



(11) **EP 1 512 842 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.07.2009 Patentblatt 2009/30

(51) Int Cl.:
F01D 11/18^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04018924.3**

(22) Anmeldetag: **10.08.2004**

(54) **Gasturbine mit Laufspaltkontrolle**

Gas turbine with tip clearance control for blades

Turbine à gaz avec réglage du jeu des aubes

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **04.09.2003 DE 10340825**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.03.2005 Patentblatt 2005/10

(73) Patentinhaber: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co
KG
15827 Dahlewitz (DE)**

(72) Erfinder:
• **Schiebold, Harald
12161 Berlin (DE)**

• **Mistareck, Olaf
15834 Rangsdorf (DE)**
• **Wunderlich, Thomas
15834 Rangsdorf (DE)**

(74) Vertreter: **Weber, Joachim
Hoefer & Partner
Patentanwälte
Pilgersheimer Strasse 20
81543 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
GB-A- 2 061 396

EP 1 512 842 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Gasturbine mit mehreren Deckbandsegmenten, welche als Dichtung Laufschaufeln eines Turbinenrades umschließen, wobei zumindest eine vordere oder eine hintere Befestigung der Deckbandsegmente an dem radial äußeren Bereich von Leitschaufelsegmenten erfolgt, welche an ihrem Inneren Bereich jeweils an einem Steuerring gelagert sind.

[0002] Eine Konstruktion dieser Art zeigt GB 2 061 396 A

[0003] Die Verwendung eines Steuerrings dient dem Zweck, die thermische Ausdehnung des Steuerrings zu nutzen, um die Leitschaufelsegmente entsprechend den thermischen Bedingungen in ihrem Außenumfang anzupassen. Hierdurch erfolgt eine Verkleinerung oder Vergrößerung des Gesamtdurchmessers des durch die Deckbandsegmente gebildeten Rings. Hierdurch ergibt sich eine Anpassung des Spaltes zwischen den Spitzen der Laufschaufeln und dem Innenbereich der Deckbandsegmente. Andernfalls würde eine thermische Kontraktion oder Ausdehnung der Laufschaufeln zu einer Vergrößerung des Spaltes oder zu einem Kontakt mit den Deckbandsegmenten führen.

[0004] Dem Stand der Technik liegt also die Grundidee zugrunde, eine optimale passive Laufspaltkontrolle zu erzielen. Dies wird, wie beschrieben, dadurch erzielt, dass die Befestigungsmittel der Deckbandsegmente ein thermisches Betriebsverhalten aufweisen, welches mit der radialen Bewegung der Schaufelspitzen der Laufschaufeln synchronisiert ist. Instationäre Betriebszustände können sich im Idealfall nicht nachteilig auf den Laufspalt im stationären Betrieb auswirken.

[0005] Bei den bekannten Konstruktionen hat es sich als nachteilig erwiesen, dass eine optimale Laufspaltkontrolle nicht unter allen Einbaubedingungen möglich ist, da die Einbaumaße des Steuerrings, der Leitschaufelsegmente sowie der Deckbandsegmente jeweils vorgegeben sind.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gasturbine mit einer optimierten passiven Laufspaltkontrolle zu schaffen, welche bei einfachem Aufbau und kostengünstiger Herstellung und Montage ein optimiertes Betriebsverhalten aufweist.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombination des Hauptanspruches gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0008] Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass die Leitschaufelsegmente radial einstellbar an dem Steuerring gelagert sind.

[0009] Die erfindungsgemäße Konstruktion weist eine Reihe erheblicher Vorteile auf.

[0010] Durch die Verstellbarkeit der Leitschaufeln relativ zu dem Steuerring ist es möglich, Bauteiltoleranzen, beispielsweise der Leitschaufelsegmente und auch der Deckbandsegmente, auszugleichen. Gleiches gilt für Toleranzabweichungen des Steuerrings oder Exzentrizitäten desselben.

[0011] Ein weiterer, wesentlicher Vorteil besteht darin, dass die Ringspaltabdichtung (Laufspalt) gegenüber der Basisauslegung in ihren Dimensionen optimiert werden kann, da eine exakte Anpassung an das thermische Betriebsverhalten möglich ist. Damit können achsensymmetrische und exzentrische Positionsabweichungen ohne Bauteiländerung kompensiert werden.

[0012] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Leitschaufelsegmente auch in Umfangsrichtung verstellbar an dem Steuerring gelagert sind. Somit ist es auch möglich, in Umfangsrichtung entsprechende Einstellungen vorzunehmen, bevor eine endgültige Montage der Leitschaufelsegmente und der Deckbandsegmente erfolgt.

[0013] Durch die erfindungsgemäß vorgesehene verstellbare Lagerung wird die Möglichkeit geschaffen, während der Montage eine exakte Einstellung vorzunehmen und entsprechend die Zuordnung der Bauelemente zu optimieren.

[0014] In günstiger Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Leitschaufelsegmente mittels einer Verschraubung unter Reibschluss an dem Steuerring fixiert sind. So ist es beispielsweise möglich eine Hülse mit einem Einstellspiel oder ein Segment mit einem Einstellspiel vorzusehen. In einer alternativen Ausbildung der Erfindung kann die Einstellung auch durch eine Excentervorrichtung, beispielsweise eine Passhülse mit Excenter, erfolgen.

[0015] Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn an dem Steuerring zumindest eine Sekundärluftdichtung ausgebildet ist und der Steuerring so ausgestaltet ist, dass sein thermisches Betriebsverhalten die Breite des Ringspaltes der Sekundärluftdichtung kontrolliert. Der innerhalb des Schaufelringraumes angeordnete Steuerring wird dabei so ausgebildet, dass sein thermisches Betriebsverhalten zusätzlich zur Steuerung des Laufspaltes auch zur Kontrolle von mindestens einer Ringspaltabdichtung des Rotorkühlluftsystems (Sekundärluftsystem) dient. Dabei kann mindestens eine an den Steuerring angebundene Sekundärluftdichtung als Bürstendichtung oder mehrstufiges Labyrinth ausgeführt sein. Somit wird auch der Ringspalt dieser Dichtung durch das thermische Betriebsverhalten entsprechend optimiert.

[0016] Weiterhin ist es besonders günstig, wenn die für die thermische Ausdehnung der Steuerringanordnung maßgeblichen Elemente hinsichtlich ihrer Werkstoffauswahl so ausgewählt sind, dass deren thermischer Ausdehnungskoeffizient mindestens 15% kleiner ist, als der thermische Ausdehnungskoeffizient der jeweils benachbarten Rotorscheibe.

[0017] Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine vergrößerte Teilansicht des vorderen Steuerrings unter Verwendung der Erfindung,

Fig. 2 eine vergrößerte Teilansicht des hinteren Steuerrings unter Verwendung der Erfindung, und

Fig. 3 eine Teil-Gesamtansicht der erfindungsgemäßen passiven Laufspaltkontrolle.

[0018] Die Fig. 3 zeigt das Deckbandsegment 1 welches dem Leitschaufelsegment der HDT 7 und dem Leitschaufelsegment der NDT 12 zugeordnet ist. Auf die Ausgestaltung des Gehäuses sowie der hierin befindlichen Kühlluftkanäle wird an dieser Stelle verzichtet.

[0019] Vor, bzw. hinter den Laufschaufeln 3, die in bekannter Weise ein Turbinenrad 5 bilden, sind die Leitschaufelsegmente 7 bzw. 12 montiert. Die Befestigung der Leitschaufelsegmente erfolgt jeweils an einem Steuerring, nämlich einem vorderen Steuerring 9 und einem hinteren Steuerring 10.

[0020] Das Bezugszeichen 11 betrifft eine Sekundärluftdichtung, die in Form einer Bürstendichtung ausgebildet sein kann.

[0021] Bezugszeichen 15 stellt ein Gehäuse der HDT dar.

[0022] Der generelle Aufbau der in Fig. 3 gezeigten Anordnung entspricht in weiten Zügen dem Stand der Technik, die erfindungsgemäßen Varianten zeigen insbesondere die vergrößerte Fig. 1 und 2.

[0023] Aus Fig. 1 ist zusätzlich zu den bereits mit Bezugszeichen belegten und beschriebenen Bauelementen, die Befestigung der Leitschaufelsegmente 7 an den Steuerring 9 gezeigt.

[0024] Der Steuerring 9 ist mit einer Isolation 16 versehen, die dessen thermisches Verhalten dem thermischen Verhalten der Scheibe 5 annähert.

[0025] Die Befestigung erfolgt mittels einer Hülse 17 und einer Schraube 18, wobei zusätzlich ein Lastkompensationselement 19 vorgesehen ist. Die Hülse weist ein Einstellspiel auf, die Fixierung erfolgt über die Verschraubung mittels der Schraube 18 mit Reibschluss. Somit ist es möglich, das Leitschaufelsegment 7 sowohl in radialer als auch in Umfangsrichtung in gewissem Maße einzustellen. Durch die innere Dichtung vorderer Steuerring 13 und die äußere Dichtung vorderer Steuerring 8 lässt sich der Druck über den Steuerring einstellen. Mittels des Lastkompensationselements 19 wird die innere Laufschaufelaufhängung 14 entlastet und kann dadurch kleiner dimensioniert werden. Dies wirkt sich günstig auf Gewicht und Kosten des gesamten Aufbaus aus.

[0026] Jede Laufschaufel wird somit mittels einer Schraube 18 an den Steuerring 9 geschraubt. Die Hülse 17 befindet sich im unteren Steg der Leitschaufel (Leitschaufelsegment 7). Die Hülse kann, von der Hülsenmitte aus gesehen, Kräfte nur in radialer Richtung auf die Leitschaufel übertragen. Die Leitschaufel kann damit, wie beschrieben, in axialer Richtung und zum Umfang über die Hülsenmitte kippen. Der Bohrungsdurchmesser der Hülse weist ein Spiel zum Schraubendurchmesser auf, dass dann die Einstellbarkeit der Leitschaufeln zum Steuerring ermöglicht.

[0027] Erfindungsgemäß erfolgt somit eine Verbesserung des Schaufellaufspalts durch Kompensation von Toleranz und Asymmetrieeffekten.

[0028] Weiterhin wird erfindungsgemäß eine Absenkung von verbrauchsschädlichen Sekundärluftleckagen bei minimalem Zusatzaufwand gewährleistet.

[0029] Erfindungsgemäß ist es günstig, wenn mindestens eine Bürstendichtung als integraler Bestandteil des Steuerrings ausgebildet ist. Die Auswahl der jeweiligen Materialien (Legierungen) ist dabei so getroffen, dass eine Anpassung an das thermische Verhalten und die fúgetechnischen Belange des Steuerrings erfolgt und die Anbindung der Bürstendichtung an den Steuerring ohne lösbare Verbindungselemente möglich ist.

[0030] Durch die thermisch und fúgetechnisch kompatible Legierung der Bürstendichtung und die befestigungsbedingte gute Wärmeübertragung zwischen dem Steuerring und der Bürstendichtung ist erfindungsgemäß gewährleistet, dass beide Teile immer annähernd die gleiche Temperaturen haben. Die thermisch bedingten Spannungen zwischen Steuerring und Bürstendichtung sind stets nahezu gleich, wodurch eine kostengünstige und platzsparende axiale Sicherung mittels Stoffschluss möglich ist.

[0031] Der Steuerring und seine formschlüssige axiale Anbindung an die Leitschaufelsegmente sind erfindungsgemäß so ausgebildet, dass eine äußere Dichtung am Steuerring gebildet wird. In Verbindung mit der inneren Dichtung am Steuerring ist gewährleistet, dass ein Druckgradient über den Steuerring zur Lastkompensation an der Stelle der inneren Laufschaufelaufhängung führt.

Bezugszeichenliste

- [0032]**
- | | |
|----|-------------------------------------|
| 1 | Deckbandsegment |
| 2 | Mutter |
| 3 | Laufschaufel |
| 4 | Mutter |
| 5 | Turbinenrad |
| 6 | Innere Lastaufnahme für 7 |
| 7 | Leitschaufelsegment der HDT |
| 8 | Äußere Dichtung vorderer Steuerring |
| 9 | Vorderer Steuerring |
| 10 | Hinterer Steuerring |
| 11 | Sekundärluftdichtung |
| 12 | Leitschaufelsegment der NDT |
| 13 | Innere Dichtung vorderer Steuerring |
| 14 | Innere Laufschaufelaufhängung |
| 15 | Gehäuse |
| 16 | Isolation |
| 17 | Hülse |
| 18 | Schraube |
| 19 | Lastkompensationselement |
| 20 | Dichtung |
| 21 | Schraube |

22 Segment

schaufelsegmenten (7) eine Lastkompensationseinrichtung befindet.

Patentansprüche

1. Gasturbine mit mehreren Deckbandsegmenten (1), welche als Dichtung Laufschaufeln (3) eines Turbinenrades (5) umschließen, wobei zumindest eine vordere und eine hintere Befestigung der Deckbandsegmente (1) an dem radial äußeren Bereich von Leitschaufelsegmenten (7,12) erfolgt, welche an ihrem radial inneren Bereich jeweils an einem Steuerring (9,10) gelagert sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitschaufelsegmente (7,12) radial einstellbar an dem Steuerring (9,10) gelagert sind.
2. Gasturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitschaufelsegmente (7,12) in Umfangsrichtung einstellbar an dem Steuerring gelagert sind.
3. Gasturbine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitschaufelsegmente (7,12) mittels einer Verschraubung unter Kraftschluss an dem Steuerring (9,10) fixiert sind.
4. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitschaufelsegmente (7,12) mittels eines Einstellspiels relativ zu dem Steuerring (9,10) verstellbar sind.
5. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitschaufelsegmente (7,12) mittels einer Excentervorrichtung relativ zu dem Steuerring (9,10) verstellbar sind.
6. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitschaufelsegmente (7,12) mittels einstellbarer Segmente relativ zu dem Steuerring (9,10) verstellbar sind.
7. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Steuerring (9,10) zumindest eine Sekundärluftdichtung (11) ausgebildet ist, und dass der Steuerring (9,10) so ausgestaltet ist, dass sein thermisches Betriebsverhalten die Breite des Ringspalts der Sekundärluftdichtung (11) steuert.
8. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Materialien der Elemente zumindest eines Steuerringes so ausgewählt sind, dass deren thermischer Ausdehnungskoeffizient mindestens 15% kleiner ist als der der benachbarten Rotorscheibe (5).
9. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an den Leit-

10. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich um eine mehrstufige Turbine handelt, wobei der vordere Bereich der ersten Deckbandsegmente in den Leitschaufelsegmenten gelagert ist, die sich vor dem ersten Turbinenrad befinden und der hintere Bereich der letzten Deckbandsegmente in den Leitschaufelsegmenten gelagert ist, die sich hinter dem letzten Turbinenrad befinden.

15 Claims

1. Gas turbine with several shroud segments (1) which enclose rotor blades (3) of a turbine wheel (5) as seals, with the shroud segments (1) having at least a front and a rear attachment at the radially outer area of stator vane segments (7, 12), and with each of the stator vane segments (7, 12) being located at their radially inner area on a control ring (9, 10), **characterized in that** the stator vane segments (7, 12) are located on the control ring (9, 10) in a radially adjustable manner.
2. Gas turbine in accordance with Claim 1, **characterized in that** the stator vane segments (7, 12) are located on the control ring in a circumferentially adjustable manner.
3. Gas turbine in accordance with Claim 1 or 2, **characterized in that** the stator vane segments (7, 12) are fixed to the control ring (9, 10) by means of a frictionally tight threaded connection.
4. Gas turbine in accordance with one of the Claims 1 to 3, **characterized in that** the stator vane segments (7, 12) are adjustable relative to the control ring (9, 10) by way of a setting clearance.
5. Gas turbine in accordance with one of the Claims 1 to 3, **characterized in that** the stator vane segments (7, 12) are adjustable relative to the control ring (9, 10) by means of an excentric device.
6. Gas turbine in accordance with one of the Claims 1 to 3, **characterized in that** the stator vane segments (7, 12) are adjustable relative to the control ring (9, 10) by means of adjustable segments.
7. Gas turbine in accordance with one of the Claims 1 to 6, **characterized in that** at least one secondary air seal (11) is provided on the control ring (9, 10) and the control ring (9, 10) is designed such that its thermal operating behaviour controls the width of the annular gap of the secondary air seal (11).

8. Gas turbine in accordance with one of the Claims 1 to 7, **characterized in that** the materials of the elements of at least one control ring are selected such that their coefficient of thermal expansion is at least 15 percent smaller than that of the adjacent rotor disk (5).
9. Gas turbine in accordance with one of the Claims 1 to 8, **characterized in that** the stator vane segments (7) are provided with a load compensation device. 10
10. Gas turbine in accordance with one of the Claims 1 to 9, **characterized in that** a multi-stage turbine is involved, with the front area of the first shroud segments being located in the stator vane segments which are upstream of the first turbine wheel, and with the rear area of the last shroud segments being located in the stator vane segments which are downstream of the last turbine wheel. 20

Revendications

1. Turbine à gaz avec plusieurs segments de virole (1) qui entourent en tant que joints d'étanchéité les aubes mobiles (3) d'une roue de turbine (5), sachant qu'au moins une fixation avant et une fixation arrière des segments de virole (1) sont effectuées dans la zone radialement extérieure de segments d'aubes fixes (7, 12), lesquels sont respectivement logés dans leur zone radialement intérieure sur un anneau de commande (9, 10), **caractérisée en ce que** les segments d'aubes fixes (7, 12) sont logés sur l'anneau de commande (9, 10) de manière réglable dans le sens radial. 25 30 35
2. Turbine à gaz selon la revendication n° 1, **caractérisée en ce que** les segments d'aubes fixes (7, 12) sont logés sur l'anneau de commande de manière réglable dans le sens circonférentiel. 40
3. Turbine à gaz selon la revendication n° 1 ou n° 2, **caractérisée en ce que** les segments d'aubes fixes (7, 12) sont fixés à force sur l'anneau de commande (9, 10) par un boulonnage. 45
4. Turbine à gaz selon une des revendications n° 1 à n° 3, **caractérisée en ce que** les segments d'aubes fixes (7, 12) sont ajustables par rapport à l'anneau de commande (9, 10) au moyen d'un jeu de réglage. 50
5. Turbine à gaz selon une des revendications n° 1 à n° 3, **caractérisée en ce que** les segments d'aubes fixes (7, 12) sont ajustables par rapport à l'anneau de commande (9, 10) au moyen d'un dispositif excentrique. 55
6. Turbine à gaz selon une des revendications n° 1 à n° 3, **caractérisée en ce que** les segments d'aubes fixes (7, 12) sont ajustables par rapport à l'anneau de commande (9, 10) au moyen de segments réglables.
7. Turbine à gaz selon une des revendications n° 1 à n° 6, **caractérisée en ce qu'**au moins un joint d'air secondaire (11) est formé sur l'anneau de commande (9, 10), et que l'anneau de commande (9, 10) est conçu de manière à ce que son comportement thermique en fonctionnement règle la largeur de l'interstice annulaire du joint d'air secondaire (11).
8. Turbine à gaz selon une des revendications n° 1 à n° 7, **caractérisée en ce que** les matériaux des éléments d'au moins un anneau de commande sont sélectionnés de manière telle que leur coefficient de dilatation thermique est inférieur d'au moins 15 % à celui du disque de rotor voisin (5).
9. Turbine à gaz selon une des revendications n° 1 à n° 8, **caractérisée en ce qu'**un dispositif de compensation de charge se trouve sur les segments d'aubes fixes (7).
10. Turbine à gaz selon une des revendications n° 1 à n° 9, **caractérisée en ce qu'**il s'agit d'une turbine polyétagée, sachant que la partie avant des premiers segments de virole est logée dans les segments d'aubes fixes situés en amont de la première roue de turbine, et que la partie arrière des derniers segments de virole est logée dans les segments d'aubes fixes situés en aval de la dernière roue de turbine.

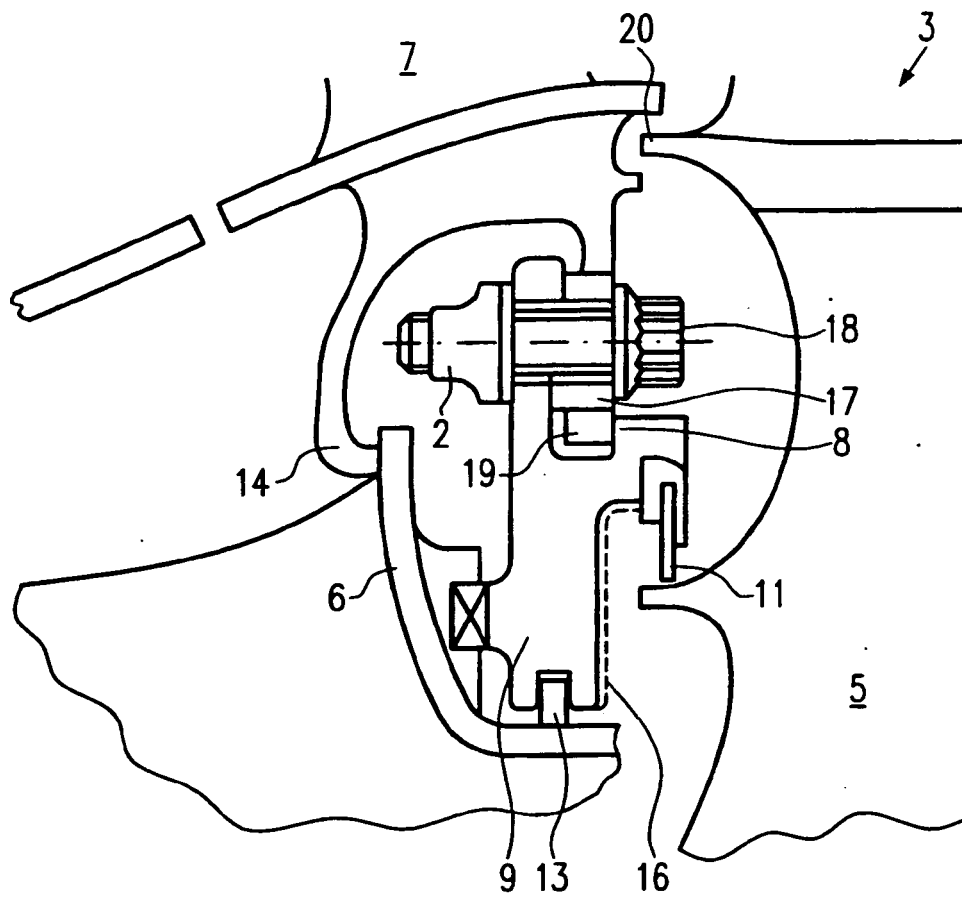


Fig.1

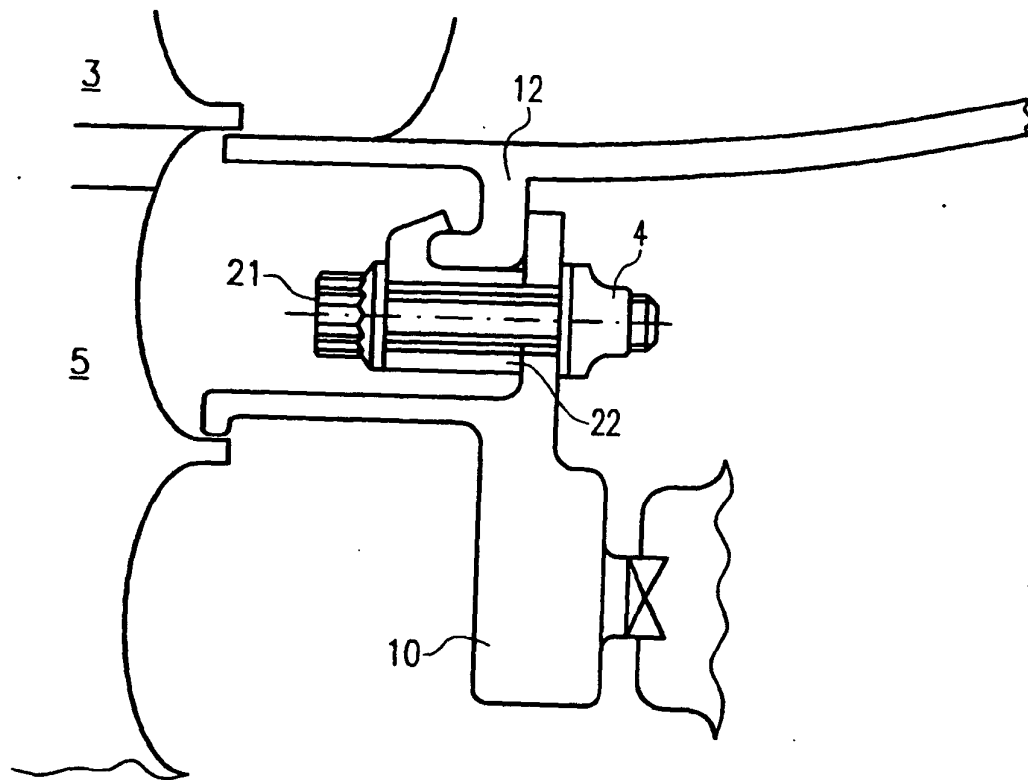


Fig.2

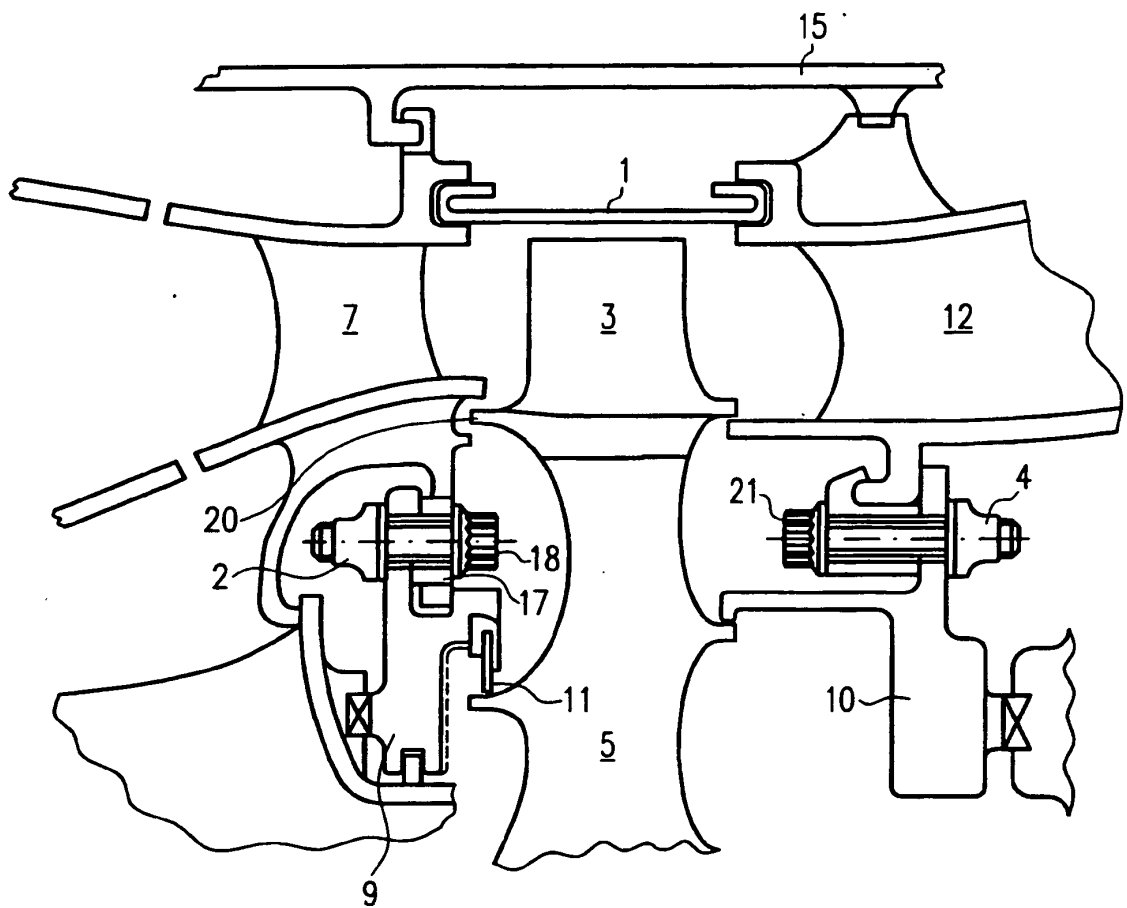


Fig.3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- GB 2061396 A [0002]