

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 033 478 A2

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

06.09.2000 Patentblatt 2000/36

(51) Int Cl.7: F01D 25/24

(21) Anmeldenummer: 00810115.6

(22) Anmeldetag: 10.02.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

• Scarlin, Richard Brendon

5108 Oberflachs (CH)

• Klotz, Heinrich

69493 Hirschberg (DE)

(30) Priorität: 02.03.1999 DE 19909056

(74) Vertreter: Pöpper, Evamaria, Dr. et al

ABB Business Services Ltd

Intellectual Property (SLE-I),

Haselstrasse 16 Bldg. 699

5401 Baden (CH)

(71) Anmelder: ABB ALSTOM POWER (Schweiz) AG  
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:

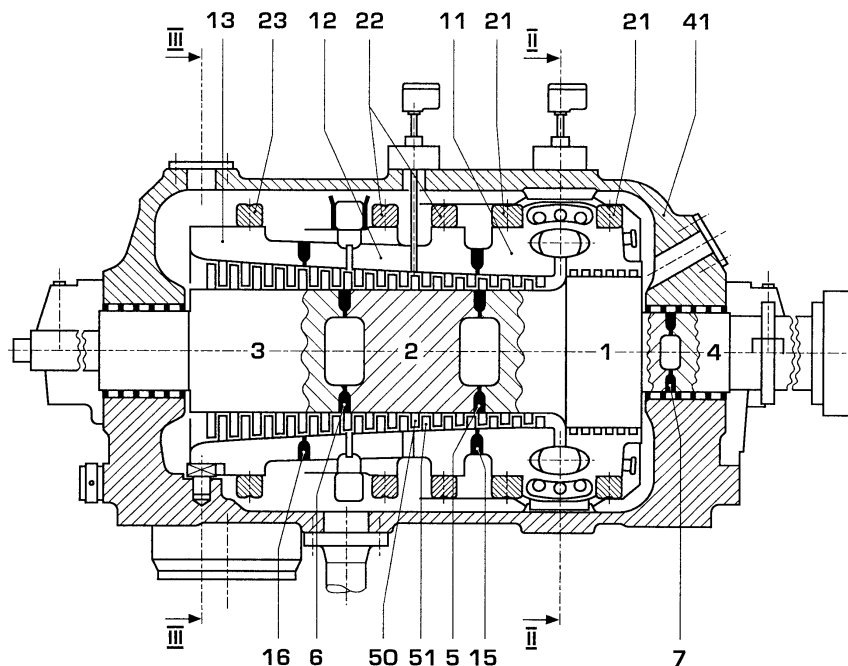
• Meylan, Pierre

2532 Magglingen (CH)

#### (54) Gehäuse für eine thermische Turbomaschine

(57) Die Erfindung betrifft ein Gehäuse für eine thermische Turbomaschine, welches in zwei Gehäusehälften getrennt ist, wobei jede Gehäusehälfte aus jeweils mindestens zwei Gehäuseteilen (11, 12, 13, 14, 42) aus jeweils unterschiedlichen Werkstoffen besteht. Das Ge-

häuse ist dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Gehäuseteile (11, 12, 13, 14, 42) mittels eines stoffschlüssigen Fügeverfahrens zusammengefügt sind und die Art des verwendeten Werkstoffes den jeweiligen Temperaturanforderungen und mechanischen Belastungen im Betrieb angepasst ist.



Figur 1

EP 1 033 478 A2

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet des Turbinenbaus. Sie betrifft ein Gehäuse für eine thermische Turbomaschine, welches aus verschiedenen Werkstoffen besteht.

### Stand der Technik

[0002] Bekannt sind Gehäuse aus Stahlguss für thermische Turbomaschinen, insbesondere Dampfturbinen. Die Gehäuse bestehen bevorzugt aus niedriglegierten CrMo- oder CrMoV-Stahlgusssorten. Der Einsatz von 9 bis 13%ige Cr-Legierungen für Turbinengehäuse ist ebenfalls bekannt. Üblicherweise werden die Gehäuse bzw. Gehäusehälften, welche hohen Temperaturen ausgesetzt sind, als ganzes Teil gegossen, d.h. sie bestehen aus einem einzigen Werkstoff. Vorgesehene Fertigungsschweißungen bzw. gelegentlich erforderliche Reperaturschweißungen werden mit dem gleichen oder einem dem Gehäusematerial verwandten Material vom jeweiligen Gusshersteller ausgeführt.

[0003] Zunehmende Mediumtemperaturen erfordern Werkstoffe mit zunehmenden Legierungsgehalten. Damit steigen einerseits die Kosten für solche Bauteile, andererseits stösst man, je nach gewählter Legierung, auch an Machbarkeitsgrenzen, die durch die Gusstechnik oder durch die Kapazität der Produktionsanlage gegeben sein können. Da in Zukunft beispielsweise im Dampfturbinenbau Temperaturen zwischen 540 °C und 850 °C erwartet werden, kommt der Wahl der richtigen Legierung am richtigen Ort eine besondere Bedeutung zu, vor allem in Hinblick auf Kosten, Machbarkeit und technische Eigenschaften. Letzteres betrifft beispielsweise das relative Dehnungsverhalten zwischen benachbarten Teilen, wie Gehäuse und Läufer.

[0004] Bekannt ist, die Läufer von Turbomaschinen aus verschiedenen Scheiben, welche gegebenenfalls aus unterschiedlichem Material bestehen, zusammenzuschweißen. Die Materialwahl hängt dabei von den jeweiligen Anforderungen ab. Dort, wo hohe Temperaturen herrschen, werden hochlegierte Scheiben verwendet, die mit niedriger legierten Scheiben zusammengeschweisst werden, sobald die Temperatur und die Beanspruchungen dies erlauben.

[0005] Der Nachteil bei der Verwendung von grossen Gehäusen oder Gehäusehälften, welche aus einem einzigen Werkstoff bestehen, besteht darin, dass man z. B. beim Einsatz von Ni-Basislegierungen an die Grenzen der Machbarkeit stösst. Ausserdem sind die Kosten sehr hoch, weil der teure hoch- bzw. höchsttemperaturfeste Werkstoff auch in den Bereichen eingesetzt wird, in denen dessen Einsatz überhaupt nicht erforderlich ist.

[0006] Weiterhin harmonisieren die thermischen Dehnungen eines derartigen Gehäuses nicht mit denen der Welle, mit dem Nachteil, dass die Spiele zwischen

feststehenden und rotierenden Teilen im Betrieb grösser werden als unbedingt erforderlich, was sich negativ auf den Wirkungsgrad der Maschine auswirkt.

[0007] Aus dem Turbinenbau sind auch Gehäuse bekannt, deren Teile aus verschiedenen Werkstoffen bestehen. Diese Gehäuseteile sind zusammengeschrubt, d. h. es existiert eine kraftschlüssige Verbindung. Als Beispiel sollen hier kombinierte Gehäuse aus Stahlguss- und Sphärogussbauteilen genannt werden, die mittels einer Flanschverbindung verbunden sind.

[0008] Der Nachteil dieser mittels Flanschverbindungen verschraubten Gehäuse besteht darin, dass die Flanschverschraubungen Platz benötigen. Ausserdem sind sie bei Gehäusen, die mit höheren Drücken und Temperaturen belastet sind, kostenintensiv und problematisch abzudichten, vor allem bei Kreuzflanschen.

[0009] Schliesslich besteht ein Nachteil der bekannten Gehäuse mit Trennebene und Trennflanschen, welche dicker sind als die Schale, darin, dass die Gehäuse durch die asymmetrische Form bei Erwärmung zum Ovalisieren neigen, was sich ungünstig auf die Spiele zwischen feststehenden und rotierenden Teilen und damit auf den Wirkungsgrad der Maschine auswirkt.

### Darstellung der Erfindung

[0010] Die Erfindung versucht, all diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, ein Turbomaschinengehäuse zu entwickeln, welches kostengünstig herzustellen ist, bei dem die Werkstoffauswahl den jeweiligen Betriebsbedingungen angepasst ist, die thermischen Differenzdehnungen zwischen Welle und Gehäuse minimiert sind und bei dem eine Ovalisation der Gehäuseteile während des Betriebes weitgehend vermieden werden kann.

[0011] Erfindungsgemäss wird dies bei einem Turbomaschinengehäuse, welches aus mindestens zwei Gehäuseteilen aus jeweils unterschiedlichen Werkstoffen besteht, dadurch erreicht, dass die mindestens zwei Gehäuseteile mittels eines stoffschlüssigen Fügeverfahrens zusammengefügt sind und die Art des verwendeten Werkstoffes den jeweiligen Temperaturanforderungen und mechanischen Belastungen im Betrieb der Maschine angepasst ist.

[0012] Die Vorteile der Erfindung bestehen unter anderem darin, dass die Verschraubungen zwischen den einzelnen Gehäuseteilen wegfallen. Die Fugen sind mechanisch problemlos und unter allen Betriebszuständen dicht. Als weiterer Vorteil kommt hinzu, dass das Gehäuse entsprechend den Betriebsanforderungen mit optimalen Werkstoffen wirtschaftlich günstig herstellbar ist und die thermische Flexibilität gegenüber den Lösungen nach dem bekannten Stand der Technik erhöht wird.

[0013] Es ist besonders zweckmässig, wenn das Gehäuse in axialer Richtung aus verschiedenen Werkstoffen besteht. Die Werkstoffe für das Gehäuse sind dabei auf die Wahl des Wellenmaterials abgestimmt. Damit

können vorteilhaft thermische Differenzdehnungen zwischen der Welle und dem Gehäuse minimiert werden.

**[0014]** Ferner ist es vorteilhaft, wenn das Gehäuse über den Umfang aus verschiedenen Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besteht. Dies führt vorteilhaft zu einer Reduktion der Ovalisationserscheinungen des Gehäuses.

**[0015]** Als Fügeverfahren sind vorteilhaft Schweissverfahren, wie z. B. Elektroden-Schweissen von Hand, MIG (Metall-Inert-Gas)- und MAG (Metall-Aktiv-Gas)-Schweissen von Hand oder mittels Automaten, Unterpulver-Schweissen, Elektronenstrahlschweissen oder Laserstrahlschweissen, aber auch Lötverfahren vorgesehen. Damit sind je nach Beanspruchung und Material stoffschlüssige Verbindungen der Gehäuseteile wirtschaftlich herstellbar.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0016]** In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von einwelligen axialdurchströmten Dampfturbinen dargestellt.

**[0017]** Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt einer doppelschaligen Hochdruckturbinen in einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung;

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Zudampf entlang der Linie II-II gemäss Fig. 1;

Fig. 3 einen Querschnitt in der Nähe des Abdampfes entlang der Linie III-III gemäss Fig. 1;

Fig. 4 einen Längsschnitt einer doppelschaligen doppelflutigen Turbinen in einer zweiten Ausführungsvariante der Erfindung;

Fig. 5 ein Detail der Flanschverbindung in der Trennebene;

Fig. 6 einen Schnitt senkrecht zur Turbinenachse durch eine beschauelte Partie eines Gehäuses in einer dritten Ausführungsvariante der Erfindung.

**[0018]** Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0019]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der Fig. 1 bis 6 näher erläutert.

**[0020]** Fig. 1 zeigt in einem Längsschnitt eine doppelschalige Hochdruckdampfturbine mit einem erfindungsgemässen Gehäuse in einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung, während die Fig. 2 und 3 Querschnitte

der Hochdruckdampfturbine entlang der Linien II-II und III-III in Fig. 1 darstellen.

**[0021]** Die Dampfturbine besteht im wesentlichen aus einer aus mehreren, hier vier Scheiben 1, 2, 3, 4 zusammengesetzten Welle, die die Laufschaufeln 51 trägt, einem Innengehäuse 11, 12, 13, welches die Leitschaufeln 50 trägt und einem Aussengehäuse 41. Das Innengehäuse ist dabei in einer horizontalen Ebene durch die Turbinenachse in zwei Gehäusehälften getrennt.

**[0022]** Die Scheiben 1, 2, 3 und 4 bestehen jeweils aus verschiedenen Werkstoffen. Sie sind nach bekanntem Stand der Technik mittels Zusammenschweissen miteinander verbunden, wie in Fig. 1 anhand der Wellenschweissnähte 5, 6, 7 zu erkennen ist. Die Scheibe 1, welche höchsten Temperaturen (ca. 620 °C) ausgesetzt ist, besteht beispielsweise aus einem hochlegierten 9 bis 13%igen Cr-Stahl. Die Scheibe 2 ist vergleichsweise niedrigeren, aber immer noch hohen Temperaturen (ca. 560 °C) ausgesetzt, sie ist daher z. B. aus einem niedriglegiertem CrMoV-Stahl hergestellt. Die Scheiben 3 und 4 müssen nur noch relativ moderate Temperaturen (ca. 450 °C) aushalten und sind daher aus einem unlegierten Stahl gefertigt.

**[0023]** Das Innengehäuse ist nun erfindungsgemäss wie die Welle aus verschiedenen Teilen, im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus drei Teilen 11, 12, 13 stoffschlüssig zusammengefügt, wobei das Gehäuseteil 11 mit dem Gehäuseteil 12 unter Bildung einer Rundnaht 15 zusammengeschweisst ist, und das Gehäuseteil 12 an seinem anderen Ende wiederum mit dem Gehäuseteil 13 unter Bildung einer Gehäuseschweissnaht (Rundnaht) 16 zusammengeschweisst ist. Als Schweissverfahren können dabei das Elektroden-Schweissen von Hand, MIG und MAG von Hand oder mittels Automaten, Unterpulver-Schweissen, Elektronenstrahlschweissen oder Laserstrahlschweissen zur Anwendung kommen.

**[0024]** Das Gehäuseteil 11 für Höchsttemperaturanwendung besteht z. B. aus einem 9 bis 13%igen Cr-Stahl, das Gehäuseteil 12 für Hochtemperaturanwendung besteht z. B. aus einem niedriglegierten CrMoV-Stahl und das Gehäuseteil 13 für Niedrigtemperaturanwendung besteht z. B. aus einem unlegierten Stahl. Das Innengehäuse der Hochdruckdampfturbine ist somit in axialer Richtung aus verschiedenen Werkstoffen gefertigt, wobei die Art des verwendeten Werkstoffes den jeweiligen Temperaturanforderungen und mechanischen Belastungen im Betrieb angepasst ist.

**[0025]** Die Gehäuseteile 11, 12, 13 können je nach Gestaltung und Anforderungen gegossen oder geschmiedet sein, wobei sich die Teile 12 und 13 besonders zum Schmieden eignen.

**[0026]** Die Gehäuseteile können in der Giesserei, in der Schmiede oder bei einem geeigneten Lieferanten zusammengeschweisst werden.

**[0027]** Die beiden Gehäusehälften des Innengehäuses werden im vorliegenden Ausführungsbeispiel nach dem Schweissen, Bearbeiten und der Montage der Be-

schaufelung mittels Schrumpfringen 21, 22, 23 zusammengehalten. Die Schrumpfringe 21, 22, 23 werden durch den Abdampfstrom gekühlt, so dass sie nicht aus hochlegierten teuren Materialien bestehen müssen, sondern beispielsweise aus kostengünstigen geschmiedeten niedriglegierten CrMoV-Stählen bestehen können.

**[0028]** Bei Erhöhung der Dampftemperaturen auf z. B. 850 °C können die einzelnen Teile 1, 2, 3, 4 der Welle und die Teile 12, 13, 14 des Innengehäuse vorteilhaft aus folgenden Werkstoffen bestehen, wobei zwischen den einzelnen Teilen jeweils eine Fertigungsschweißung vorgesehen ist:

- im Höchsttemperaturbereich (ca. 620...850 °C) Ni- Basislegierung
- im Hochtemperaturbereich (ca. 560...620 °C) 9 bis 13%iger Cr-Stahl
- im Niedertemperaturbereich (ca. 450...560 °C) CrMoV-Stahl.

**[0029]** Die Werkstoffwahl für die Teile 12, 13, 14 des Innengehäuses ist somit auf die Wahl des Wellenmaterial, d. h. der Teile 1 bis 4, abgestimmt. Beispielsweise geht aus Fig. 2, dem Querschnitt durch den Zudampf, hervor, dass die Wellenscheibe 1 und Teil 11 des Innengehäuses der Dampfturbine den gleichen Temperaturbedingungen (höchste Temperatur) unterworfen sind und daher aus dem gleichen Material gefertigt werden sollten, z. B. einer Ni-Basislegierung. Fig. 3 zeigt dagegen einen Querschnitt in der Nähe des Abdampfes, aus welchem hervorgeht, dass die Wellenscheibe 3 den gleichen Temperaturbedingungen (niedrige Temperatur) unterworfen ist wie das Innengehäuseteil 13 und daher die Teile 3 und 13 vorteilhaft aus dem gleichen Material, z. B. einem niedriglegierten CrMoV-Stahl gefertigt werden sollten.

**[0030]** Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass thermische Turbomaschinen bis zu höchsten Drücken und Temperaturen wirtschaftlich gebaut werden können. Der Einsatz von teuren hochlegierten Werkstoffen ist auf ein Mindestmass reduziert. Die Gussteile sind von vergleichsweise bescheidenen Abmessungen, was die Lieferzeiten verbessert und einen günstigen Einfluss auf Machbarkeit, Kosten und Durchlaufzeiten bedeutet. Ausserdem können vorteilhaft viele Teile geschmiedet werden. Technisch gesehen erfüllen Teile, welche durch Schweißen verbunden sind, die höchsten Anforderungen.

**[0031]** Fig. 4 und Fig. 5 zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer doppelschaligen zweiflutigen Dampfturbine, wobei Fig. 4 einen Längsschnitt der Turbine darstellt und Fig. 5 ein Detail der Flanschverbindung in der Trennebene zeigt. Die dargestellte Dampfturbine kann sowohl eine Hochdruckturbinen auch eine Mitteldruckturbinen sein.

**[0032]** Wie beim ersten oben beschriebenen Ausführungsbeispiel besteht jede der Turbinen im wesentli-

chen aus einer aus mehreren Teilen 1, 2, 3, 4 zusammengesetzten Welle, die die Laufschaufeln 51 trägt, einem Innengehäuse 11, 12, 13, welches die Leitschaufeln 50 trägt und einem Aussengehäuse 41. Die Wellenteile 1, 2, 3, 4 sind jeweils mittels der Schweißnähte 5, 6, 7 zusammengefügt, während die verschiedenen Gehäuseteile des Innengehäuses 11, 12, 13 mittels der mit 15 und 16 bezeichneten Gehäuseschweißnähte zusammengefügt sind. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel werden die Gehäusenhälften nicht durch Schrumpfringe, sondern durch Flanschverschraubungen 43 zusammengehalten. Das Schraubmaterial wird in Abhängigkeit vom Gehäusematerial gewählt. Das Schraubmaterial und das Gehäusematerial sollten möglichst gleiche Ausdehnungskoeffizienten aufweisen.

**[0033]** Der Mantel muss ringsum zusammenschweisst werden. Um Schweißarbeiten zu sparen und die erforderliche Flexibilität zu gewährleisten, werden die Flanschpartien nicht durchgeschweisst, was gut in Fig. 5 zu sehen ist.

**[0034]** Fig. 6 zeigt schliesslich in einem Schnitt senkrecht zur Turbinenachse durch eine beschauelte Partie eines Gehäuses eine dritten Ausführungsvariante der Erfindung. An einer Gehäusewand 14 ist ein Flansch 42 mittels einer Gehäuselängsnaht 17 angeschweisst. Diese Längsnaht 17 kann sich je nach Anforderung auf einen Teil der Gehäuselänge oder gesamte Länge erstrecken. Die dicken und somit thermisch trägen Flanschpartien 42 bestehen aus einem Werkstoff mit einem höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als die relativ dünne Gehäusewand 14. Als ein mögliches Beispiel sei hier genannt, dass der Trennflansch 42 aus einem CrMoV-Stahl mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von etwa  $13 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und die Gehäusewand 14 aus einem 9 bis 13%igem Cr-Stahl mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von etwa  $11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  bestehen. Durch Verwendung von Werkstoffen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten über den Umfang des Gehäuses werden die Ovalisationseffekte mindestens teilweise ausgeglichen und eine ungewollte Vergrößerung des Spiels zwischen rotierenden und stehenden Teilen der Maschine verhindert.

**[0035]** Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiel beschränkt. Die unterschiedlichen Gehäuseteile können beispielsweise anstelle mittels Schweißen auch mittels Löten zusammengefügt sein. Ebenso ist es denkbar, derartige Gehäuse auch bei anderen Turbomaschinen, z. B. Gasturbinen oder Axialverdichter, einzusetzen.

#### Bezugszeichenliste

**[0036]**

- 1 Wellenteil für Höchsttemperaturanwendung
- 2 Wellenteil für Hochtemperaturanwendung

3	Wellenteil für Niedrigtemperaturanwendung	
4	Wellenteil für Niedrigtemperaturanwendung	
5	Wellenschweisnaht	
6	Wellenschweisnaht	
7	Wellenschweisnaht	5
11	Gehäuseteil für Höchsttemperaturanwendung	
12	Gehäuseteil für Hochtemperaturanwendung	
13	Gehäuseteil für Niedrigtemperaturanwendung	
14	Gehäusewand	10
15	Gehäuseschweisnaht (Rundnaht)	
16	Gehäuseschweisnaht (Rundnaht)	
17	Gehäuseschweisnaht (Längsnaht)	
21	Schrumpfring	15
22	Schrumpfring	
23	Schrumpfring	
41	Aussengehäuse	
42	Horizontaler Trennflansch	20
43	Schraube	
50	Leitbeschaukelung	
51	Laufbeschaukelung	25

### Patentansprüche

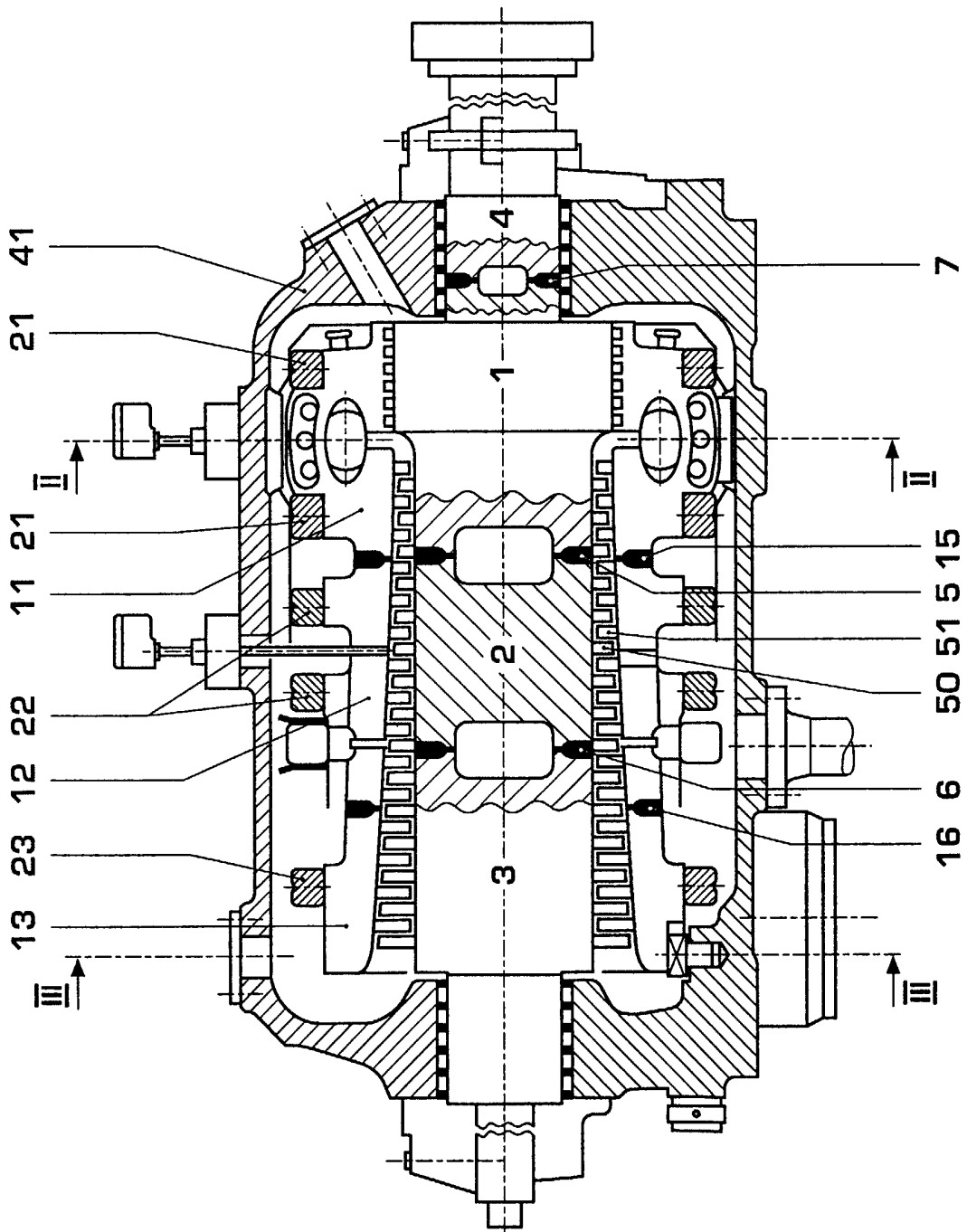
1. Gehäuse für eine thermische Turbomaschine, welches in einer Ebene annähernd parallel zur Maschinenachse in zwei Gehäusehälften getrennt ist, wobei jede Gehäusehälfte aus jeweils mindestens zwei Gehäuseteilen (11, 12, 13, 14, 42) aus jeweils unterschiedlichen Werkstoffen besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Gehäuseteile (11, 12, 13, 14, 42) mittels eines stoffschlüssigen Fügeverfahrens zusammengefügt sind und die Art des verwendeten Werkstoffes den jeweiligen Temperaturanforderungen und mechanischen Belastungen im Betrieb angepasst ist. 30  
35  
40
2. Gehäuse für eine thermische Turbomaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (11, 12, 13) in axialer Richtung aus verschiedenen Werkstoffen besteht. 45
3. Gehäuse für eine thermische Turbomaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (14, 42) über den Umfang aus verschiedenen Werkstoffen mit jeweils unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besteht. 50
4. Gehäuse für eine thermische Turbomaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fügeverfahren ein Schweissverfahren ist. 55
5. Gehäuse für eine thermische Turbomaschine nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Füge-

geverfahren ein Lötverfahren ist.

6. Gehäuse für eine thermische Turbomaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweissverfahren Elektroden-Schweissen von Hand, MIG und MAG von Hand oder mittels Automaten, Unterpulver-Schweissen, Elektronenstrahlschweissen oder Laserstrahlschweissen vorgesehen sind.

7. Gehäuse für eine thermische Turbomaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäusehälften mit Hilfe von Schrumpfringen (21, 22, 23) zusammengehalten sind.

8. Gehäuse für thermische Turbomaschinen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäusehälften mittels Flanschverschraubungen (43) zusammengehalten sind.



Figur 1

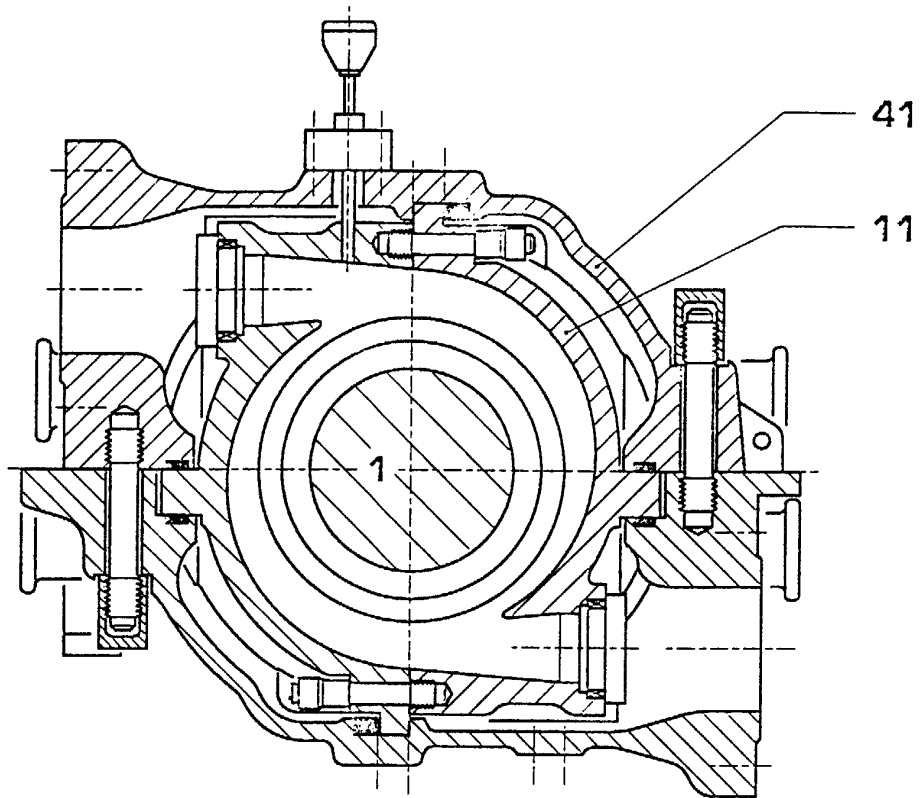


Fig. 2

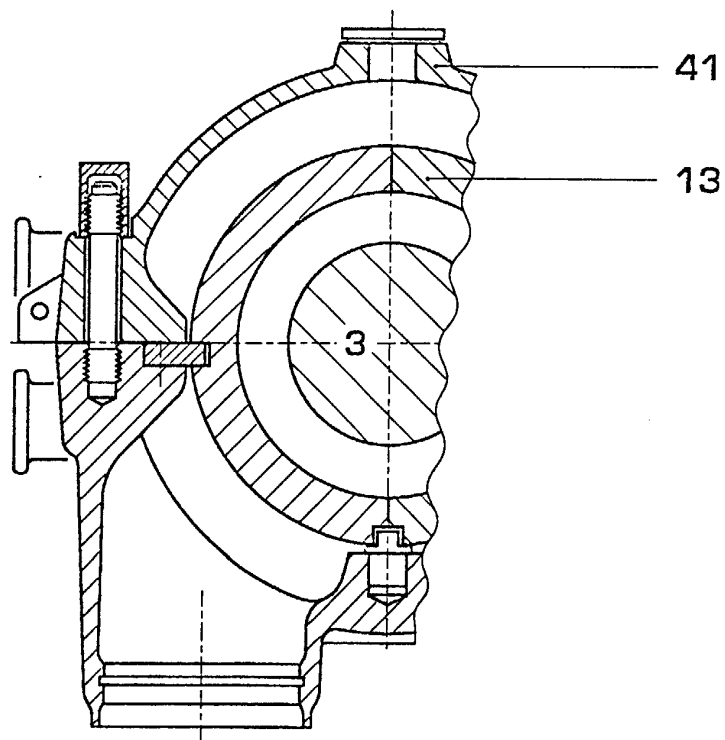
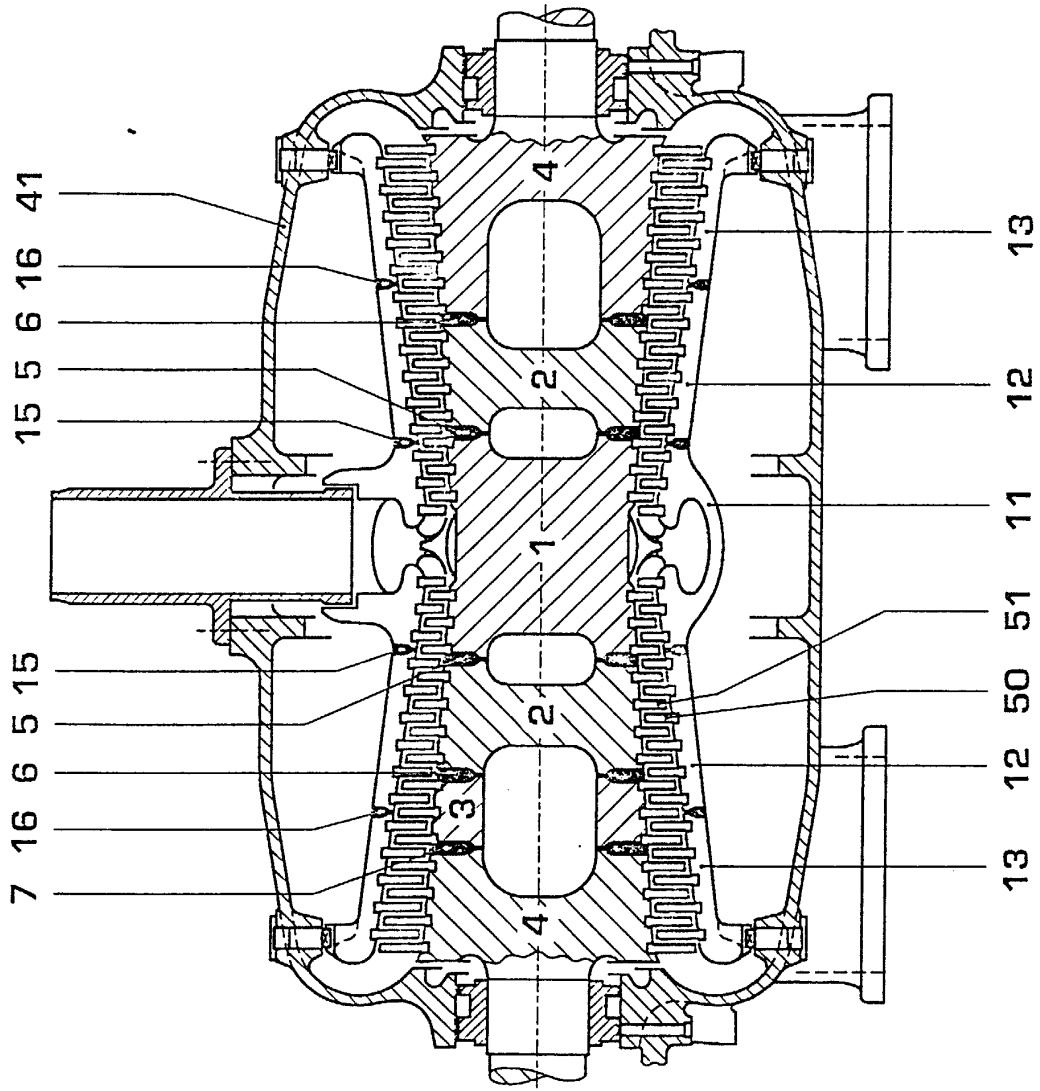


Fig. 3



Figur 4



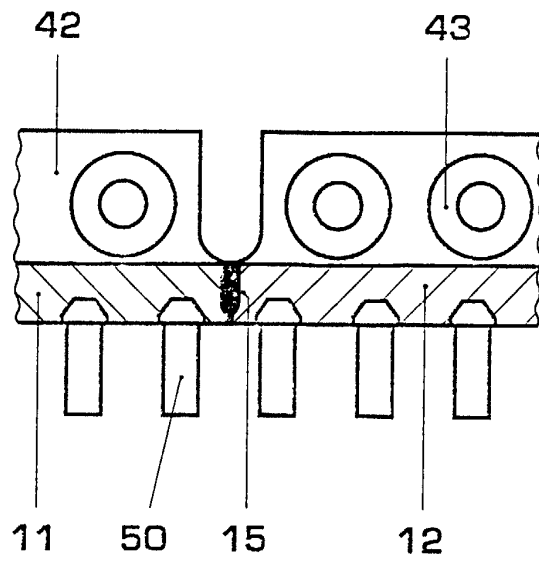


Fig. 5

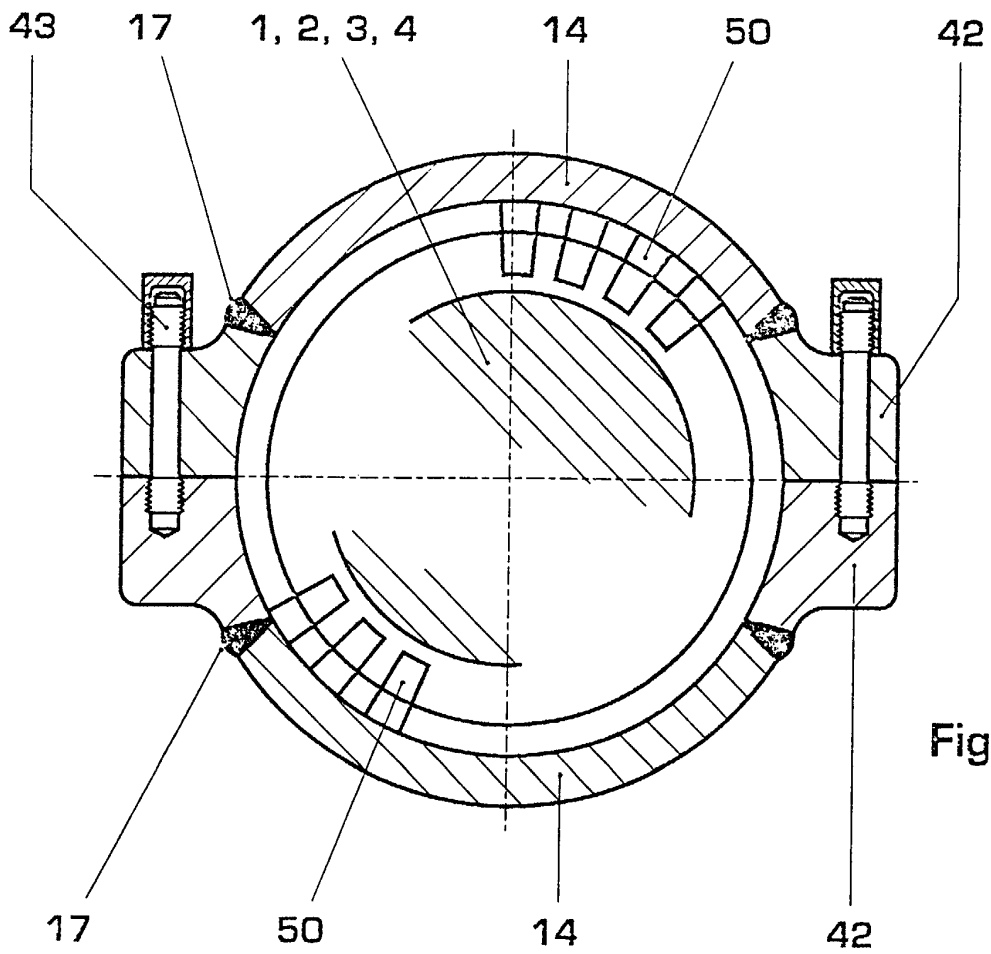


Fig. 6