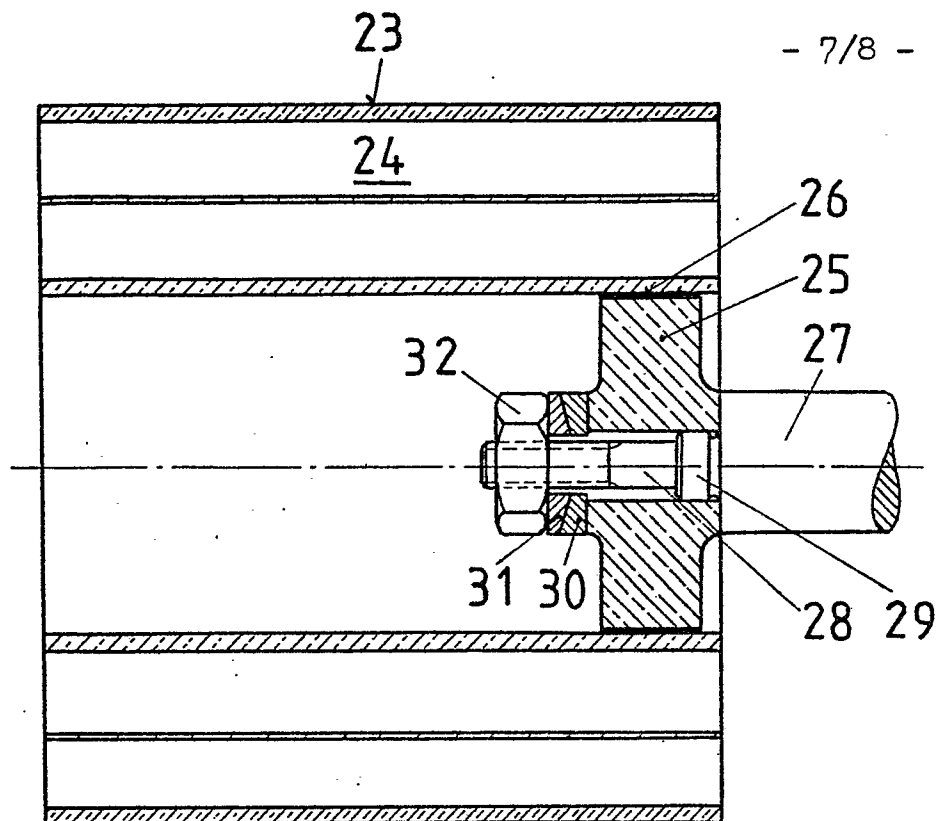


FIG. 15

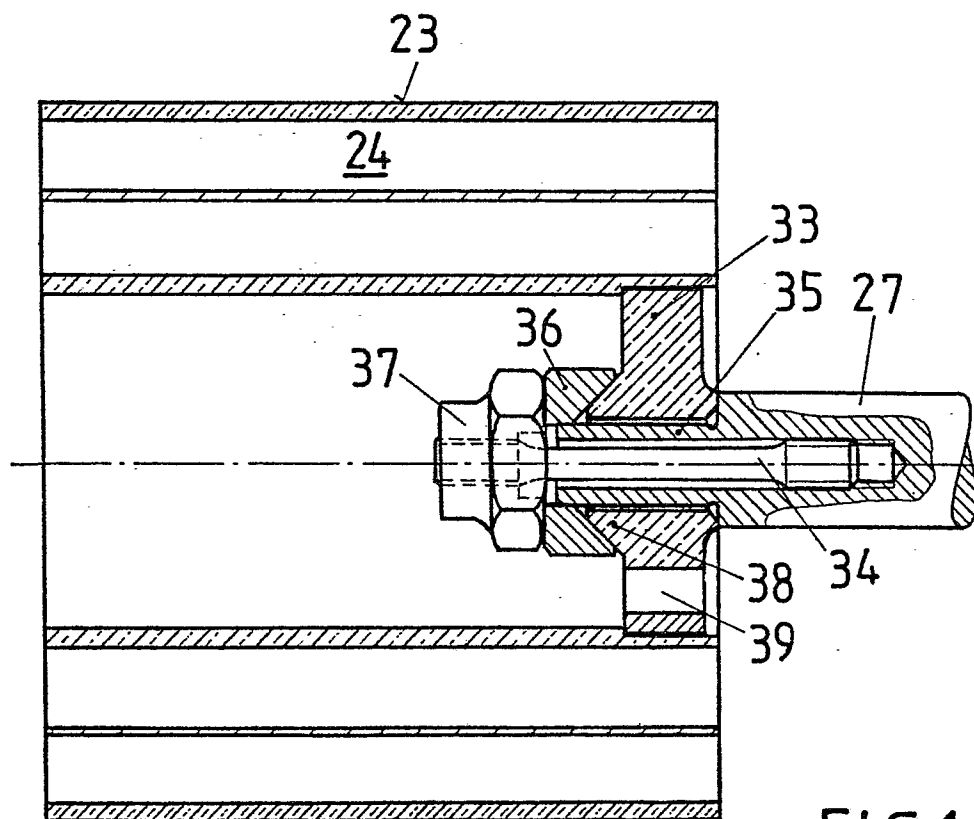


FIG. 16

- 8/8 -

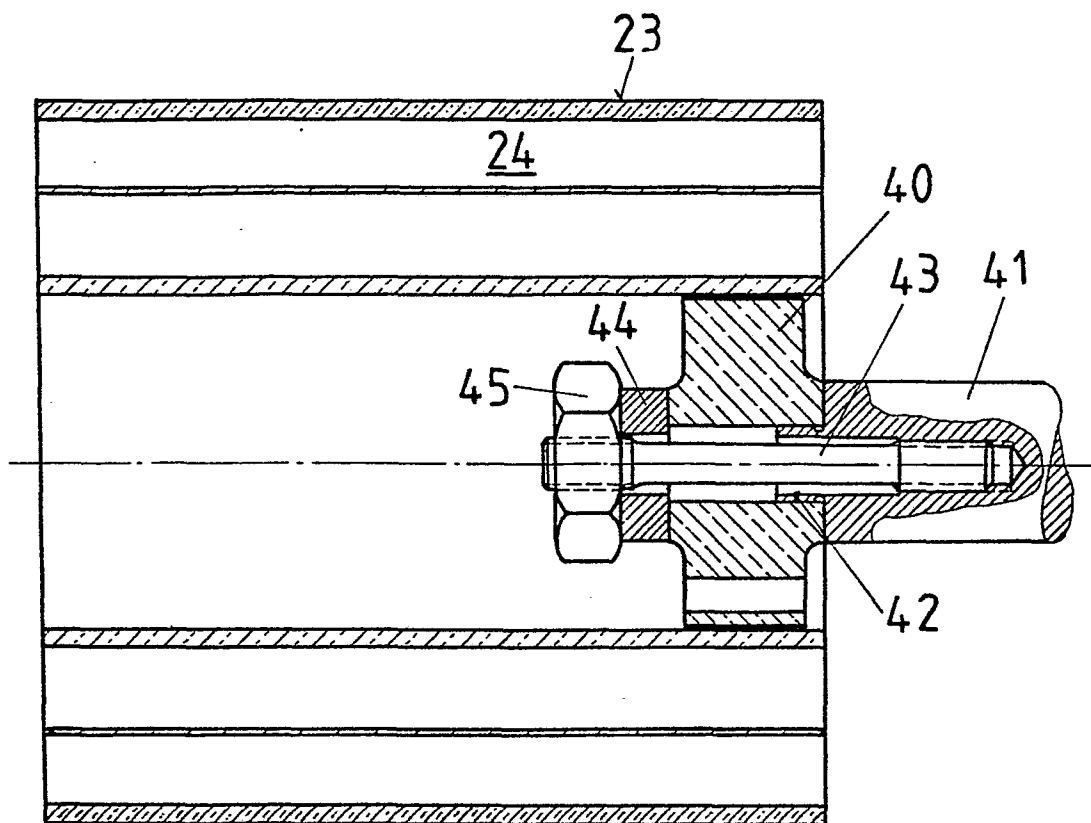


FIG.17



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0051327

Nummer der Anmeldung

EP 81 20 1139

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. ⁹)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
A	DE - A - 3 014 518 (FORD-WERKE) * Seite 1, Anspruch 1 *	1	F 04 F 11/02
	--		
	US - A - 3 362 620 (BROWN) * Spalte 2, Zeilen 8-17; Figur 1 *	1	
	--		
	US - A - 3 450 334 (BROWN) * Spalte 2, Zeilen 45-50; Figur 1 *	1	
	--		
	GB - A - 867 719 (POWER JETS) * Seite 2, Zeilen 77-95; Figur 3 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ³)
	--		
	US - A - 3 086 697 (GARDINER) * Spalte 3, Zeilen 65-68; Figur 5 *	1,4	F 04 F F 02 B
	--		
	GB - A - 871 316 (POWER JETS) * Insgesamt *		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
	----		X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
☒ Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	02-11-1981	HEINLEIN	