



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 844 367 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.04.2002 Patentblatt 2002/15

(51) Int Cl.7: **F01D 5/06**

(21) Anmeldenummer: **97810814.0**

(22) Anmeldetag: **31.10.1997**

(54) **Geschweisster Rotor einer Strömungsmaschine**

Welded rotor for a turbomachine

Rotor soudé pour une turbomachine

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **21.11.1996 DE 19648185**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.05.1998 Patentblatt 1998/22

(73) Patentinhaber: **Alstom**
75116 Paris (FR)

(72) Erfinder:
• **Endres, Wilhelm, Dr.**
5453 Remetschwil (CH)

• **Schaub, Fritz**
5213 Villnachern (CH)

(74) Vertreter: **Liebe, Rainer et al**
ALSTOM (Schweiz) AG
Intellectual Property CHSP
Haselstrasse 16/699, 5. Stock
5401 Baden (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
FR-A- 876 194 **GB-A- 646 483**
US-A- 2 369 051 **US-A- 2 637 521**

EP 0 844 367 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

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen geschweissten Rotor einer Strömungsmaschine gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Bei modernen Turbomaschinen nimmt die Kühlung von thermisch hochbelasteten Aggregaten einen immer grösser werdenden Stellenwert ein. Insbesondere wird hier an die Kühlung des Rotors und der Laufschaufeln gedacht, welche eine grosse Kühlintensität benötigen. Bekanntlich wird nach einer gängigen Methode zu Kühlzwecken ein Teil der verdichteten Luft abgezweigt und nach erfolgter Kühlung wieder dem Arbeitsmassenstrom zugeführt. Da moderne Gasturbinen an sich nur über einen beschränkten Lufthaushalt verfügen, ist diese Luftabzweigung zu Kühlzwecken immer mit einem gewissen Wirkungsgradverlust verbunden. Von daher wird neuerdings vorgeschlagen, die Kühlung der thermisch belasteten Aggregate einer Gasturbine mit anderen Kühlmedien zu bewerkstelligen, beispielsweise mit einem Kühlmedium, das vorzugsweise ohnehin in genügender Menge und Kühlungsqualität zur Verfügung steht.

[0003] Bei der Kühlung des Rotors und anschliessender Ueberleitung des Kühlmediums in die Laufschaufeln der Gasturbine muss davon ausgegangen werden, dass in einem solchen rotorinternen Kühlsystem, insbesondere wenn Kühldampf zum Einsatz gelangt, leicht zu stagnierenden Dampfräumen kommen kann, in denen dann zwangsläufig zu Ablagerungen, Kondensat-Ansammlungen beim Anfahren sowie zu Korrosionsprozessen im Stillstand kommen kann. Dies führt dann des weiteren dazu, dass die hoch beanspruchten Teile zu Spannungskorrosion neigen, welche die Verfügbarkeit der Anlage herabmindert.

[0004] Die dargelegten Gefahren bei der Dampfkühlung werden dann bei geschweissten Rotoren, d.h. bei Rotoren, die aus zusammengeschweissten Scheiben bestehen, noch akzentuiert, insbesondere, wenn weniger duktile Stähle zur Anwendung gelangen, welche zu Spannungsriss-Korrosion neigen.

[0005] Danebst gilt zu berücksichtigen, dass die rotorinternen Kanäle für die Durchströmung des Kühlmediums intermediär in der Ebene der radial oder quasi-radial verlaufenden Schweissnähte ringförmige Hohlräume aufweisen müssen, welche unabdingbar für die Durchströmung und Ueberleitung des Kühlmediums zu den zu kühlenden Laufschaufeln vonnöten sind, wobei die Art der schweisstechnischen Ueberbrückung der radial oder quasi-radial verlaufenden Schweissnähte im Bereich dieser Hohlräume gewichtig die Betriebsgüte eines solchen Rotors beeinflussen.

[0006] Aus der FR 876.194 ist ein geschweisster Ro-

tor für eine Dampfturbine oder für eine Gasturbine bekannt. Dieser Rotor ist aus Rotorscheiben 1 aufgebaut, die mittels Schweissnähten 8 miteinander verbunden sind und den Rotorkörper bilden. Zwischen diesen Rotorscheiben sind Hohlräume angeordnet, die durch Kühlkanäle 13 untereinander verbunden sind. Die Hohlräume werden nach radial aussen durch die Schweissnähte 8 und nach radial innen durch die (zusammengesetzte) Rotorwelle begrenzt.

Darstellung der Erfindung

[0007] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem mit einem an sich effizienten Kühlmedium gekühlten Rotor der eingangs genannten Art Vorkehrungen vorzuschlagen, welche die obengenannten Nachteile zu beheben vermögen.

[0008] Zu diesem Zweck wird erfindungsgemäss vorgeschlagen, die Führung des Kühlmediums in einem Gasturbinenrotor so erfolgen zu lassen, dass dieses von einer meist im Zentrum der Welle an ihrem Ende erfolgenden axialen Zufuhr radial oder quasi-radial nach aussen zu führen, anschliessend dieses Kühlmedium axial oder quasi-axial zu den einzelnen Füßen der zu kühlenden Schaufeln strömen zu lassen, und auf ähnliche Art und Weise die Rückströmung bis zum Kühldampfaustritt aus dem Rotor so zu gestalten, dass dieser Kühlmedium-Austritt vorzugsweise ein Ringkanal ist, der konzentrisch zum Kühlmedium-Eintritt verläuft.

[0009] Der wesentliche Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass selbst bei einem aus zusammengeschweissten Scheiben bestehenden Rotor für eine Gasturbine die Kühlung mit einer Dampfmenge durchgeführt werden kann, wobei der Kühlkreislauf innerhalb des Rotors hermetisch abgeschlossen ist, und er nur durch Schmiedematerial oder Schweissgut führt. Die im Bereich der Schweissnähte vorhandenen ringförmigen Hohlräume für die Ueberleitung des Kühlmediums zu den einzelnen zu kühlenden Laufschaufeln erfolgt ohne Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften dieser Schweissnähte. Darüber hinaus ist die Ausgestaltung dieser Hohlräume so gehalten, dass die Fortführung der radial oder quasi-radial verlaufenden Schweissnähte schweisstechnisch optimal durchgeführt werden kann.

[0010] Mechanische Dichtungen werden allenfalls nur bei den Schaufelfüssen vorgesehen, falls die betreffenden Schaufeln auch einer Kühlung unterworfen werden sollten, und darüber hinaus auch im Bereich von Inspektionslöchern oder Staubabscheidern, falls solche betriebsnotwendig sind.

[0011] Das rotorinterne Kühlsystem wird demnach durch tangentiale Kühlkanäle gebildet, welche in Umfangsrichtung verlaufen, dergestalt, dass das Kühlmedium am Umfang verteilt wird und in axiale oder schräge Kühlkanäle einmündet.

[0012] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der in-

termediären ringförmigen Hohlräume besteht darin, die sich dort aufdrängende Ueberbrückung und Fortsetzung der radial oder quasi-radial verlaufenden Schweissnähte mit einem Einsatzring zu bewerkstelligen, der vorzugsweise mit einem in den Hohlraum hineinragenden Steg versehen ist. Dieser Einsatzring übernimmt dann die Zentrierung und die radiale Abstützung beim Schweissen der Fortsetzungsschweissnaht. Der Steg weist darüber hinaus Löcher auf, welche ausser auf dem grössten Radius des Steges liegen und durch welche das Kühlmittel innerhalb des jeweiligen ringförmigen Hohlräumens durchströmen kann. Beim Einsatz des hier vorzugsweise zugrundegelegten Dampfes als Kühlmittel ist es nicht zu umgehen, dass sich beim Anfahren Kondenswasser bildet, welches durch die genannten Löcher bis zum hinteren Ende des Rotors abgeführt werden kann.

[0013] Radial verlaufende Schlitzte fangen die Wärmedehnung der Stege auf, wobei die oben genannten Löcher zur Abführung des Kondenswassers die Enden der genannten Schlitzte vor Spannungskonzentration schützt.

[0014] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass diese Schlitzte im Steg die tangential Dehnung desselben mindestens während des Anfahrvorganges der Anlage aufzufangen vermögen.

[0015] Vorteilhaft und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den weiteren abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

[0016] Im folgenden wird anhand der Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen worden. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Strömungsrichtung ist mit Pfeilen angegeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Es zeigt:

Fig. 1 ein rotorinternes Kühlsystem,

Fig. 2 eine durch einen Einsatzring gebildete schweisstechnische Ueberbrückung eines rotorinternen Hohlräumens und

Fig. 3 eine axiale Ansicht des Einsatzringes gemäss Fig. 2.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

[0018] Fig. 1 zeigt ein rotorinternes Kühlsystem, wie es bei Rotoren von Strömungsmaschinen, insbesondere von Gasturbinen zum Einsatz gelangt. Der mit Laufschaufeln 2 bestückte Rotor 1 besteht aus einer Anzahl geschweisster Scheiben, wie dies aus dem Verlauf der

Schweissnähte 6 hervorgeht. Zwischen den Laufschaufeln 2 sind Leitschaufeln 3 ersichtlich, welche zum Stator ebendieser Strömungsmaschine gehören. Ein System von mit einem Kühlmedium 14 durchströmten und in Umfangsrichtung des Rotors 1 verteilten Kanälen durchzieht die axiale Erstreckung des Rotors 1, dergestalt, dass die Laufschaufeln 2 mithin, durch entsprechend vorgesehene Abzweigungen, entweder parallel oder in Serie gekühlt werden können. Fig. 1 zeigt diesbezüglich, dass die Kühlung der Laufschaufeln 2 anhand einer Serieschaltung vonstatten geht. Aus einem rotorinternen Kühlmedium-Hauptohlraum 12 zweigt mindestens ein Zuströmungskanal 4 ab, welcher zunächst von der Mitte des Rotors 1 nach aussen führt. Im Bereich der Rotor-Aussenfläche 13 wird zu jedem Zuströmungskanal 4 vorzugsweise ein nicht ersichtlicher Abscheider von Staubpartikeln zugeordnet. Der besagte Zuströmungskanal 4 geht dann stromab eines solchen Abscheiders in einen in wesentlichen axial oder quasi-axial verlaufenden weiteren Zuströmungskanal 9 über. Dieser Zuströmungskanal 9 endet am Ende des schaufelbestückten Rotors 1 in einen rotorinternen ringförmigen Hohlraum 5, von wo aus über einen Abzweigekanal 7 eine erste Laufschaufel 2 resp. Laufschaufelreihe gekühlt wird. Die Rückströmung des hier eingesetzten Kühlmediums 14, aus der gekühlten Laufschaufel 2 geschieht über einen weiteren Abzweigekanal 8, der seinerseits intermediär in einen weiteren rotorinternen ringförmigen Hohlraum 5a mündet, wobei von hier aus die Kühlung der verbleibenden Laufschaufeln in analoger Weise sukzessiv vonstatten geht. Aus einem letzten rotorinternen ringförmigen Hohlraum 5b zweigen in entsprechender Zahl axial oder quasi-axial verlaufende Abströmungskanäle 10 ab, über welche das thermisch verbrauchte Kühlmedium 15 zurückgeleitet wird. Dieser Abströmungskanal 10 geht dann im Bereich des nicht ersichtlichen Abscheiders in einen radial oder quasi-radial verlaufenden Rückströmungskanal 11 über, der das Kühlmedium 15 zu einem weiteren, nicht ersichtlichen Verbraucher zurückfördert oder aus den Rotor 1 hinaus führt. Als Kühlmedium 15 soll hier vorzugsweise Dampf zum Einsatz kommen, der beispielsweise bei einer Kombianlage (Gas/Dampf-Anlage) ohnehin in genügender Menge und Qualität hinsichtlich Kühlungseffizienz zur Verfügung steht.

[0019] Fig. 2 zeigt den in Fig. 1 hervorgehobenen Teil im Bereich des rotorinternen ringförmigen Hohlräumens 5a und die in Fig. 1 nicht ersichtliche Fortführung der Rotorschweissung, die durch den genannten Hohlraum 5a in radialem Verlauf unterbrochen wird. Ein über Schweissnähte 21 mit dem Rotor 1 verbundener ringförmiger Einsatzring 20, der von aussen angesetzt werden kann, ist mit einem jeweils in den Hohlraum 5a hineinragenden Steg 25 versehen, der die Zentrierung und die radiale Abstützung beim Schweissen übernimmt. Der Steg 25 des Einsatzringes 20 ist des weiteren mit Löchern 22 versehen, damit das Kühlmedium 14 innerhalb des Hohlräumens 5a durchgeleitet werden kann. Die

Abführung von Kondenswasser beim Einsatz von Wasserdampf als Kühlmedium muss bis zum hinteren Ende des Rotors 1 gewährleistet sein.

[0020] Fig.3 ist eine axiale Ansicht des Einsatzringes gemäss Fig. 2 und zeigt die Anordnung der Löcher 22 für die Durchströmung des Kühlmediums innerhalb des Hohlraumes (Vgl. Fig. 1 und 2, Pos. 5, 5a, 5b). Diese Löcher 22 sind aussen auf dem grössten Radius des Steges 25 angeordnet. Beim Einsatz von Dampf als Kühlmittel ist es nicht zu umgehen, dass sich beim Anfahren Kondenswasser bildet, welches ebenfalls durch die Löcher 22 abgeführt werden kann, wobei dieses Kondenswasser bis zum hinterem Ende des Rotors gespült werden muss (Vgl. Fig. 2, Pos. 26). Von den Löchern 22 ausgehende, radial verlaufende Schlitze 24 schützen die Stegen 25 insbesondere vor tangential auftretenden Wärmedehnungen während des Anfahrvorganges sowie in den transienten Lastbereichen der Anlage. Ihrerseits werden die Enden dieser Schlitze 24 durch die genannten Löcher 22 vor Spannungskonzentration geschützt. Der Einsatzring 20 mit Steg 25 besteht in Umfangsrichtung aus mindestens 2 Teilen, womit sie von aussen einfach anzubringen sind, und anschliessend durch Längsschweissnähte 23 leicht miteinander verbunden werden können.

Bezugszeichenliste

[0021]

1	Rotor
2	Laufschaufeln
3	Leitschaufeln
4	Zuströmungskanal
5	Rotorinterner ringförmiger Hohlraum
5a	Rotorinterner ringförmiger Hohlraum
5b	Rotorinterner ringförmiger Hohlraum
6	Schweissnähte
6a	Fortsetzungsschweissnaht
7	Abzweigekanal
8	Abzweigekanal
9	Zuströmungskanal
10	Abströmungskanal
11	Rückströmungskanal
12	Kühlmedium-Haupthohlraum
13	Rotor-Aussenfläche
14	Kühlmedium
15	Thermisch verbrauchtes Kühlmedium
20	Einsatzring
21	Schweissnähte
22	Löcher
23	Längsschweissnähte
24	Schlitz
25	Steg
26	Abführung des Kondensats

Patentansprüche

1. Geschweisster Rotor einer Strömungsmaschine, der über rotorinterne Zu- und Abströmungskanäle (9, 10) mit einem Kühlmedium (14) durchströmt ist, wobei der Rotor (1) aus einer Anzahl Scheiben (1a, 1b, 1c, 1d) besteht, und wobei benachbarte Scheiben (1a, 1b, 1c, 1d) über radial oder quasi-radial verlaufende Schweissnähte (6) miteinander verbunden sind **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen jeder Schweissnaht (6) und zwischen jeweils einer, zu jeder Schweissnaht (6) radial nach außen zugehörigen benachbarte Scheiben (1a, 1b, 1c, 1d) verbindenden Fortsetzungsschweissnaht (6a) jeweils ein von dem Kühlmedium (14) durchströmter, rotorinterner ringförmiger Hohlraum (5, 5a, 5b) angeordnet ist, dass jeder Hohlraum (5, 5a, 5b) mit mindestens einem in Umfangsrichtung verlaufenden Einsatzring (20) ummantelt ist, und dass auf dem Einsatzring (20) die Fortsetzungsschweissnaht (6a) angebracht ist.
2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmedium (14) ein Dampf ist.
3. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlräume (5, 5a, 5b) eine grössere axiale Breite gegenüber derjenigen der Schweissnähte (6) und der Fortsetzungsschweissnähte (6a) aufweisen.
4. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einsatzring (20) einen in den Hohlraum (5, 5a, 5b) hineinragenden Steg (25) aufweist, der die Zentrierung und die radiale Abstützung der Fortsetzungsschweissnaht (6a) übernimmt.
5. Rotor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steg (25) mit Löcher (22) für die Durchströmung des Kühlmediums (14) innerhalb des Hohlraumes (5, 5a, 5b) versehen ist.
6. Rotor nach den Ansprüchen 1 und 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einströmung des Kühlmediums (14) in die Hohlräume (5, 5a, 5b) und dessen Ausströmung einen von der Mitte des Rotors (1) aus grösseren Radius gegenüber der Durchflussebene des Kühlmediums (14) durch die Löcher (22) des Steges (25) aufweist.
7. Rotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Löcher (22) auf dem grössten Radius des Steges (25) an-geordnet sind.
8. Rotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Löcher (22) aussen den grössten Radius des Steges (25) tangieren.

9. Rotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steg (25) in Wirkverbindung mit dne Löchern (22) radial oder quasi-radial nach der Rotormitte gerichtete Schlitz (24) aufweist.

largest radius of the web (25).

Claims

1. Welded rotor of a turbomachine, through which rotor a cooling medium (14) flows via inflow and outflow ducts (9, 10) within the rotor, the rotor (1) consisting of a number of discs (1a, 1b, 1c, 1d), and adjacent discs (1a, 1b, 1c, 1d) being connected to one another via weld seams (6) running radially or quasi-radially, **characterized in that** an annular cavity (5, 5a, 5b) within the rotor, through which the cooling medium (14) flows, is arranged in each case between each weld seam (6) and in each case a continuing weld seam (6a) belonging radially outwards to each weld seam (6) and connecting adjacent discs (1a, 1b, 1c, 1d), **in that** each cavity (5, 5a, 5b) is encased by at least one insert ring (20) running in the circumferential direction, and **in that** the continuing weld seam (6a) is attached to the insert ring (20).
2. Rotor according to Claim 1, **characterized in that** the cooling medium (14) is a steam.
3. Rotor according to Claim 1, **characterized in that** the cavities (5, 5a, 5b) have a greater axial width, as compared with those of the weld seams (6) and of the continuing weld seams (6a).
4. Rotor according to Claim 1, **characterized in that** the insert ring (20) has a web (25) which projects into the cavity (5, 5a, 5b) and which assumes the centring and radial support of the continuing weld seam (6a).
5. Rotor according to Claim 4, **characterized in that** the web (25) is provided with holes (22) for the throughflow of the cooling medium (14) within the cavity (5, 5a, 5b).
6. Rotor according to Claims 1 and 5, **characterized in that** the inflow of the cooling medium (14) into the cavities (5, 5a, 5b) and its outflow have a greater radius from the middle of the rotor (1), as compared with the throughflow plane of the cooling medium (14) through the holes (22) of the web (25).
7. Rotor according to Claim 5, **characterized in that** the holes (22) are arranged on the largest radius of the web (25).
8. Rotor according to Claim 5, **characterized in that** the holes (22) are tangent, on the outside, to the

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

9. Rotor according to Claim 5, **characterized in that** the web (25) has, operatively connected to the holes (22), slots (24) directed radially or quasi-radially towards the middle of the rotor.

Revendications

1. Rotor soudé pour une turbomachine, qui est parcouru par le biais de canaux d'alimentation et de sortie (9, 10) internes au rotor, par un fluide de refroidissement (14), le rotor (1) se composant d'une pluralité de disques (1a, 1b, 1c, 1d), et les disques adjacents (1a, 1b, 1c, 1d) étant reliés les uns aux autres par le biais de cordons de soudure (6) s'étendant radialement ou quasi radialement, **caractérisé en ce qu'**entre chaque cordon de soudure (6) et entre chaque prolongement de cordon de soudure (6a) respectif, appartenant radialement vers l'extérieur à chaque cordon de soudure (6), reliant les disques voisins (1a, 1b, 1c, 1d), est disposé à chaque fois un espace creux (5, 5a, 5b) de forme annulaire interne au rotor, parcouru par le fluide de refroidissement (14), **en ce que** chaque espace creux (5, 5a, 5b) est entouré par au moins une bague d'insertion (20) s'étendant dans la direction périphérique, et **en ce que** le prolongement de cordon de soudure (6a) est monté sur la bague d'insertion (20).
2. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le fluide de refroidissement (14) est de la vapeur.
3. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les espaces creux (5, 5a, 5b) présentent une largeur axiale plus grande que celle des cordons de soudure (6) et des prolongements de cordons de soudure (6a).
4. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bague d'insertion (20) présente une ailette (25) pénétrant à l'intérieur de l'espace creux (5, 5a, 5b), laquelle assure le centrage et le support radial du prolongement de cordon de soudure (6a).
5. Rotor selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'ailette (25) est pourvue de trous (22) pour le passage du fluide de refroidissement (14) à l'intérieur de l'espace creux (5, 5a, 5b).
6. Rotor selon les revendications 1 et 5, **caractérisé en ce que** l'arrivée du fluide de refroidissement (14) dans les espaces creux (5, 5a, 5b) et sa sortie présentent un rayon plus grand depuis le centre du rotor (1), par rapport au plan de l'écoulement du fluide

de refroidissement (14) à travers les trous (22) de l'ailette (25).

7. Rotor selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les trous (22) sont disposés sur le plus grand rayon de l'ailette (25). 5
8. Rotor selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les trous (22) sont tangents, par leur partie extérieure, au plus grand rayon de l'ailette (25). 10
9. Rotor selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'ailette (25) en relation fonctionnelle avec les trous (22) présente des fentes (24) orientées radialement ou quasi radialement vers le centre du rotor. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

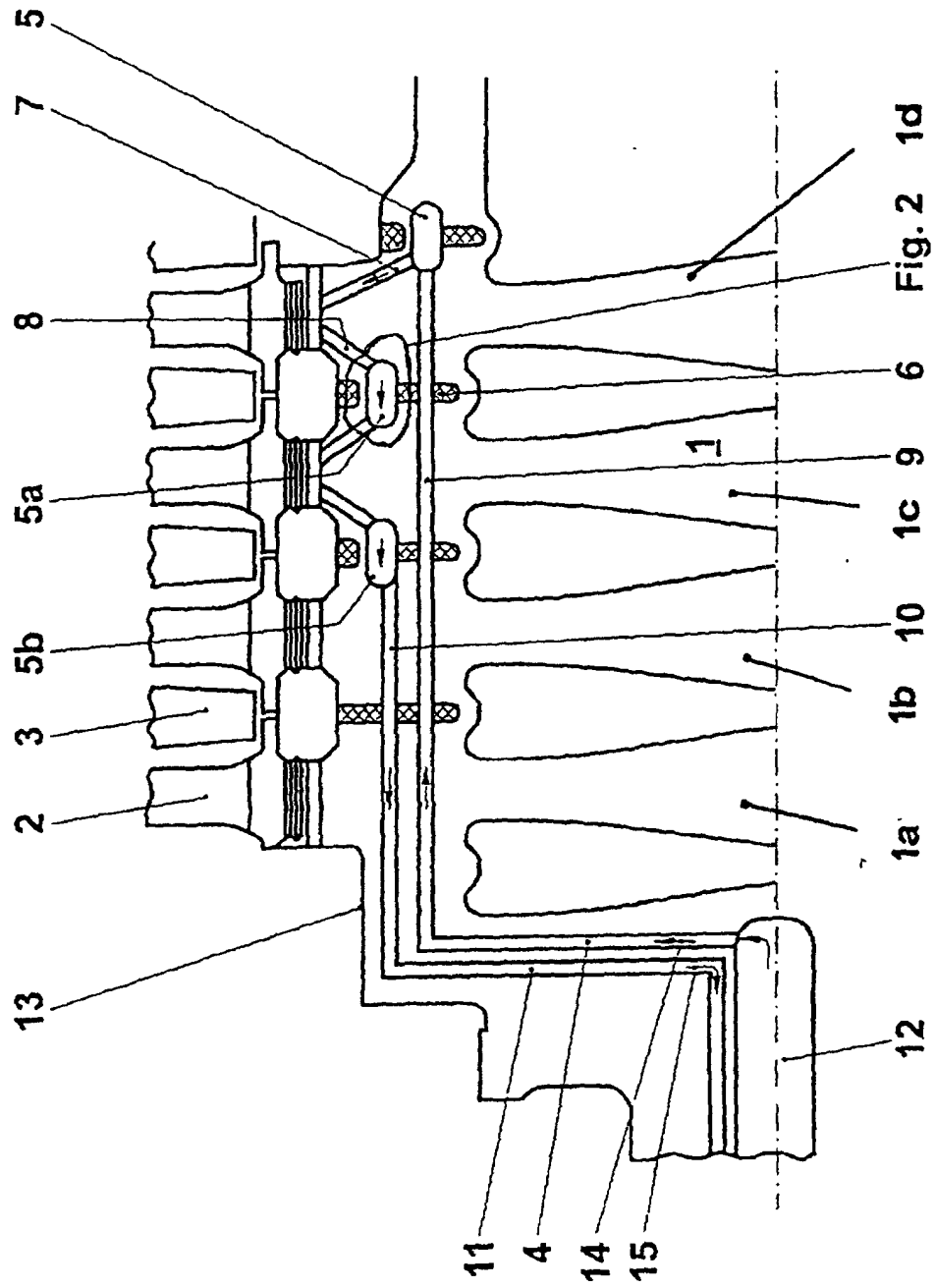


FIG. 1

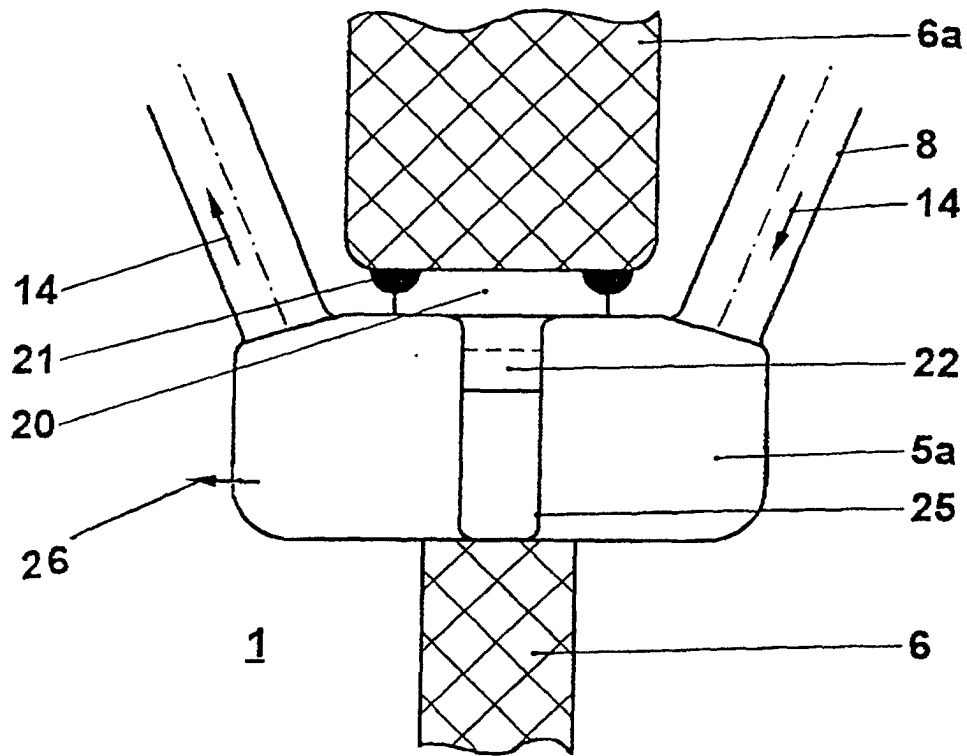


FIG. 2

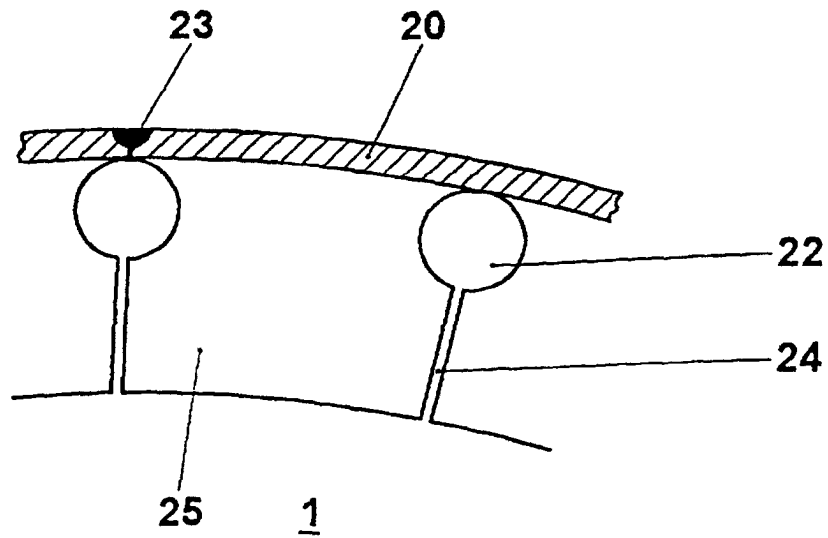


FIG. 3