



(11) **EP 1 580 404 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.10.2011 Patentblatt 2011/40

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

(21) Anmeldenummer: **05090065.3**

(22) Anmeldetag: **16.03.2005**

(54) **Anordnung zur selbsttätigen Laufspalteinstellung bei einer zwei- oder mehrstufigen Turbine**

Arrangement for self adjusting the tip clearance in a two or multiple stage turbine

Ensemble pour le réglage autoajustable du jeu des aubes dans une turbine à deux ou multiples étages

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **26.03.2004 DE 102004016222**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.09.2005 Patentblatt 2005/39

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

(72) Erfinder:
• **Wunderlich, Thomas**
15834 Rangsdorf (DE)
• **Broadhead, Peter**
Derby, DE65 6AW (GB)
• **Schiebold, Harald**
61449 Steinbach (Taunus) (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-95/25879 GB-A- 886 626
GB-A- 2 061 396 GB-A- 2 226 365
US-A- 4 242 042 US-A1- 2003 146 578

EP 1 580 404 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 betrifft eine Anordnung zur selbsttätigen - passiven - Laufspalteinstellung bei einer zwei- oder mehrstufigen Turbine gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1.

[0002] Eine Anordnung der gattungsgemässen Art ist aus der GB-A-886 626 bei einer mehrstufigen Turbine vorbekannt. Eine ähnliche Anordnung zur Einstellung des Spitzenspiels ist aus GB-A-2 226 365 bei Turbomaschinen vorbekannt. Diesen Anordnungen liegen die nachstehend abgehandelten Nachteile zugrunde.

[0003] Bei der Turbine von Flugzeugtriebwerken soll der Abstand zwischen den Schaufelspitzen des Rotors und dem diesem benachbarten Gehäuse oder einem sonstigen feststehenden Bauteil möglichst klein sein, um die Leistungs- und Kraftstoffverluste in allen Flugphasen gering zu halten und eine hohe Effizienz des Triebwerks zu gewährleisten. Das bereitet jedoch insofern Schwierigkeiten als die rotierenden und statischen Bauteile unterschiedlichen dynamischen Belastungen und insbesondere in den verschiedenen Flugphasen - Start, Beschleunigung, Dauerflugzustand oder Verzögerung - unterschiedlichen thermischen Belastungen unterworfen sind und ein dementsprechend voneinander abweichendes Ausdehnungs- und Kontraktionsverhalten aufweisen.

[0004] Der Abstand (Laufspalt, Schaufelspalt) zwischen den beweglichen Schaufelspitzen und den diesen benachbarten feststehenden Gehäuseteilen muss groß genug sein, um bei dem unter Übergangsbedingungen herrschenden Dehnungsverhalten ein Aneinanderreiben der festen und beweglichen Teile zu verhindern. Dieser Abstand ist aber dann während eines Dauerbetriebszustandes zu groß, um eine effiziente Nutzung der zugeführten Energie zu gewährleisten.

[0005] Um den Laufspalt in allen Betriebsphasen auf einem möglichst konstanten und geringen Maß zu halten und damit die eingesetzte Energie wirksam zu nutzen, und zwar ohne dass in der Startphase die rotierenden Schaufelspitzen des Rotors den benachbarten feststehenden Bereich des Gehäuses kontaktieren, wurde eine Vielzahl von Lösungsvorschlägen zur Regelung der Laufspaltweite unterbreitet.

[0006] Die bekannten "aktiven" Lösungen zur Einstellung der Größe des Laufspaltes umfassen die Zuführung von kalter Kompressorluft oder heißen Verbrennungsgasen zum Gehäuse bzw. zu den mit diesen verbundenen Linersegmenten (Zwischenlagen), über deren Dehnung bzw. Kontraktion die Spaltgröße aktiv eingestellt werden kann bzw. das Dehnungsverhalten des Stators an das thermische und dynamische Dehnungsverhalten des Rotors in den verschiedenen Betriebsphasen angepasst werden kann.

[0007] Die "aktiven" Systeme zur Luftspalteinstellung sind jedoch insofern nachteilig, als damit ein Verlust an Kompressorarbeit bzw. eine Verminderung des Turbinenwirkungsgrades verbunden ist. Außerdem ist nicht in

jeder Betriebsphase eine adäquate Einstellung der Spaltweite zwischen Schaufelspitzen und Linersegmenten möglich. Schließlich sind die aktiven Systeme wegen der erforderlichen Ventil- und Steuervorrichtungen kostenaufwendig.

[0008] Zur Behebung der mit der aktiven Spaltgrößenregelung verbundenen Probleme wird in der GB-A-2 061 396 für eine einstufige Turbine eine im Gehäuseinneren vorgesehene Anordnung zur "passiven" automatischen Laufspalteinstellung zwischen den Schaufelspitzen und den an der Innenseite des Turbinengehäuses angebrachten Linersegmenten vorgeschlagen. Bei dieser "passiven" Laufspaltregelung sind die im Abstand über den Spitzen der Rotorschaukeln angeordneten Linersegmente auf einer Seite an den äußeren Plattformen der Leitschaukeln der Turbine und auf der anderen Seite an den äußeren Plattformen einer nachfolgenden Leitschaukel gehalten, während die inneren Plattformen der beiderseitigen Leitschaukelsegmente jeweils mit einem Ringelement (Dehnring) verbunden sind, dessen Reaktion auf eine bestimmte thermische Belastung dem thermischen Verhalten des Rotors entspricht. Dadurch werden bei einer Dehnung oder Kontraktion des Rotors die mit den Plattformen verbundenen Ringelemente in gleichem Maße wie der Rotor vergrößert oder verkleinert und die beweglich gehaltenen Leitschaukelsegmente verschoben sowie die an diesen angebrachten Linersegmente relativ zum Rotor und entsprechend dessen Dehnungs- und Kontraktionsmaß eingestellt.

[0009] Mit dieser Konstruktion, die auch eine spezielle Halterung der Leitschaukeln einschließt, um deren radiale Bewegung zu ermöglichen, ist die Ausbildung eines in jeder Betriebsphase des Triebwerkes gleichbleibenden Laufspaltes zwischen den Schaufelspitzen und den Linersegmenten gewährleistet. Die zuvor beschriebene Anordnung ist jedoch nicht für zwei- oder mehrstufige Turbinen geeignet.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auf der Grundlage der radialen Verstellung der Linersegmente entsprechend dem Dehnungs- und Kontraktionsverhalten des Rotors eine Anordnung zur passiven Einstellung einer in unterschiedlichen Betriebsphasen konstanten Laufspaltweite für zwei- oder mehrstufige Turbinen anzugeben. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 ausgebildeten Anordnung zur selbsttätigen Laufspalteinstellung bei einer zwei- oder mehrstufigen Turbine gelöst. Weitere Merkmale und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

[0011] Ausgehend vom Stand der Technik ist den mindestens zwei Rotoren jeweils mindestens ein Dehnring zugeordnet, dessen Dehnungs- und Kontraktionsverhalten bei Änderung der thermischen Belastung mit dem der Rotoren abgestimmt ist. Die Dehnringe sind mit den der Turbine unmittelbar vorgeschalteten und nachgeschalteten Leitschaukeln verbunden, so dass die vor- und nachgeschalteten Leitschaukeln entsprechend der ther-

mischen Belastung verstellt werden. Die äußeren Plattformen der vor- und nachgeschalteten Leitschaufeln sind über eine Brücke, die axial und in Umfangsrichtung fixiert und in radialer Richtung beweglich geführt ist, miteinander verbunden. Die zwischengeschalteten Leitschaufeln sind jeweils zwischen den Rotoren an der beweglichen Brücke integral oder separat angebracht. Die an diesen wirkenden Roll- und Kippmomente werden von den axial und in Umfangsrichtung gesicherten Brückenelementen und gegebenenfalls eine zusätzliche axiale Befestigung auf der freien Schaufelseite aufgenommen. An der so ausgebildeten Brücke sind auch die separat oder integral ausgebildeten Deckbandsegmente angebracht.

[0012] Mit dieser Brückenkonstruktion ist auch bei zwei- oder mehrstufigen Turbinen eine passive, für alle Rotorstufen einzeln optimierte Laufspalteinstellung entsprechend der thermischen Rotorbewegung möglich, die zudem kostengünstiger als die bisher bei zweistufigen Turbinen bekannten aktiven Systeme zur Laufspalteinstellung ist.

[0013] Gemäß einem wichtigen Merkmal der Erfindung umfasst die Brücke eine erste Halbbrücke und eine an dieser axial, radial und in Umfangsrichtung gehaltene zweite Halbbrücke, an der die zwischengeschalteten Leitschaufeln integral angeformt sind. Die erste Halbbrücke bildet ein segmentiertes Innengehäuse aus am Umfang im Abstand angeordneten biegesteifen Tragsegmenten, die jeweils über eine radial winkelfreie Verbindungsstrebe mit einem am Außengehäuse befestigten starren Ring fest verbunden sind.

[0014] Die erste Halbbrücke kann jedoch auch über ein System aus Stift und Hülse radial gleitend am Außengehäuse geführt sein.

[0015] In weiterer Ausbildung der Erfindung kann die Brücke aus Vollbrückenelementen bestehen, an denen die zwischengeschalteten Leitschaufeln sowie die Deckbandsegmente separat gehalten oder integral befestigt sind und die zwischengeschalteten Leitschaufeln auf der freien Seite in einer umlaufenden Nut gehalten sind. In einer Ausführungsform sind die Vollbrückenelemente radial mittels einem in einer Führungshülse geführten Führungsstift geführt.

[0016] In einer noch anderen Ausführungsform einer Vollbrücke sind die einzelnen Vollbrückenelemente über eine radial winkelfreie Verbindungsstrebe mit dem Außengehäuse verbunden. Die Verbindungsstreben sind entweder mit einer Nut an einem Befestigungsring gehalten oder unmittelbar mit einem am Außengehäuse über einen Flansch befestigten starren Ring verbunden. In dieser Ausführungsvariante ist an den Brückenelementen ein Tragsegment mit integrierter Leitschaufel und integriertem Deckbandsegment axial und in Umfangsrichtung fixiert.

[0017] In weiterer Ausbildung der Erfindung erfolgt die axiale Lagerung von Brückenelementen, Tragelementen oder zwischengeschalteten Leitschaufeln mit einem nach Art eines Kolbenringes ausgebildeten Befestigungsring der in eine an dem zu fixierenden Bauteil aus-

gebildete Nut eingreift.

[0018] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die Brücken bzw. die Halbbrückenelemente (Tragelemente) und die Vollbrückenelemente durch Versteifungselemente (Rippen) versteift.

[0019] Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Anordnung zur selbsttätigen Laufspalteinstellung bei einer zwei- oder mehrstufigen Turbine werden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Teilansicht einer zweistufigen Turbine mit einer sich entsprechend dem Dehnungsverhalten der Rotoren selbsttätig einstellenden zweiteiligen Brücke und an dieser gehaltenen Deckbandsegmenten sowie einer zwischengeschalteten Leitschaufel,

Fig. 2 eine isometrische Ansicht einer in Richtung des Pfeils A in Fig. 1 gesehenen, ein segmentiertes Innengehäuse bildenden Halbbrücke der zweiteiligen Brücke,

Fig. 3 eine andere Ausführungsform einer aus Halbbrückenelementen gebildeten Brücke, die radial gleitend gelagert ist,

Fig. 4 eine aus radial gleitend geführten Vollbrückenelementen bestehende einstückige Vollbrücke mit in diese integrierten Deckbandsegmenten und zwischengeschalteten Leitschaufeln,

Fig. 5 eine Vollbrücke nach Fig. 4, jedoch mit separat an dem jeweiligen Vollbrückenelement angebrachter Leitschaufel,

Fig. 6 eine Vollbrücke nach Fig. 4, bei der die Deckbandsegmente der ersten Stufe separat gefertigt und an dem Vollbrückenelement angebracht sind,

Fig. 7 eine Vollbrücke mit an den Vollbrückenelementen separat montierten Tragelementen und in diese integrierter Leitschaufel und Deckbandsegment, wobei die Vollbrückenelemente über einen Befestigungsring und mit diesem verbundener radial winkelfreier Verbindungsstrebe am Außengehäuse gehalten sind; und

Fig. 8 eine Vollbrücke gemäß Fig. 7, bei der die radial winkelfreien Verbindungsstreben mit einem am Außengehäuse befestigten steifen Ring fest verbunden sind.

[0020] Die in Fig. 1 schematisch teilweise wiedergegebene zweistufige Turbine umfasst einen ersten Rotor 1 und einen zweiten Rotor 2, jeweils mit einem Schaufelkranz aus Laufschaufeln 3 bzw. 4. Dem ersten und dem zweiten Rotor 1, 2 ist jeweils ein erster bzw. zweiter

Leitschaufelkranz mit jeweils ersten bzw. zweiten Leitschaufeln 5, 6 vorgeschaltet. Das Prinzip der radialen Verstellung der im Abstand von den Schaufelspitzen 3a, 4a befindlichen, ein erstes und ein zweites Deckband bildenden ersten und zweiten Deckbandsegmente 8a, 8b ist im wesentlichen mit der in der GB-A-2 061 396 beschriebenen Konstruktion identisch und ist daher hier nicht dargestellt. Es wird nur insoweit erläutert, als den beiden Rotoren 1 und 2 der zweistufigen Turbine jeweils ein einstückiger Dehnungsring (nicht dargestellt) zugeordnet ist, dessen Dehnungsverhalten dem des benachbarten Rotors 1 bzw. 2 entspricht. Der dem ersten Rotor 1 zugeordnete Dehnungsring (nicht dargestellt) ist mit den über die jeweilige äußere Plattform 9 der radial zum Außengehäuse 10 der Turbine beweglich gehaltenen ersten Leitschaufeln 5 auf der Zuströmseite der Turbine verbunden, während der nahe dem zweiten Rotor 2 angeordnete Dehnungsring (nicht dargestellt) an eine ebenfalls radial beweglich gelagerte äußere Plattform 11 für einen Leitschaufelkranz (nicht dargestellt) auf der Abströmseite der Turbine angeschlossen ist. Die Radialbewegung der Leitschaufeln 5 auf der Zuströmseite und der nachgeschalteten Leitschaufeln 7 auf der Abströmseite ist jeweils durch einen Doppelpfeil 12 bzw. 13 gekennzeichnet.

[0021] Die unter Freilassung eines ersten und eines zweiten Laufspaltes 14, 15 den Schaufelspitzen 3a, 4a gegenüberliegenden Deckbandsegmente 8a, 8b werden entsprechend der von den Dehnringen (nicht dargestellt) zum einen auf die beweglichen ersten Leitschaufeln 5 und deren äußere Plattform 9 und zum anderen auf die äußeren Plattformen 11 der nachgeschalteten Leitschaufeln 7 des hinteren Leitschaufelkranzes und von diesen auf eine Brücke 16 übertragenen Bewegung relativ zu den Schaufelspitzen 3a, 4a verstellt. Die Brücke 16, welche die äußeren Plattformen 9 der ersten (vorderen) Leitschaufeln 5 mit den äußeren Plattformen 11 der hinteren (nachgeschalteten) Leitschaufeln 7 verbindet, umfasst in der vorliegenden Ausführungsform eine erste Halbbrücke 17 und eine an diese anschließende zweite Halbbrücke 18. Die zweite Halbbrücke 18 ist integral mit den zwischengeschalteten Leitschaufeln 6 und mit den zweiten Deckbandsegmenten 8b verbunden. Die ersten Deckbandsegmente 8a sind in der vorliegenden Ausführungsform separat gefertigt und an der Unterseite der ersten Halbbrücke 17 und den äußeren Plattformen 9 der ersten Leitschaufeln 5 gehalten.

[0022] Die erste Halbbrücke 17 besteht aus in Umfangsrichtung angeordneten, durch Versteifungselemente 30 biegesteif ausgebildeten Tragelementen 19. Zwischen den Tragelementen 19 verbleibt jeweils ein Umfangsspalt 20. Ein an dem Tragelement 19 vorgesehener Träger 21 dient einerseits zur Aufnahme bzw. Halterung jeweils der ersten Deckbandsegmente 8a und andererseits zur axialen und radialen Halterung des zuströmseitigen Endes der zweiten Halbbrücke 18 mit jeweils integrierten Deckbandsegmenten 8b und zweiten Leitschaufeln 6. Auf der zum Außengehäuse 10 weisen-

den Seite der in Umfangsrichtung im Abstand angeordneten biegesteifen Tragelemente 19 sind dünne, radial winkelfreie Verbindungsstreben 22 angeschlossen, die am freien Ende in einen umlaufenden, einstückigen, steifen Ring 23 übergehen, dessen abgewinkelter Befestigungsflansch 23a mit Bohrungen 23b zur festen Verbindung mit dem Außengehäuse 10 dient. An der auf der äußeren Plattform 9 der Leitschaufeln 5 abgestützten Seite des Tragelements 19 besteht zwischen dem steifen Tragelement 19 und dem steifen Befestigungsring 23 ein Radialspalt 24, so dass aufgrund der flexiblen Verbindung über die Verbindungsstreben 22 und die Unterbrechung der Tragelemente 19 über die Umfangsspalte 20 eine radiale Bewegung zwischen dem Ring 23 und den Tragelementen 19 möglich ist, aber von den Leitschaufeln 6 der zweiten Turbinenstufe erzeugte Lasten in axialer Richtung und in Umfangsrichtung übertragen werden können.

[0023] Die in Umfangsrichtung aus Halbbrückenelementen 18a bestehende zweite Halbbrücke 18, an der die dem zweiten Rotor 2 vorgeschalteten zweiten Leitschaufeln 6 der Turbine und die zweiten Deckbandsegmente 8b befestigt sind, ist am abströmseitigen Ende radial an den äußeren Plattformen 11 der an den zweiten Rotor 2 anschließenden (nachgeschalteten) Leitschaufeln (nicht dargestellt) gehalten. Die zweite Halbbrücke 18 fixiert an einem mit jedem Halbbrückenelement 18a verbundenen Steg 25 das abströmseitige Ende der in Umfangsrichtung beabstandeten Tragelemente 19 der Halbbrücke 17 axial mit einem einstückigen, geschlitzten Befestigungsring 26, radial mit einem Anschlagstück 27 und in Umfangsrichtung mit Haltestiften 28.

[0024] Mit der anhand der Figuren 1 und 2 beschriebenen Brücke 16, bestehend aus der ersten Halbbrücke 17 und der zweiten Halbbrücke 18, in welche die zweiten Deckbandsegmente 8b und die zweiten Leitschaufeln 6 für die zweite Turbinenstufe integriert sind, ist auch bei mehrstufigen Turbinen eine kontinuierliche, sich selbsttätig an die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen anpassende "passive" Spaltweiteneinstellung möglich. Die Tragelemente 19 der Halbbrücke 17 und die Halbbrückenelemente 18a der zweiten Halbbrücke 18 sind durch Versteifungselemente 30, 29 derart versteift, dass die auf die Leitschaufeln 6 wirkenden Kräfte aufgenommen werden können. Die radiale Position der ersten Halbbrücke 17 und der zweiten Halbbrücke 18 bzw. Halbbrückenelemente 18a ist durch deren Lage an der äußeren Plattform 9 sowie der äußeren Plattform 11 bestimmt. Jegliche thermische Ausdehnung der Brücke 16 wird durch die Umfangsspalte 20 zwischen den Tragelementen 19 und dem Radialspalt 24 aufgenommen. Während die radial winkelfreien Verbindungsstreben 22 jegliche Relativbewegung zwischen den Tragelementen 19 und dem Befestigungsring 23 der Halbbrücke 17 ausgleichen, erlaubt der zwischen diesen verbleibende Radialspalt 24 den thermischen Ausgleich. Die Halbbrücke 17 nimmt die Roll- und Kippmomente der in die Halbbrückenelemente 18a der zweiten Halbbrücke 18 integrierten

zweiten Leitschaufeln 6 auf, wobei die radial winkelfreien Verbindungsstreben 22 die an den zweiten (zwischen-geschalteten) Laufschaufeln 6 wirkenden Axial- und Umfangskräfte über den vom Tragelement 19 durch den Radialspalt 24 getrennten steifen Befestigungsring 23 in das Außengehäuse 10 leiten.

[0025] Fig. 3 beschreibt eine andere Ausführungsform einer aus zwei Halbbrücken 17, 18 bestehenden Brücke 16, mit deren Hilfe die den Rotoren 1 und 2 einer zweistufigen Turbine unmittelbar vor- und nachgeschalteten Leitschaufeln 5, 7 aneinander montiert sind, um eine passive, an die thermische Belastung der Rotoren 1, 2 angepasste Laufspaltregelung zu gewährleisten. Die unter Freilassung von Umfangsspalten (nicht dargestellt) angeordneten, versteiften Tragelemente 19 der ersten Halbbrücke 17 sind jeweils mit einem separat gefertigten ersten Deckbandsegment 8a verbunden, das an der äußeren Plattform 9 der ersten Leitschaukel 5 gehalten ist. Die in Umfangsrichtung aneinandergereihten Halbbrückenelemente 18a der zweiten Halbbrücke 18, die jeweils integral ausgebildete zweite Laufschaufeln 6 und zweite Deckbandsegmente 8b aufweisen, sind an der äußeren Plattform 11 der nachgeschalteten Leitschaufeln 7 und am jeweiligen Tragelement 19 der ersten Halbbrücke 17 axial und radial gehalten. Über einen vom Außengehäuse 10 ausgehenden, nach innen gerichteten Führungsstift 31 und eine an der Halbbrücke 17 angeformte Führungshülse 32 ist die Halbbrücke 17 und damit die Brücke 16 (17, 18) insgesamt radial gleitend geführt und zusätzlich auch axial und in Umfangsrichtung gehalten. Ein Haltering 34 (Fig. 4) verhindert eine Rotation der Brücke um den Führungsstift 31.

[0026] Die Figuren 4, 5 und 6 zeigen Ausführungsformen der Montage von Leitschaufeln 6 an Leitschaufeln 5, 7 mit Hilfe einer die Leitschaufeln 5, 7 verbindenden Brücke 16, 16a zur passiven Laufspaltkontrolle bei einer zweistufigen Turbine, bei der die in Umfangsrichtung angeordneten Brückensegmente eine einstückige Brücke 16 (Vollbrücke) bilden und die einzelnen Vollbrückenelemente 16a - wie in der Ausführungsform nach Fig. 3 - mittels eines vom Gehäuse 10 ausgehenden Führungsstiftes 31 und einer an den Vollbrückenelementen 16a angeformten Führungshülse 32 in radialer Richtung geführt sind.

[0027] In der Ausführungsform nach Fig. 4 sind die ersten und zweiten Deckbandsegmente 8a, 8b und die zweiten (zwischen-geschalteten) Leitschaufeln 6 integraler Bestandteil des Vollbrückenelements 16a. Die Vollbrückenelemente 16a sind zur Aufnahme der von den zweiten Leitschaufeln 6 ausgehenden Kipp- und Rollmomente an den Enden in der äußeren Plattform 9 der ersten Leitschaufeln 5 und der äußeren Plattform 11 der dem zweiten Rotor 2 nachgeschalteten Leitschaufeln 7 gehalten. Die in die Vollbrückenelemente 16a integrierten zweiten Leitschaufeln 6 weisen an ihrer inneren Plattform 6a einen Haltesteg 33 auf, der in einer Ringnut eines umlaufenden Halteringes 34 aufgenommen ist, um die jeweils zweiten Leitschaufeln 6 gegen Verdrehen zu si-

chern.

[0028] Die in Fig. 5 gezeigte Ausführungsform mit mittels Führungsstiften 31 und Führungshülsen 32 radial gleitend geführten Vollbrückenelementen 16a unterscheidet sich insofern von der Ausführungsform nach Fig. 4, als die jeweiligen zweiten Leitschaufeln 6 nicht integral mit dem betreffenden Vollbrückensegment 16a verbunden sind, sondern mit bekannten Verbindungsstrukturen und insbesondere unter Verwendung eines Befestigungsringes 26 (siehe Fig. 1) zur Aufnahme der auf die zweiten Leitschaufeln 6 wirkenden Axiallasten lösbar an die Vollbrückenelemente 16a angeschlossen sind.

[0029] Bei den radial gleitend geführten Vollbrückenelementen 16a nach Fig. 6 sind - im Unterschied zu den Ausführungsformen nach Fig. 4 und 5 - sowohl die jeweilige zweite Leitschaukel 6 als auch die ersten und zweiten Deckbandsegmente 8a, 8b als separate Bauteile ausgebildet.

[0030] Die Figuren 7 und 8 zeigen noch andere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Bauart mit an Leitschaufeln 5, 7 montierten Leitschaufeln 6 unter Verwendung eines Vollbrückenelements 16a. Dabei ist das mit einem separaten ersten Deckbandsegment 8a ausgebildete Vollbrückenelement 16a an der äußeren Plattform 9 der ersten Leitschaukel 5 und an der äußeren Plattform 11 der abströmseitigen Leitschaufeln 7 gehalten. Zwischen dem Außengehäuse 10 und den Vollbrückenelementen 16a sind Dichtungen 35 vorgesehen. Außerdem sind die mit Hilfe von Versteifungselementen 29 biegesteif ausgeführten Vollbrückenelemente 16a - wie in der Ausführungsform mit einer Halbbrücke nach Fig. 1 - über eine radial winkelfreie Verbindungsstrebe 22 entweder mittels eines Befestigungsringes 26 (Fig. 7) oder - wie in der Ausführungsform nach Fig. 1 - eines am Außengehäuse 10 befestigten steifen Ringes 23 (Fig. 8) gehalten. Im Fall der axialen Anbringung über den Befestigungsring 26 ist für die Ableitung der Brückenumfangslast auf das Gehäuse 10 ein Übertragungselement 37 vorgesehen. Die zweite Leitschaukel 6 und das zweite Deckbandsegment 8b bilden ein einstückiges - im Verbindungsbereich 36a zwischen Leitschaukel und Deckbandsegment flexibles Bauteil 36, das an dem Brückenelement 16a axial, radial und in Umfangsrichtung fixiert ist und außerdem an der äußeren Plattform 11 axial gehalten ist.

Bezugszeichenliste

[0031]

1	erster Rotor
2	zweiter Rotor
3	Laufschaufel
3a	Schaufelspitze
4	Laufschaufel
4a	Schaufelspitze
5	erste Leitschaukel (vorgeschaltet)

6	zweite Leitschaukel (zwischengeschaltet)
6a	Innenplattform
7	Leitschaukel (nachgeschaltet)
8a, 8b	erstes/zweites Deckbandsegment
8	äußere Plattform
9	Außengehäuse
10	äußere Plattform
11	Doppelpfeil (Radialbewegung)
12	Doppelpfeil (Radialbewegung)
13	erster Laufspalt
14	zweiter Laufspalt
15	Brücke
16a	Vollbrückenelement
16	erste Halbbrücke
17	zweite Halbbrücke
17a, 18a	Halbbrückenelement
18	Tragelemente
19	Umfangsspalt
20	Träger
21	radial winkelfreie Verbindungsstrebe
22	steifer Ring
23a	Befestigungsflansch
23b	Bohrung
24	Radialspalt
25	Steg
26	Befestigungsring
27	Anschlagstück
28	Haltestift
29	Versteifungselement
30	Versteifungselement
31	Führungsstift
32	Führungshülse
33	Haltesteg
34	Haltering
35	Dichtung
36	einstückiges Bauteil (Tragelement)
36a	flexibler Verbindungsbereich
37	Übertragungselement

Patentansprüche

1. Anordnung zur selbsttätigen Laufspalteinstellung bei einer zwei- oder mehrstufigen Turbine, wobei die Anordnung ein Außengehäuse (10) und eine Brücke (16) mit Deckbandsegmenten (8a,8b) umfasst und wobei die Anordnung innerhalb des Außengehäuses (10) mindestens erste und zweite, mit Laufschaufeln (3; 4) versehene Rotoren (1, 2) sowie diesen vor-, zwischen- und nachgeschaltete Leitschaufeln (5, 6, 7) umfasst, wobei den Rotoren (1, 2) jeweils ein Dehnring zugeordnet ist, der jeweils mit den radial beweglichen, vorgeschalteten Leitschaufeln (5) und mit den radial beweglichen, nachgeschalteten Leitschaufeln (7) verbunden ist und dessen thermisches Dehnungsverhalten dem der Rotoren (1, 2) entspricht, wobei die vor- und nachgeschalteten Leitschaufeln (5, 7) an ihren äußeren Plattformen (9,

11) über die axial und in Umfangsrichtung fixierte und radial winkelfrei am Außengehäuse (10) der Turbine geführte Brücke (16) verbunden sind, an der die zwischengeschalteten Leitschaufeln (6) und die über den Rotoren (1, 2) angeordneten Deckbandsegmente (8a, 8b) befestigt sind,

dadurch gekennzeichnet, dass die Brücke (16) eine erste Halbbrücke (17) und eine zweite Halbbrücke (18) umfasst, die axial, radial und in Umfangsrichtung an der ersten Halbbrücke (17) gehalten ist, dass die zwischengeschalteten zweiten Leitschaufeln (6) integral mit der zweiten Halbbrücke (18) verbunden sind, und

dass die erste Halbbrücke (17) eine Mehrzahl jeweils unter Freilassung eines Umfangsspalt (20) im Kreisumfang angeordnete biegesteife Tragelemente (19) und einen am Außengehäuse der Turbine befestigten steifen Ring (23) umfasst, mit dem die Tragelemente (19) über radial winkelfreie Verbindungsstreben (22) verbunden sind, wobei zwischen den freien Enden des Ringes (23) und der Tragelemente (19) ein Radialspalt (24) verbleibt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Halbbrücke (17) und die zweite Halbbrücke (18) aus einer Mehrzahl im Kreisumfang angeordneter Halbbrückenelemente (17a, 18a) besteht und die ersten Halbbrückenelemente (17a) mittels einer an diesen jeweils angebrachten Führungshülse (32) und einem vom Außengehäuse (10) ausgehenden Führungsstift (31) oder einer Nut-Federverbindung radial gleitend geführt sind.

3. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brücke (16) aus einer Mehrzahl im Kreisumfang angeordneter Vollbrückenelemente (16a) besteht, die an den freien Enden in den äußeren Plattformen (9, 11) der vorgeschalteten und der nachgeschalteten Leitschaufeln (5, 7) gelagert sind.

4. Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwischengeschalteten Leitschaufeln ((6) integral mit den Vollbrückenelementen (16a) verbunden sind.

5. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwischengeschalteten Leitschaufeln (6) separat gefertigt und axial, radial und in Umfangsrichtung an den Vollbrückenelementen (16a) fixiert sind.

6. Anordnung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vollbrückenelemente (16a) eine Führungshülse (32) aufweisen und an einem am Außengehäuse (10) angebrachten Führungsstift (31) radial gleitend geführt sind, und dass die zwischengeschalteten Leitschaufeln (6) jeweils einen Haltesteg (33) aufweisen, der in eine umlaufende

Nut eines Halteringes (34) eingreift.

7. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vollbrückenelemente (16a) jeweils über radial winkelfreie Verbindungsstreben (22), die ein segmentiertes Innengehäuse bilden, am Außengehäuse (10) gehalten sind, wobei ein separates Tragelement (36), das radial, axial und in Umfangsrichtung an jedem Vollbrückenelement (16a) fixiert ist, integral mit der jeweiligen zwischengeschalteten Leitschaufel (6) und dem zweiten Deckbandsegment (8b) verbunden ist.
8. Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radial winkelfreien Verbindungsstreben (22) mittels einer an deren freiem Ende ausgebildeten Nut über einen Befestigungsring (26) am Außengehäuse (10) gehalten sind und die Vollbrückenelemente (16a) in Umfangsrichtung am Außengehäuse (10) gehalten sind.
9. Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radial winkelfreien Verbindungsstreben (22) mit einem am Außengehäuse (10) befestigten steifen Ring (23) fest verbunden sind.
10. Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Tragelement (36) für die zwischengeschaltete Leitschaufel (7) und das Deckbandsegment (8a) einen flexiblen Verbindungsbereich (36a) aufweist.
11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragelemente (19), die Halbbrückenelemente (17a, 18a) und die Vollbrückenelemente (16a) durch Versteifungselemente (29, 30) versteift sind.

Claims

1. Arrangement for automatic running gap control on a two or multi-stage turbine, with the arrangement including an outer casing (10) and a bridge (16) with shroud segments (8a, 8b) and with the arrangement comprising at least first and second rotors (1, 2) provided with rotor blades (3, 4) within the outer casing (10), with stator vanes (5, 6, 7) arranged upstream, between and downstream of these rotors (1, 2) with an expansion ring being associated to each of the rotors (1, 2) which is connected to the radially moveable, upstream stator vanes (5) and to the radially moveable, downstream stator vanes (7) and whose thermal expansion behaviour agrees with that of the rotors (1, 2), with the upstream and downstream stator vanes (5, 7) being connected, at their outer platforms (9, 11), by means of the bridge (16) which is axially and circumferentially fixed and located radi-

ally and angle-free at the outer casing (10) of the turbine and to which the intermediate stator vanes (6) and the shroud segments (8a, 8b) arranged above the rotors (1, 2) are attached, **characterized in that** the bridge (16) includes a first half bridge (17) and a second half bridge (18) which is axially, radially and circumferentially held on the first half bridge (17), that the intermediate second stator vanes (6) are integrally connected to the second half bridge (18), and that the first half bridge (17) includes a multitude of bending-resistant, circumferentially arranged supporting elements (19), with a circumferential gap (20) left between each of them, and a stiff ring (23) attached to the outer casing of the turbine to which the supporting elements (19) are connected via radially angle-free braces (22), with a radial gap (24) remaining between the free ends of the ring (23) and the supporting elements (19).

2. Arrangement in accordance with Claim 1, **characterized in that** the first half bridge (17) and the second half bridge (18) consist of a multitude of circumferentially arranged half-bridge elements (17a, 18a), and the first half-bridge elements (17a) are located slideably in the radial direction by means of a guiding sleeve (32) attached to each of them and a guiding pin (31) extending from the outer casing (10) or a tongue-groove connection.
3. Arrangement in accordance with Claim 1, **characterized in that** the bridge (16) consists of a multitude of circumferentially arranged full-bridge elements (16a) which locate, at the free ends, in the outer platforms (9, 11) of the upstream and the downstream stator vanes (5, 7).
4. Arrangement in accordance with Claim 2, **characterized in that** the intermediate stator vanes (6) are integrally connected to the full-bridge elements (16a).
5. Arrangement in accordance with Claim 3, **characterized in that** the intermediate stator vanes (6) are separately manufactured and axially, radially and circumferentially fixed to the full-bridge elements (16a).
6. Arrangement in accordance with Claim 4 or 5, **characterized in that** the full-bridge elements (16a) feature a guiding sleeve (32) and are located slideably in the radial direction on a guiding pin (31) provided on the outer casing (10), and that each of the intermediate stator vanes (6) features a locating web (33) which engages a circumferential groove of a retaining ring (34).
7. Arrangement in accordance with Claim 3, **characterized in that** the full-bridge elements (16a) are each located on the outer casing (10) by means of

radially angle-free braces (22) which form a segmented inner casing, with a separate supporting element (36), which is radially, axially and circumferentially fixed on each full-bridge element (16a), being integrally connected to the respective intermediate stator vane (6) and the second shroud segment (8b).

8. Arrangement in accordance with Claim 7, **characterized in that** the radially angle-free braces (22) are held at the outer casing (10) by means of a groove provided at their free end via a fixing ring (26), and the full-bridge elements (16a) are circumferentially held on the outer casing (10).
9. Arrangement in accordance with Claim 7, **characterized in that** the radially angle-free braces (22) are firmly connected to a stiff ring (23) attached to the outer casing (10).
10. Arrangement in accordance with Claim 7, **characterized in that** the supporting element (36) for the intermediate stator vane (7) and the shroud segment (8a) features a flexible connecting area (36a).
11. Arrangement in accordance with one of the preceding Claims, **characterized in that** the supporting elements (19), the half-bridge elements (17a, 18a) and the full-bridge elements (16a) are reinforced by stiffening elements (29, 30).

Revendications

1. Structure pour le réglage automatique de l'interstice de roulement d'une turbine biétagée ou polyétagée, sachant que la structure comprend un carter extérieur (10) et un pontage (16) avec des segments d'anneaux de renforcement (8a, 8b), et qu'à l'intérieur du carter extérieur (10), la structure comprend au moins des premiers et des deuxièmes rotors (1, 2) munis d'aubes mobiles (3, 4), ainsi que des aubes directrices (5, 6, 7) en amont, intercalaires et en aval par rapport auxdits rotors, sachant qu'à chaque rotor (1, 2) est associé un anneau expansible qui est respectivement relié aux aubes directrices amont (5) radialement mobiles et aux aubes directrices aval (7) radialement mobiles, et dont le comportement de dilatation thermique correspond à celui des rotors (1, 2), et que les aubes directrices amont et aval (5, 7) sont reliées au niveau de leurs plateformes extérieures (9, 11) par l'intermédiaire du pontage (16) fixé axialement et circonférentiellement et sans inclinaison radiale au carter extérieur (10) de la turbine, et auquel sont fixés les aubes directrices intercalaires (6) ainsi que les segments d'anneaux de renforcement (8a, 8b) placés au-dessus des rotors (1, 2), **caractérisée en ce que** le pontage (16) comprend un premier demi-pontage (17) et un second

demi-pontage (18) qui est maintenu axialement, radialement et circonférentiellement sur le premier demi-pontage (17), que les deuxièmes aubes directrices intercalaires (6) sont intégralement reliées au second demi-pontage (18), et que le premier demi-pontage (17) comprend, en laissant à chaque fois un interstice circonférentiel (20), une pluralité d'éléments porteurs (19) résistants à la flexion disposés sur la circonférence, ainsi qu'un anneau rigide (23) fixé sur le carter extérieur de la turbine, avec lequel les éléments porteurs (19) sont reliés par des entretoises de jonction (22) sans inclinaison radiale, sachant qu'un interstice radial (24) est maintenu entre les extrémités libres de l'anneau (23) et les éléments porteurs (19).

2. Structure selon la revendication n° 1, **caractérisée en ce que** le premier demi-pontage (17) et le second demi-pontage (18) sont constitués d'une pluralité d'éléments de demi-pontage (17a, 18a) disposés sur la circonférence, et que les premiers éléments de demi-pontage (17a) sont guidés radialement en glissement au moyen d'une douille de guidage (32) respectivement montée sur eux et d'un ergot de guidage (31) partant du carter extérieur (10), ou au moyen d'un assemblage par rainure et languette.
3. Structure selon la revendication n° 1, **caractérisée en ce que** le pontage (16) est constitué d'une pluralité d'éléments de pontage intégraux (16a) disposés sur la circonférence, qui sont logés aux extrémités libres dans les plateformes extérieures (9, 11) des aubes directrices (5, 7) amont et aval.
4. Structure selon la revendication n° 2, **caractérisée en ce que** les aubes directrices intercalaires (6) sont intégralement reliées aux éléments de pontage intégraux (16a).
5. Structure selon la revendication n° 3, **caractérisée en ce que** les aubes directrices intercalaires (6) sont fabriquées séparément et fixées axialement, radialement et circonférentiellement aux éléments de pontage intégraux (16a).
6. Structure selon la revendication n° 4 ou n° 5, **caractérisée en ce que** les éléments de pontage intégraux (16a) présentent une douille de guidage (32) et sont guidés radialement en glissement au moyen d'un ergot de guidage (31) monté sur le carter extérieur (10), et que les aubes directrices intercalaires (6) présentent chacune une barrette de maintien (33) qui s'engage dans une gorge circonférentielle d'un anneau de maintien (34).
7. Structure selon la revendication n° 3, **caractérisée en ce que** les éléments de pontage intégraux (16a) sont respectivement maintenus sur le carter exté-

rieur (10) par des entretoises de jonction (22) sans inclinaison radiale qui forment un carter intérieur segmenté, sachant qu'un élément porteur (36) distinct qui est fixé radialement, axialement et circonférentiellement à chaque élément de pontage intégral (16a), est intégralement relié à l'aube directrice intercalaire (6) respective et au deuxième segment d'anneau de renforcement (8b).

8. Structure selon la revendication n° 7, **caractérisée en ce que** les entretoises de jonction (22) sans inclinaison radiale sont maintenues sur le carter extérieur (10) par un anneau de fixation (26) au moyen d'une gorge pratiquée à leur extrémité libre et que les éléments de pontage intégraux (16a) sont maintenus sur le carter extérieur (10) dans le sens circonférentiel.
9. Structure selon la revendication n° 7, **caractérisée en ce que** les entretoises de jonction (22) sans inclinaison radiale sont fermement reliées à un anneau rigide (23) fixé au carter extérieur (10).
10. Structure selon la revendication n° 7, **caractérisée en ce que** l'élément porteur (36) pour l'aube directrice intercalaire (7) et le segment d'anneau de renforcement (8a) présente une zone de jonction flexible (36a).
11. Structure selon une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments porteurs (19), les éléments de demi-pontage (17a, 18a) et les éléments de pontage intégraux (16a) sont renforcés par des éléments raidisseurs (29, 30).

35

40

45

50

55

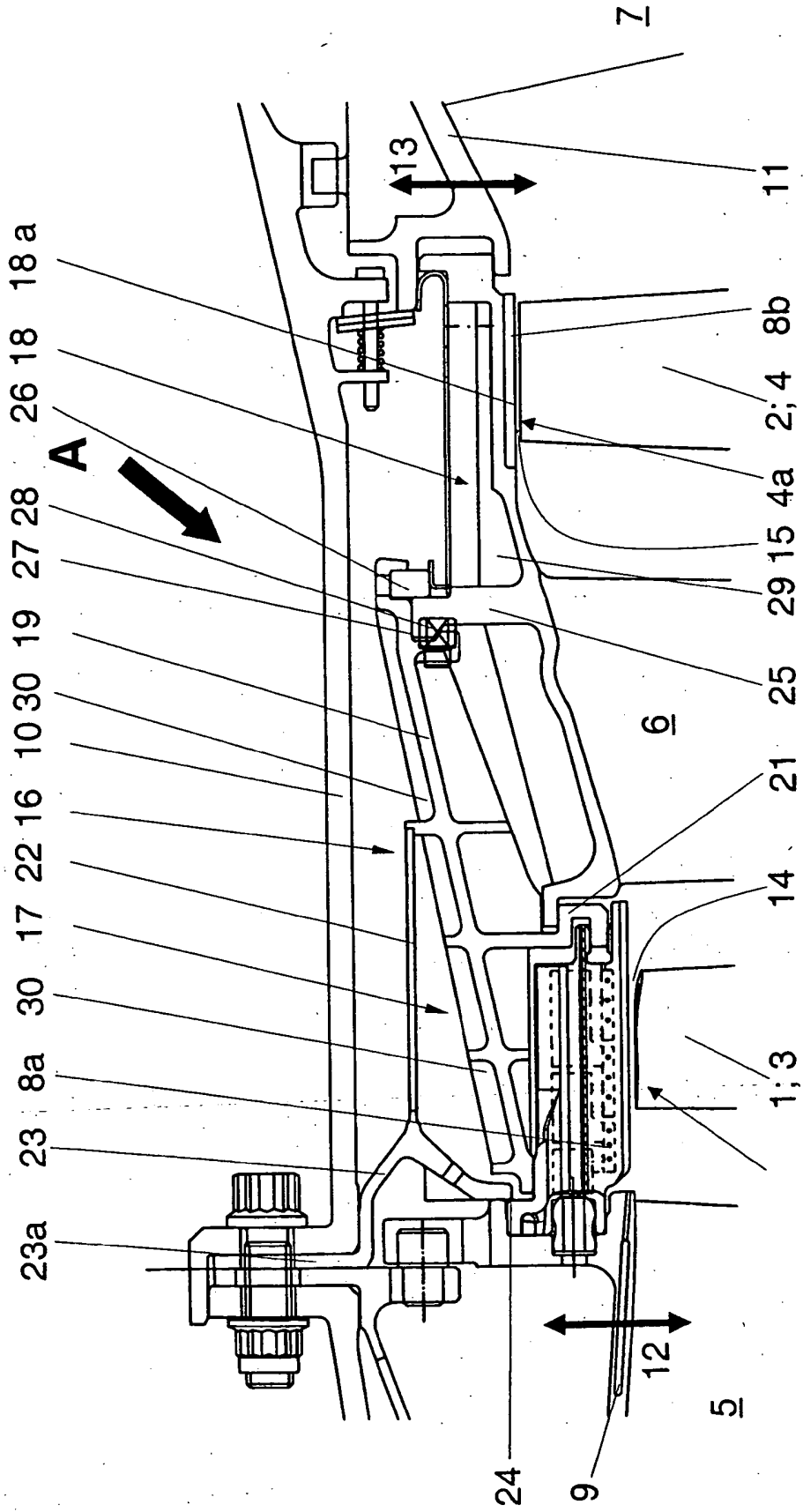
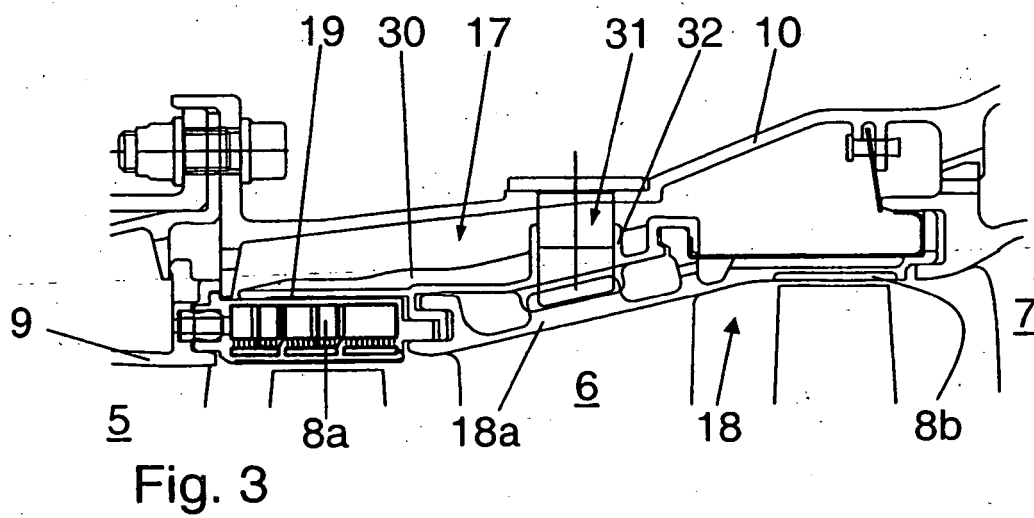
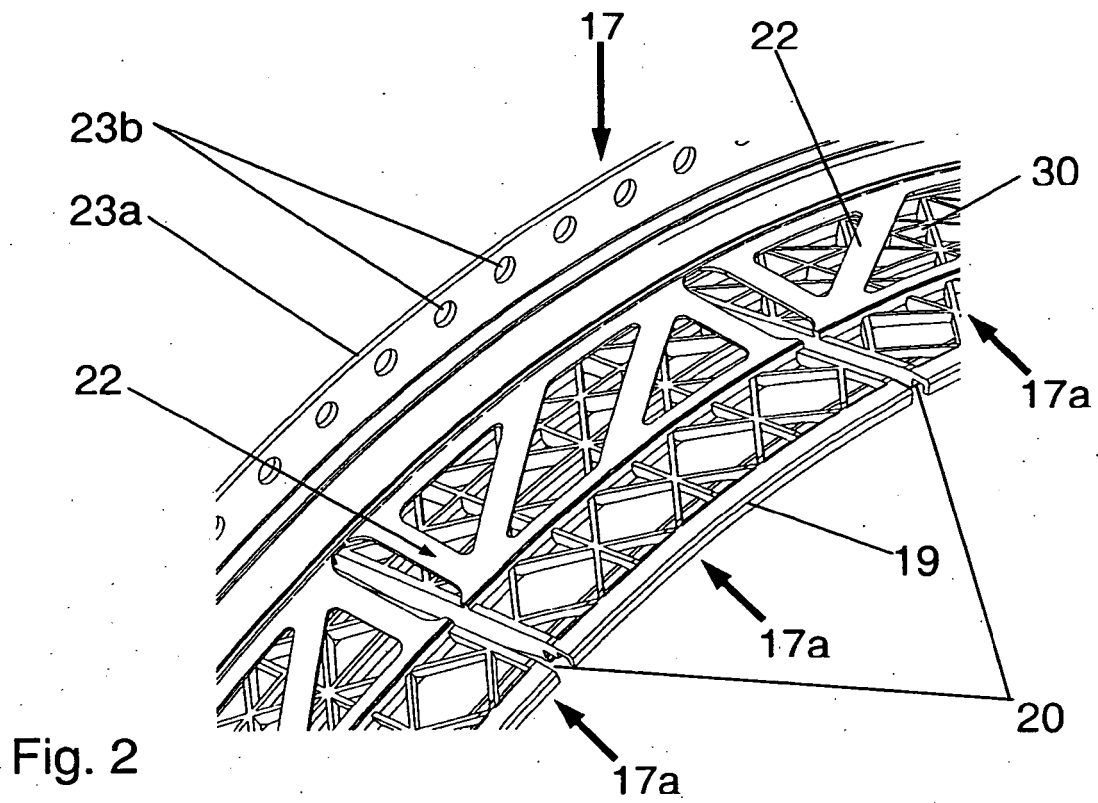


Fig. 1



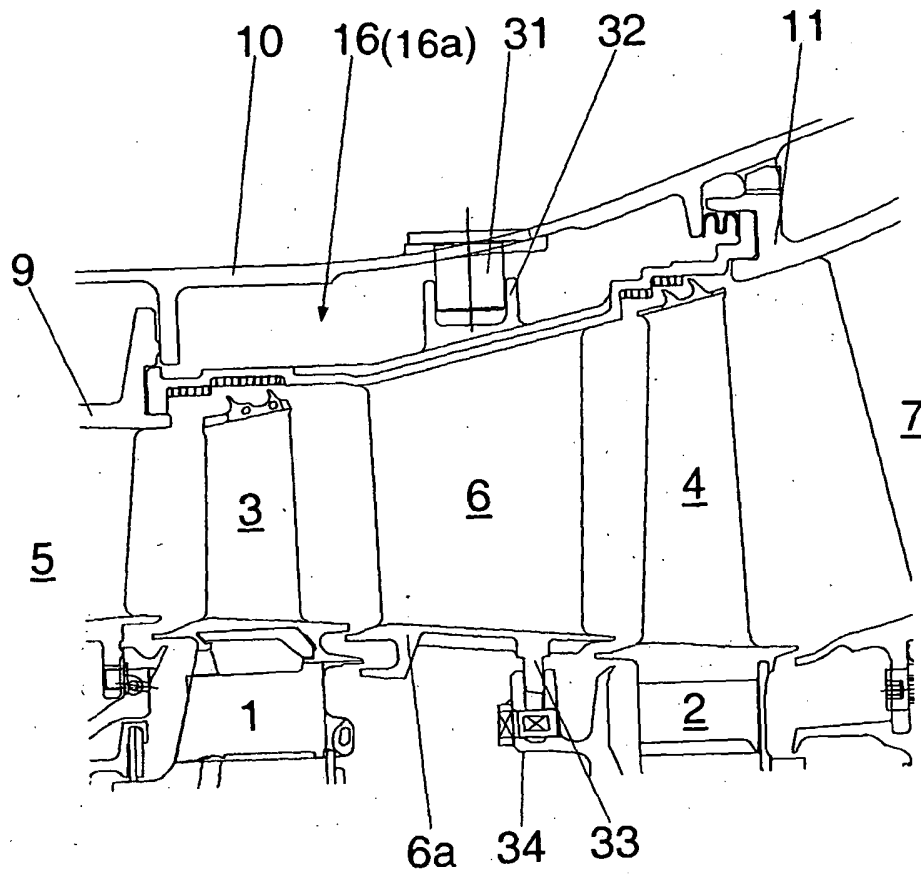


Fig. 4

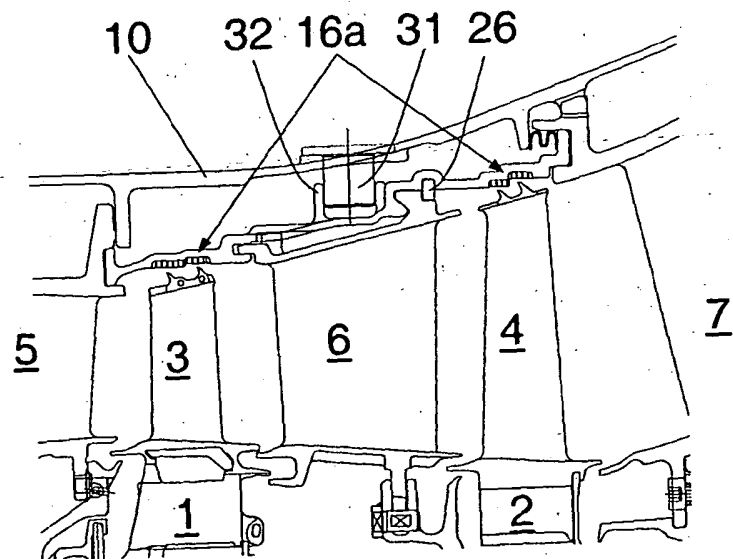


Fig. 5

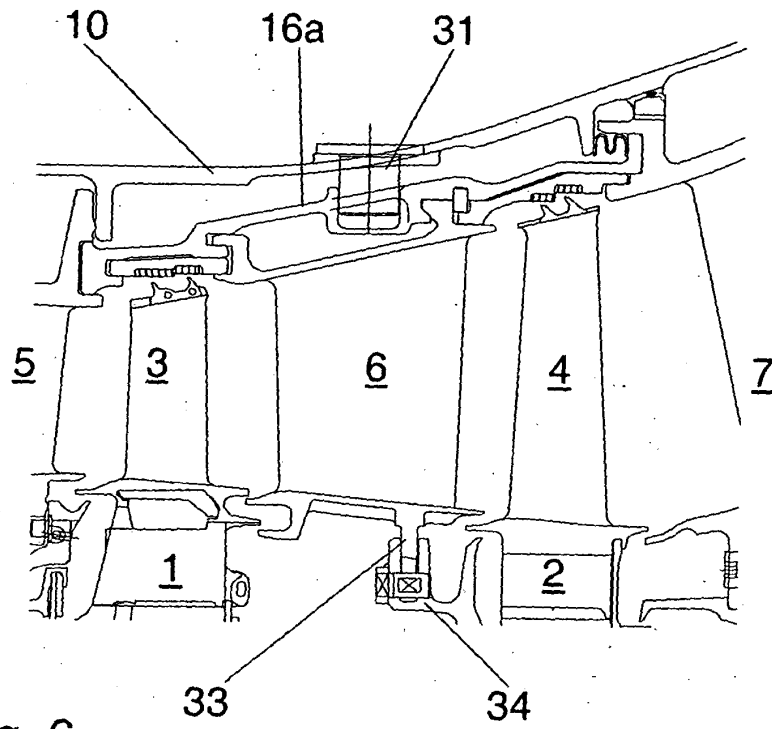


Fig. 6

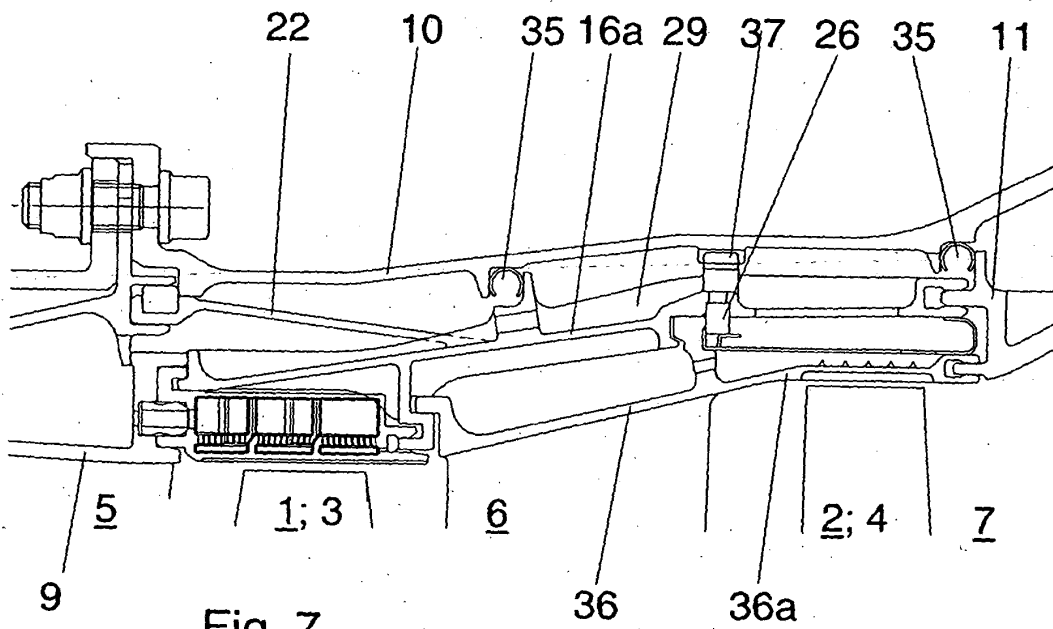


Fig. 7

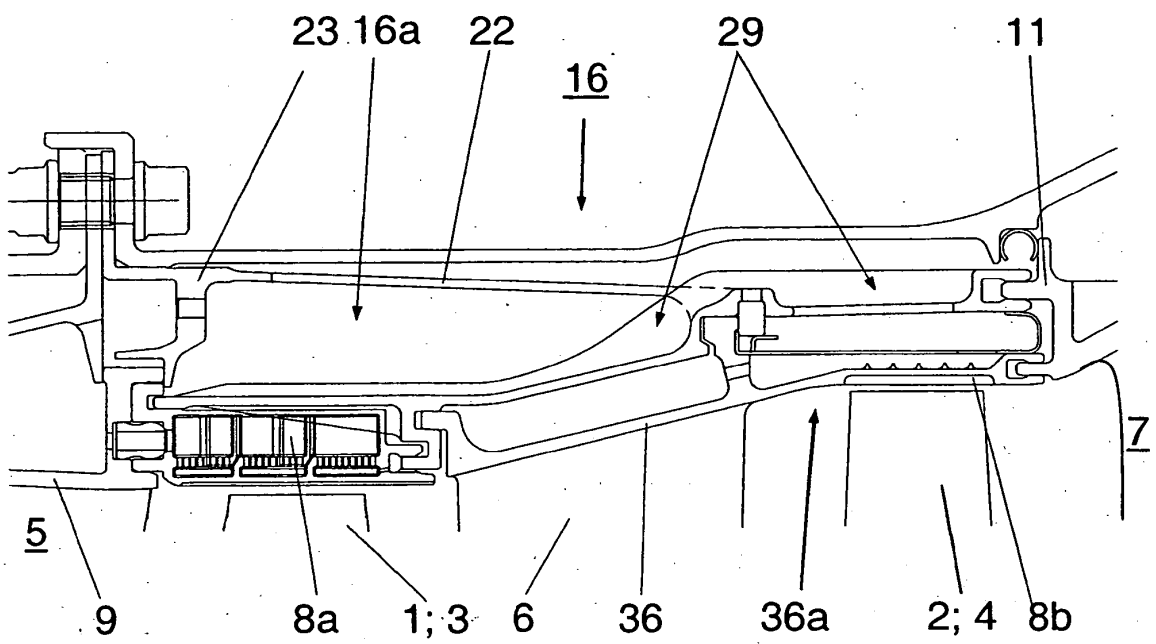


Fig. 8

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 886626 A [0002]
- GB 2226365 A [0002]
- GB 2061396 A [0008] [0020]