



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 350 925 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.10.2003 Patentblatt 2003/41

(51) Int Cl.7: **F01D 11/00**, F01D 25/12,
F01D 11/02, F16J 15/447

(21) Anmeldenummer: **02020928.4**

(22) Anmeldetag: **19.09.2002**

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

- **Ebbing, Hildegard**
46117 Oberhausen (DE)
- **Kleinefeldt, Andreas**
40880 Ratingen (DE)
- **Mohr, Klaus Dieter**
42113 Wuppertal (DE)

(30) Priorität: **02.04.2002 DE 10214624**

(71) Anmelder: **MAN Turbomaschinen AG**
46145 Oberhausen (DE)

(74) Vertreter: **Radünz, Ingo, Dipl.-Ing.**
Schumannstrasse 100
40237 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Aschenbruck, Emil**
47167 Duisburg (DE)

(54) Vorrichtung zur Abdichtung in Turbomaschinen

(57) Eine Vorrichtung zur Abdichtung zwischen den Leitschaufeln (1) und dem Rotor (17) von Turbomaschinen, insbesondere von Gasturbinen, besteht aus wärmeelastisch an dem Schaufelfuß (14) der Leitschaufeln (1) aufgehängten Innenringen (3) mit aufgelöteter Wabendichtung (4) und aus auf dem Rotor (17) angebrachten Labyrinthspitzen (5). Durch die Schaufelfüße (14) sind an die von Kühlluft durchströmten Hohlräume (21) der gekühlten Leitschaufeln (1) angeschlossene, erste

Strömungskanäle geführt. Die ersten Strömungskanäle sind mit mindestens einem von durch den Innenring (3) bis nahe an die Wabendichtung (4) geführten zweiten Strömungskanälen verbunden. Die zweiten Strömungskanäle münden in mindestens einen von an der hinteren Kante des Innenringes (3) offenen, dritten Strömungskanälen oder sind zu einer zur Wabendichtung (4) hin offenen Ringnut (10) auf der Unterseite des Innenringes (3) geführt.

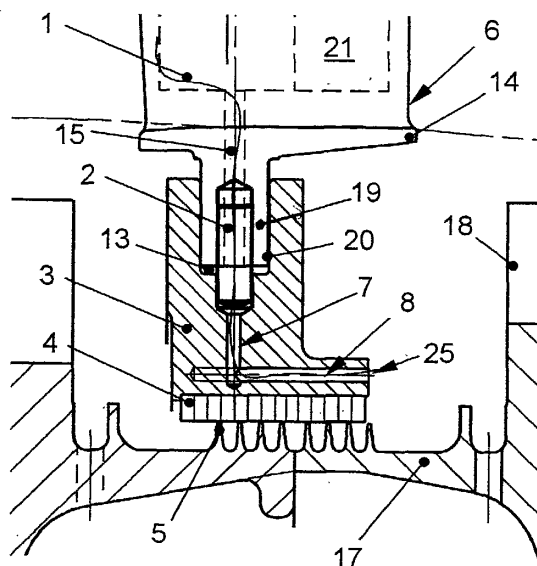


Fig. 1

EP 1 350 925 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Abdichtung zwischen den Leitschaufeln und dem Rotor von Turbomaschinen mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruchs 1.

[0002] Bei einer aus der Praxis bekannten Abdichtung in Turbomaschinen ist der an den Leitschaufeln aufgehängte Innenring mit der aufgelöteten Wabendichtung ungekühlt. Um einen Metallkontakt zwischen dem Rotor und dem Stator der Turbomaschine sicher zu vermeiden, muss der Abstand zwischen der Wabendichtung und den Labyrinthspitzen auf den größtmöglichen Betrag der Wärmedehnung ausgelegt werden. Der verhältnismäßig große Abstand hat einen großen Leakagestrom zur Folge.

[0003] Aus der DE-A-19 821 365 ist eine gekühlte Wabendichtung bekannt, die an der äußeren Begrenzung des Strömungskanals innerhalb einer Gasturbine angeordnet ist. Zur Kühlung der Wabendichtung wird ein Teil der Kühlluft, welche der stromauf liegenden Leitschaufel am äußeren Deckband zur Verfügung steht, durch Bohrungen in dem die Wabendichtung tragenden Ring der Wabendichtung zugeführt.

[0004] Aus der US-A-5 749 701 und der US-A-5 157 914 sind Gasturbinen mit innen gekühlten Leitschaufeln bekannt. Mit den Leitschaufeln sind starr Dichtsegmente verbunden, die eine Wabendichtung enthalten. Die Dichtsegmente sind radial fixiert und nicht wärmeelastisch aufgehängt. Den Dichtsegmenten wird Kühlluft aus den gekühlten Leitschaufeln zugeführt. Diese Kühlluft dient vor allem der Sperrung des Dichtspaltes zwischen den Dichtsegmenten und Labyrinthspitzen und weniger der Kühlung der Wabendichtung. Wegen der nicht wärmeelastischen Aufhängung der Dichtsegmente wird die Breite des Dichtspaltes durch die Kühlluft nicht beeinflusst.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäße Abdichtung so zu gestalten, dass der Abstand zwischen der Wabendichtung und den Labyrinthspitzen zur Reduzierung der Leakageströme bei gleichzeitiger Erhöhung des Wirkungsgrades der Turbomaschine verringert werden kann.

[0006] Die Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Abdichtung erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Der als Dichtspalt dienende Ringspalt zwischen der Wabendichtung und den Labyrinthspitzen wird maßgeblich durch die Temperatur des wärmeelastisch aufgehängten Innenringes bestimmt. Die durch den Innenring geführte Kühlluft kühlt diesen und senkt damit dessen Bauteiltemperatur. Dadurch stellt sich aufgrund der geringeren Wärmedehnung ein kleinerer Innendurchmesser der Wabendichtung und somit auch ein kleinerer Ringspalt ein. Durch die Versorgung des Innenringes mit Kühlluft lässt sich damit die Breite des

Dichtspaltes beeinflussen. Der Dichtspalt kann von vorne herein enger ausgelegt werden.

[0008] Des weiteren wird ein Heißgaseinbruch aus dem Strömungskanal der Leitschaufel in die Wabendichtung vermieden und dadurch wird sich auch der Leakagestrom dementsprechend verringern. Das geht mit einer Erhöhung des Wirkungsgrades der Turbomaschine einher. Durch die Kühlung des Innenringes und der Wabendichtung wird die lebensdauerbegrenzende Materialtemperatur reduziert, die Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit der betroffenen Bauteile verbessert und die Lebensdauer des Heißgasteiles der Turbomaschine erhöht. Durch eine Regelung der Kühlung kann ein Metallkontakt zwischen dem Rotor und dem Stator in transienten Zuständen der Turbomaschine vermieden werden. Aufgrund der angegebenen vorteilhaften Eigenschaften eignet sich die Erfindung besonders für die Nabenabdichtung zwischen dem Rotor und dem Stator von Gasturbinen.

[0009] Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 - 5 verschiedene Ausführungsformen einer Einzelheit X einer Gasturbine nach Fig. 7,
Fig. 6 die Einzelheit Z nach Fig. 3,
Fig. 7 schematisch den Längsschnitt durch eine Gasturbine,
Fig. 8 eine andere Ausführungsform der Einzelheit Z nach Fig. 3 und
Fig. 9 - 11 verschiedene Ausbildungen der Kühlluftstromverteilungen.

[0010] Der Aufbau von Turbomaschinen ist grundsätzlich bekannt. Eine als Gasturbine ausgebildete Turbomaschine besteht gemäß Fig. 7 aus einem Gehäuse 16, in dem ein Rotor 17 drehbar gelagert ist. Der Rotor 17 trägt mehrere Reihen von Laufschaufeln 18, zwischen denen feststehende, an dem Gehäuse 16 befestigte Leitschaufeln 1 angeordnet sind.

[0011] In den Fig. 1 bis 5 und 9 bis 11 ist ein Teil des Rotors 17 mit zwei Laufschaufeln 18 und dem unteren Teil einer Leitschaufel 1 dargestellt.

[0012] Die Leitschaufel 1 ist an ihrem dem Rotor 17 zugewandten Ende mit einem Leitschaufelfuß 14 versehen. An dem Leitschaufelfuß 14 ist wärmeelastisch ein Innenring 3 aufgehängt. Zu diesem Zweck ist der Leitschaufelfuß 14 mit einem Ansatz 19 versehen, der in eine angepasste Ausnehmung 20 im Innenring 3 greift, wobei zwischen der Stirnfläche des Ansatzes 19 des Leitschaufelfußes 14 und dem Grund der Ausnehmung 20 des Innenringes 3 ein die Wärmedehnung aufnehmender Spalt 13 verbleibt. Zentrierstifte 2, die in den Ansatz 19 des Leitschaufelfußes 14 und in den Grund der Ausnehmung 20 des Innenringes 3 eingesetzt sind, sorgen für eine Zentrierung des Innenringes 3 an dem Leitschaufelfuß 14.

[0013] Auf der dem Rotor 17 zugewandten Fläche

des Innenringes 3 ist eine Wabendichtung 4 aufgelötet. Die Wabendichtung 4 enthält eine offene Wabenstruktur, die aus Stegen gebildet ist. Die Stege sind mit dem Innenring 3 verbunden und begrenzen die nach innen offenen Waben. Der Wabendichtung 4 stehen Labyrinthspitzen 5 eines einteiligen als Dichtung dienenden Labyrinthringes gegenüber, der auf dem Rotor 17 angebracht ist. Zwischen den mit dem Rotor 17 rotierenden Labyrinthspitzen 5 und der feststehenden Wabendichtung 4 besteht ein Dichtspalt von klein zu haltender radialer Höhe.

[0014] Die Leitschaufeln 1 sind gekühlt und weisen einen Hohlraum 21 auf, der von Kühlluft durchströmt ist. Die Kühlluft tritt an der Leitschaufelhinterkante 6 aus.

[0015] Um den Dichtspalt zwischen der feststehenden Wabendichtung 4 und den rotierenden Labyrinthspitzen 5 gering zu halten und die den Dichtspalt durchdringenden Leckageströme zu verringern, ist auch der Innenring 3 und die Wabendichtung 4 gekühlt. Die Kühlung erfolgt durch einen geringen Teilstrom der zur Kühlung der Leitschaufel 1 verwendeten Kühlluft, deren Hauptstrom an der Leitschaufelhinterkante 6 ausströmt.

[0016] Die Kühlluft wird der Leitschaufel 1 entnommen. Zu diesem Zweck ist durch den Leitschaufelfuß 14 ein erster Strömungskanal geführt, der als Bohrung 15 ausgebildet ist und in den Spalt 13 zwischen dem Leitschaufelfuß 14 und dem Innenring 3 einmündet.

[0017] Von dem Spalt 13 gehen zweite Strömungskanäle aus, die durch den Innenring 3 als radiale Bohrungen 7 oder als räumlich diagonale Bohrungen 11 hindurchgeführt sind. Die Bohrungen 7, 11 münden in dritte Strömungskanäle ein, die als axiale Bohrungen 8 durch den Innenring 3 hindurchgeführt sind. Die axialen Bohrungen 8 sind an der hinteren Kante des Innenringes 3 offen und bilden den Austritt 25. Der Teilstrom an Kühlluft, welcher der Leitschaufel 1 durch die Bohrung 15 entnommen wird, verteilt sich in dem Spalt 13 zwischen dem Leitschaufelfuß 14 und dem Innenring 3, tritt in die radialen und die räumlich diagonalen Bohrungen 7, 11 ein und über die axialen Bohrungen 8 durch die Austritte 25 aus. Die der Leitschaufel 1 entnommene Kühlluft senkt die Temperatur des Innenringes 3 und der Wabendichtung 4, während diese die Bohrungen 7, 11, 8 passiert (Fig. 1, 3, 6).

[0018] Der erste Strömungskanal kann gemäß Fig. 8 auch als Innenbohrung 23 eines hohlen Zentrierstiftes 2 ausgebildet sein, wobei die Innenbohrung 23 über eine radial durch den Leitschaufelfuß 14 geführte Bohrung 24 mit dem Hohlraum 21 der Leitschaufel 1 in Verbindung steht. Mit der Innenbohrung 23 des hohlen Zentrierstiftes 2 ist zumindest eine der ebenfalls als zweiter Strömungskanal dienenden, radialen Bohrungen 7 verbunden. Jeweils eine der radialen Bohrungen 7 mündet jeweils in eine der axialen Bohrungen 8 ein.

[0019] Gemäß Fig. 4 enden die radialen Bohrungen 7 in einer offenen Ringnut 10, die in der dem Rotor 17 zugewandten Fläche des Innenringes 3 eingeschnitten ist. In diesem Falle tritt die der Leitschaufel 1 entnom-

mene Kühlluft durch die Wabendichtung 4 aus und kühlt dabei diese direkt.

[0020] Wie in der Fig. 2 gezeigt ist, können von mindestens einer der radialen Bohrungen 7, die als zweite Strömungskanäle dienen, vierte Strömungskanäle abzweigen, die als schräge Bohrungen 9 durch den Innenring 3 geführt sind und in einer weiteren Ringnut 22 enden. Auf diese Weise wird die Wabendichtung 4 großflächig gekühlt.

[0021] Gemäß Fig. 5 besteht der Innenring 3 aus zwei Teilen, die auf den einander zugewandten Seiten mit Nuten und Vorsprüngen versehen sind. Die beiden Teile des Innenringes 3 sind so zusammengesetzt, dass die Nuten und Vorsprünge ineinander greifen und dadurch Serpentina 12 bilden, die einen fünften durch den Innenring 3 geführten Strömungskanal darstellen. Die Serpentina 12 stehen mit den axialen Bohrungen 8 in Verbindung. Durch diese serpentinaartige Kühlluftführung ist die Verweildauer der Kühlluft im Innenring 3 größer als bei den anderen beschriebenen Ausführungen. Darüber hinaus wird die Oberfläche zur Wärmeübertragung (Kühlung) durch die Serpentina 12 vergrößert und damit auch die Effektivität der Kühlung.

[0022] In den Fig. 9 bis 11 sind im Bereich des Innenringes 3 für verschiedene Varianten die Kühlluftströme a bis 1 dargestellt, die sich wie folgt zusammensetzen:

- a) Kühlluft, die von den Laufschaufeln 18 des Laufschaufelkranzes strömt, der vor der gezeigten Leitschaufel 1 angeordnet ist,
- b) wie a, jedoch auf einem der Rotorachse näheren Radius,
- c) indifferente Verteilungsströmung zwischen Rotor 17 und Innenring 3,
- d) Kühlluft, die vor den Leitschaufeln 1 in den Strömungskanal austritt,
- e) Heißgas,
- f) Leckagestrom (in Fig. 10 vorwärts-, in Fig. 11 rückwärtsströmend),
- g) Kühlluft, die aus den Laufschaufeln 18 des Laufschaufelkranzes strömt, der hinter der gezeigten Leitschaufel 1 angeordnet ist,
- h) wie d, jedoch hinter den Leitschaufeln 1,
- k) Kühlluft, die aus dem Hohlraum 21 der Leitschaufel 1 dem Innenring 3 zugeführt wird,
- l) Leckagestrom.

[0023] Die Fig. 9 zeigt die Kühlluftströme a bis h für die ungekühlte Variante des Innenringes 3 gemäß dem Stand der Technik. In der Fig. 9 ist zu erkennen, dass ein Heißgasstrom e aus dem Strömungskanal der Leitschaufel 1 in den Ringspalt zwischen der Wabendichtung 4 und den Labyrinthspitzen 5 gezogen wird und dort zu einer Erhöhung des Leckagestroms f führt. Dies hat weiterhin eine Temperaturerhöhung des Innenringes 3 mit einer weiteren wärmeelastischen Dehnung desselben zur Folge.

[0024] Die Fig. 10 und 11 stellen die Kühlluftströme a

bis 1 für die gekühlte Variante des Innenringes 3 dar, wobei der Kühlluftstrom k in der Fig. 10 gering und in der Fig. 11 groß ist. Die Menge des Kühlluftstromes k lässt sich durch einen höheren Druck der Kühlluft in der Leitschaufel 1, einen größeren Durchmesser der Bohrung 7 oder eine Veränderung des Strömungswiderstandes durch die Gestaltung des Ein- und Austrittes (gerundet, scharfkantig) der Bohrung 7 verändern.

[0025] Fig. 10 zeigt eine Variante mit der Kühlung des Innenringes 3, wobei es sich bei dem Kühlluftstrom k um einen Kühlluftstrom von geringer Menge handelt. Es ist zu beobachten, dass der Heißgaseinbruch e vermieden wird und ein wesentlich geringerer Leakagestrom f durch den Ringspalt zwischen der Wabendichtung 4 und den Labyrinthspitzen 5 strömt. Der Ringspalt zwischen der Wabendichtung 4 und den Labyrinthspitzen 5 wird in einer Richtung von dem Leakagestrom f durchströmt.

[0026] Wird, wie in Fig. 11 dargestellt, der Kühlluftstrom k erhöht, so teilt sich dieser in die beiden Leakageströme f und 1 auf, die zu beiden Seiten des Innenringes 3 den Ringspalt zwischen der Wabendichtung 4 und den Labyrinthspitzen 5 verlassen. Auch hier wird der Heißgaseinbruch e und die Pumpwirkung vermieden. Sowohl in Fig. 10 als auch in Fig. 11 nimmt der Innenring 3 eine niedrigere Temperatur an, und eine wärmeelastische Dehnung wird vermieden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Abdichtung zwischen den Leitschaufeln (1) und dem Rotor (17) von Turbomaschinen, insbesondere von Gasturbinen, bestehend aus wärmeelastisch an dem Schaufelfuß (14) der Leitschaufeln (1) aufgehängten Innenringen (3) mit aufgelöteter Wabendichtung (4) und aus auf dem Rotor (17) angebrachten Labyrinthspitzen (5), wobei jede Leitschaufel (1) einen von Kühlluft durchströmten Hohlraum (21) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Schaufelfüße (14) der Leitschaufeln (1) an die Hohlräume (21) der Leitschaufeln (1) angeschlossene, erste Strömungskanäle geführt sind, die mit mindestens einem von durch den Innenring (3) bis nahe an die Wabendichtung (4) geführten, zweiten Strömungskanälen verbunden sind, an die mindestens eine nach außerhalb des Innenringes (3) führende Verbindung angeschlossen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Strömungskanäle in mindestens einen von axialen, an der hinteren Kante des Innenringes (3) offenen, dritten Strömungskanälen münden, die die nach außerhalb des Innenringes (3) führenden Verbindungen der zweiten Strömungskanäle bilden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Strömungskanäle zu einer zur Wabendichtung (4) hin offenen Ringnut (10) auf der Unterseite des Innenringes (3) geführt sind, die die nach außerhalb des Innenringes (3) führende Verbindung der zweiten Strömungskanäle bildet.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** von den zweiten Strömungskanälen mindestens einer von vierten Strömungskanälen abgezweigt ist, der zu einer weiteren zur Wabendichtung (4) hin offenen Ringnut (22) auf der Unterseite des Innenringes (3) geführt ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Strömungskanäle als jeweils eine den Schaufelfuß (14) der Leitschaufeln (1) durchdringende Bohrung (15) ausgebildet sind.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Strömungskanäle als jeweils eine durch einen hohlen Zentrierstift (2) geführte Innenbohrung (23) und eine die Innenbohrung (23) mit dem Hohlraum (21) der Leitschaufel (1) verbindende Bohrung (24) ausgebildet sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Strömungskanäle als durch den Innenring (3) radial geführte Bohrungen (7) oder als räumlich diagonal geführte Bohrungen (11) ausgebildet sind, dass die dritten Strömungskanäle als axial durch den Innenring (3) geführte Bohrungen (8) ausgebildet sind und dass die vierten Strömungskanäle als schräg durch den Innenring (3) geführte Bohrungen (9) ausgebildet sind.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenring (3) aus zwei Teilen besteht, die auf den einander zugewandten Seiten mit Nuten und Vorsprüngen versehen sind, und dass die Nuten und Vorsprünge so ineinander greifen, dass ein serpentinartiger, fünfter Strömungskanal (12) entsteht, an den mindestens eine nach außerhalb des Innenringes (3) führende Verbindung angeschlossen ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wabendichtung (4) durch die aus der Wabendichtung (4) und/oder dem Innenring (3) austretende Kühlluft gegen einen Einbruch von Heißgas gesichert ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge der dem

Innenring (3) zugeführten Kühlluft (k) regelbar ist und dass je nach Menge der Kühlluft die durch den Spalt zwischen der Wabendichtung (4) und den Labyrinthspitzen (5) des Rotors (17) strömenden Leckageströme (f, l) nur vorwärts oder sowohl vorwärts als auch rückwärts gerichtet sind. 5

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge der dem Innenring (3) zugeführten Kühlluft (k) durch den Druck der Kühlluft in der Leitschaufel (1), den Durchmesser der Bohrungen (7, 11) oder eine Gestaltung des Ein- und Austrittes der Bohrungen (7, 11) regelbar ist. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

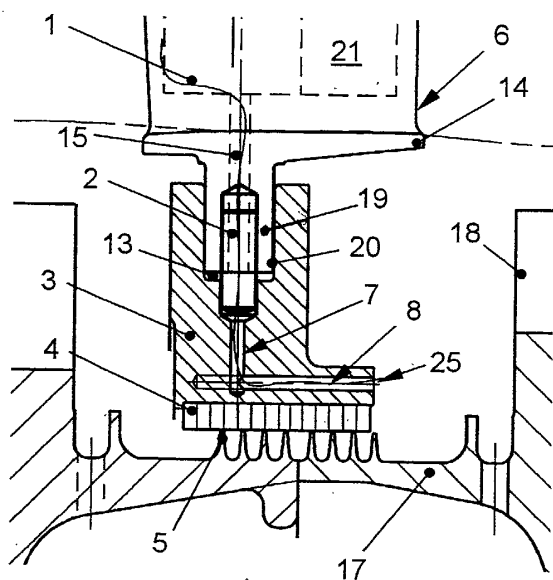


Fig. 1

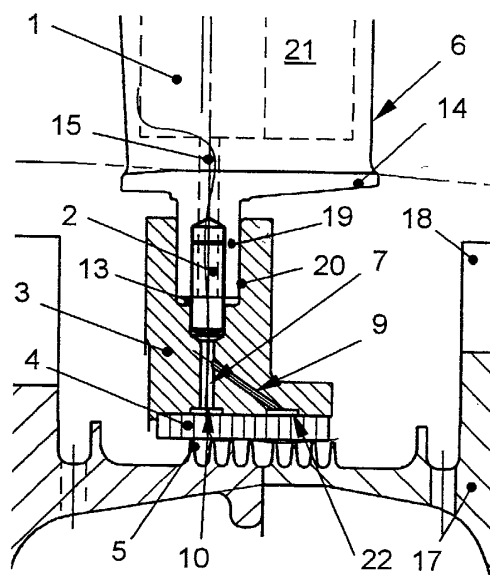


Fig. 2

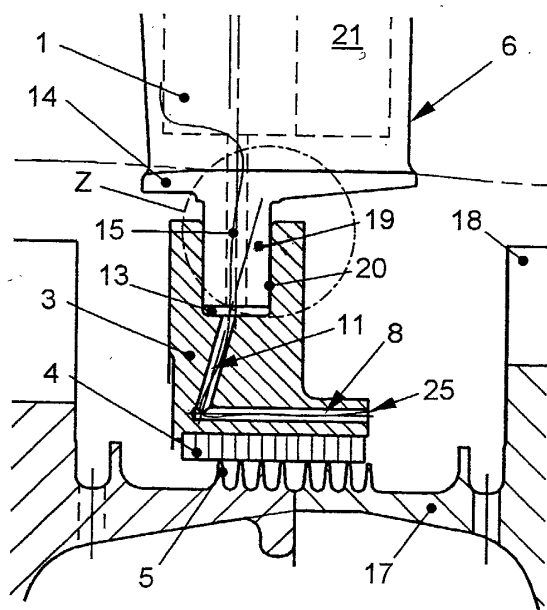


Fig. 3

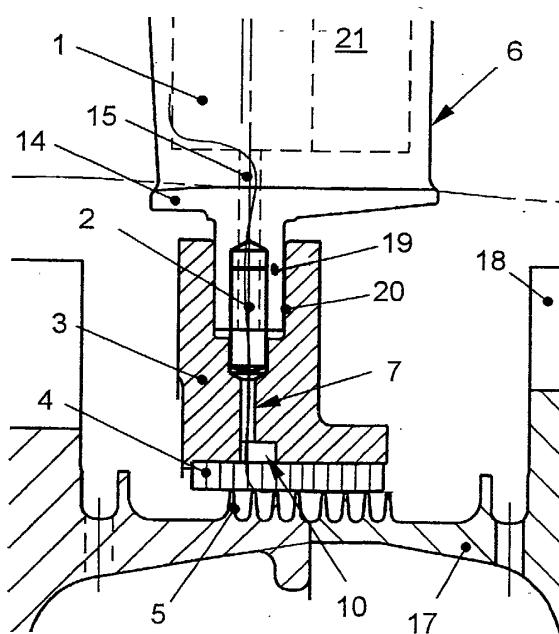


Fig. 4

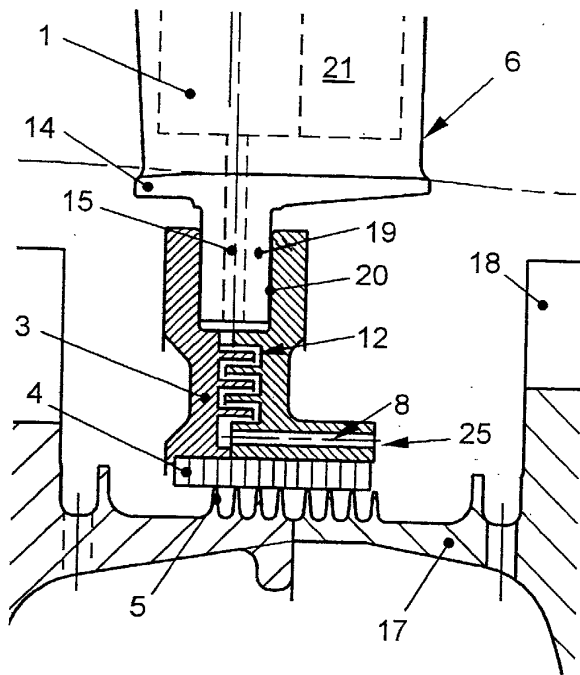


Fig. 5

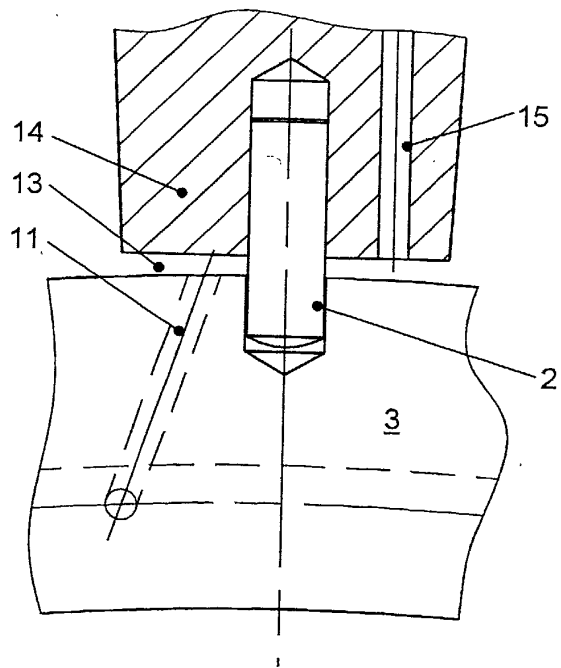


Fig. 6

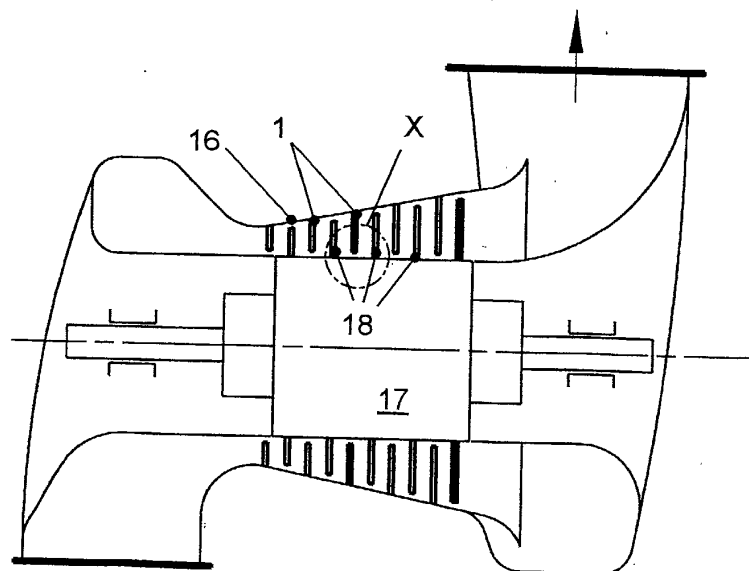


Fig. 7

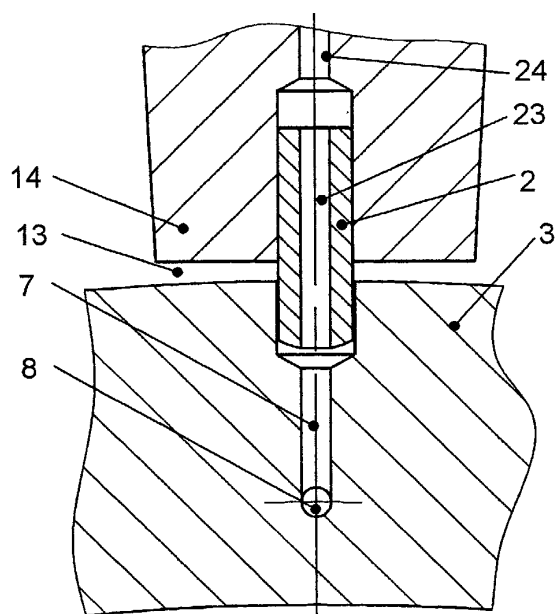


Fig. 8

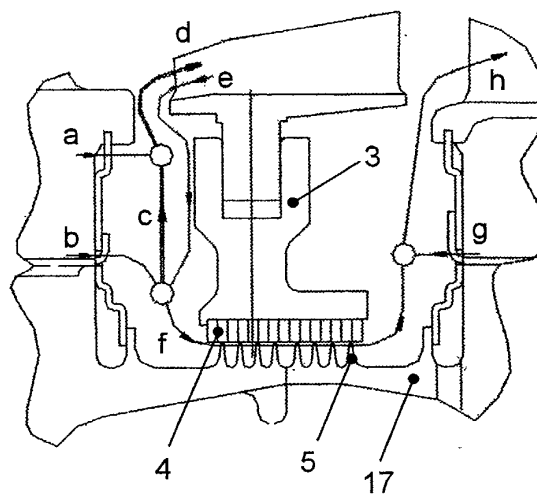


Fig. 9

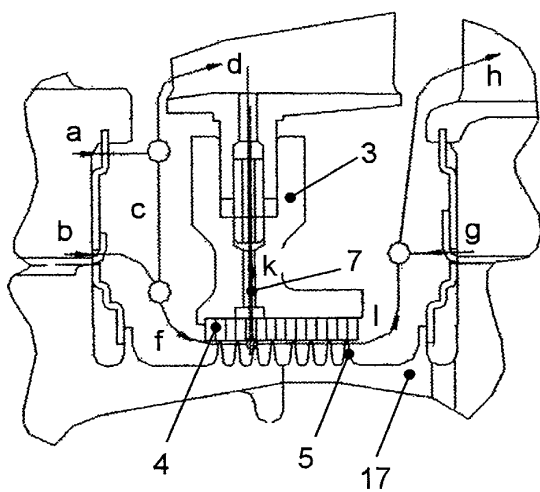


Fig. 10

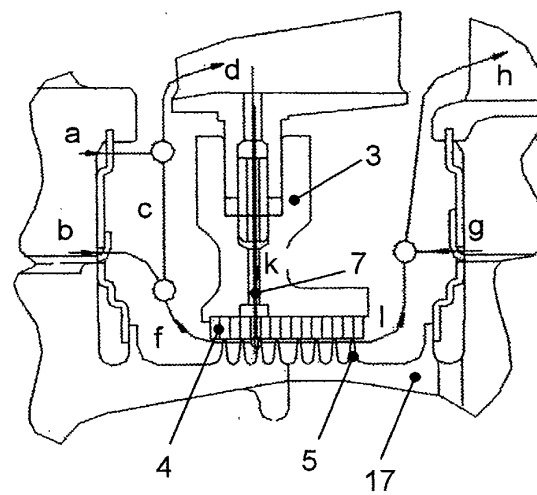


Fig. 11