

(19)



(11)

EP 2 087 208 B9

(12)

KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(15) Korrekturinformation:

Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)

Korrekturen, siehe

Beschreibung Abschnitt(e) 6

Ansprüche DE 1, 2

(51) Int Cl.:

F01D 11/22 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/DE2007/001946

(48) Corrigendum ausgegeben am:

25.04.2012 Patentblatt 2012/17

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2008/055474 (15.05.2008 Gazette 2008/20)

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des

Hinweises auf die Patenterteilung:

26.01.2011 Patentblatt 2011/04

(21) Anmeldenummer: **07846281.9**

(22) Anmeldetag: **30.10.2007**

(54) **TURBOMASCHINE**

TURBO ENGINE

TURBOMACHINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **09.11.2006 DE 102006052786**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

12.08.2009 Patentblatt 2009/33

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(72) Erfinder: **BÖCK, Alexander**
82288 Kottgeisering (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

FR-A- 2 458 676 GB-A- 2 195 715

JP-A- 58 020 904 JP-A- 62 142 808

US-A- 5 344 284

EP 2 087 208 B9

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus der DE 10 2004 037 955 A1 ist eine Turbomaschine mit einem Stator und einem Rotor bekannt, wobei der Rotor Laufschaufeln und der Stator ein Gehäuse und Leitschaufeln aufweist. Die rotorseitigen Laufschaufeln bilden mindestens einen Laufschaufelkranz, der an einem radial außenliegenden Ende an eine radial innenliegende Gehäusewand des Gehäuses angrenzt, von derselben umgeben ist und mit derselben einen radialen Spalt begrenzt. Die radial innenliegende Gehäusewand des Gehäuses wird auch als Innenring bzw. Mantelring bezeichnet und dient insbesondere als Träger für einen Einlaufbelag. Aus der DE 10 2004 037 955 A1 ist weiterhin bekannt, dass der Spalt zwischen dem Mantelring des Gehäuses und dem radial außenliegenden Ende des oder jedes Laufschaufelkranzes zur Bereitstellung eines sogenannten Active Clearance Control über Stelleinrichtungen in seinem Spaltmaß eingestellt bzw. angepasst werden kann, um so automatisch den Spalt zu beeinflussen und über alle Betriebsbedingungen eine optimale Spalthaltung zu gewährleisten. Dabei ist nach der DE 10 2004 037 955 A1 die radial innenliegende Gehäusewand bzw. der Mantelring in Umfangsrichtung segmentiert, wobei vorzugsweise jedem Segment eine separate Stelleinrichtung zugeordnet ist. Die Stelleinrichtungen sind vorzugsweise als elektro-mechanische Aktuatoren ausgeführt.

[0003] Die DE 101 17 231 A1 offenbart eine Turbomaschine mit einem Stator und einem Rotor, wobei der Spalt zwischen radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln und der radial innenliegenden Gehäusewand mit Hilfe einer pneumatischen, also druckluftbetriebenen, Aktuatoreinheit eines Rotorspalt-Steuermoduls eingestellt werden kann. Die pneumatische Aktuatoreinheit des dort offenbarten Rotorspalt-Steuermoduls verfügt über eine Aktuatorkammer, eine Druckkammer und die Aktuatorkammer sowie die Druckkammer verbindende Ventile, wobei abhängig von dem in der Aktuatorkammer herrschenden Druck Dichtelemente des Rotorspalt-Steuermoduls aufgeblasen werden, um so im Sinne eines pneumatischen Active Clearance Control das Spaltmaß des Spalts zwischen radial außenliegenden Enden von Laufschaufeln und dem Mantelring des Gehäuses einzustellen bzw. anzupassen.

[0004] Die DE 29 22 835 C2 und die US 5,211,534 offenbaren weitere Turbomaschinen mit einem pneumatischen bzw. druckluftbetriebenen Active Clearance Control.

[0005] So verfügt die Turbomaschine gemäß DE 29 22 835 C2 über einen Stator und einen Rotor, wobei der Spalt zwischen radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln und einem Innenring bzw. Mantelring einer Gehäusewand pneumatisch eingestellt werden kann. Hierzu ist der Mantelring über nachgiebige Seitenwände mit

einem Stützring verbunden, wobei der Mantelring, der Stützring und die Seitenwände eine faltenbalgartige Struktur bilden. Durch Einstellung des Drucks in einem von der faltenbalgartigen Struktur definierten Hohlraum kann der Spalt zwischen radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln und dem Mantelring eingestellt werden. Dabei sind nach der DE 29 22 835 C2 die nachgiebigen Seitenwände mehrfach gewölbt. Die Seitenwände sind nach der DE 29 22 835 C2 demnach in Axialrichtung gesehen abschnittsweise nach innen in den Hohlraum hinein und abschnittsweise nach außen aus dem Hohlraum heraus gewölbt.

[0006] Das Dokument US-A- 5 344 284 schützt ein pneumatisches Active Clearance Control System mit einem steifen, blechartigen, über den Umfang mehrfach segmentierten Anstreifbelag, wobei jedes Belagsegment über einen separaten, flexiblen, gummiartigen Balg radial beweglich ist. Im Axialschnitt weist der Balg am stromaufwärtigen und stromabwärtigen Ende einfach in den Hohlraum des Balges hinein gewölbte Wände auf. Vom Scheitelpunkt der Wölbung bis zum radial inneren Ende der Balgwand ist eine abdichtende Überlappung der Balgwand mit einem radial nach Außen vorstehenden Rand des steifen Anstreifbelags vorhanden. In diesem Bereich ist die Balgwand in axialer Richtung nach Außen nicht oder nur stark eingeschränkt beweglich. Die Struktur nach US-A-5 344 284 ist ein sogenannter Verbund bestehend aus Balgen und Mantelring ohne Verbindung zu benachbarten Leitschaufelkranzen.

[0007] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Turbomaschine mit einem pneumatischen Active Clearance Control zu schaffen.

[0008] Dieses Problem wird durch eine Turbomaschine gemäß Anspruch 1 gelöst. In bekannter Weise ist im Bereich der oder jeder faltenbalgartigen Struktur jede den Mantelring mit dem Stützring verbindende Wand in Axialrichtung gesehen ausschließlich einfach nach innen in den jeweiligen Hohlraum hinein gewölbt. Erfindungsgemäß ist jede gewölbte Wand nach Art eines Kniehebels ausgeführt, wobei die Wandabschnitte einen stumpfen Winkel von größer als 90° einschließen und zur Aufnahme von Druckkräften geeignet sind.

[0009] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch statorseitige Baugruppen einer erfindungsgemäßen Turbomaschine; und

Fig. 2 eine schematisierte Darstellung einer faltenbalgartigen Struktur der Turbomaschine gemäß Fig. 1.

[0010] Fig. 1 zeigt einen ausschnittweisen Querschnitt durch einen Stator eines Verdichters 10 einer Turboma-

schine, wobei der Stator ein Gehäuse 11 sowie mehrere feststehende Leitschaufeln 12 umfasst. Die statorseitigen Leitschaufeln 12 bilden sogenannte Leitschaufelkränze, die in Axialrichtung gesehen hintereinander angeordnet sind. In Fig. 1 sind insgesamt vier feststehende, statorseitige Leitschaufelkränze 13, 14, 15 und 16 gezeigt.

[0011] Neben dem Stator umfasst der Verdichter 10 einen in Fig. 1 nicht dargestellten Rotor, wobei der Rotor von mehreren in axialer Richtung hintereinander angeordneten, nicht dargestellten Rotorscheiben gebildet ist, wobei jede Rotorscheibe in Umfangsrichtung nebeneinander mehrere, ebenfalls nicht dargestellte Laufschaufeln trägt. Die einer Rotorscheibe zugeordneten, in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Laufschaufeln bilden sogenannte Laufschaufelkränze, wobei zwischen jeweils zwei benachbarten Leitschaufelkränzen 13 und 14, 14 und 15 sowie 15 und 16 jeweils ein nicht dargestellter Laufschaufelkranz angeordnet ist.

[0012] Das Gehäuse 11 des Stators des Verdichters 10 umfasst eine radial innenliegende Gehäusewand, wobei die radial innenliegende Gehäusewand im Bereich jedes rotorseitigen, in Fig. 1 nicht gezeigten Laufschaufelkranzes einen sogenannten Innenring bzw. Mantelring 17 bildet und den jeweiligen Laufschaufelkranz radial außen umschließt. Neben den Mantelringen 17 der radial innenliegenden Gehäusewand umfasst das Gehäuse 11 weiterhin eine radial außenliegende Gehäusewand 18.

[0013] Wie bereits ausgeführt, bildet die radial innenliegende Gehäusewand im Bereich jedes nicht-dargestellten, rotorseitigen Laufschaufelkranzes einen sogenannten Mantelring 17, der den Laufschaufelkranz radial außen umschließt. Zwischen den radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln eines jeden Laufschaufelkranzes und dem jeweiligen Mantelring 17 ist dabei ein radialer Spalt ausgebildet, der während des Betriebs des Verdichters erheblichen Veränderungen unterliegt, da einerseits die Laufschaufeln und die jeweiligen Mantelringe ein unterschiedliches thermisches Verhalten aufweisen und da andererseits die Laufschaufeln aufgrund der im Betrieb wirkenden Fliehkräfte bzw. Zentrifugalkräfte einer Längenänderung unterliegen.

[0014] Die Einhaltung definierter Abmessungen des jeweiligen Spalts zwischen den radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln eines Laufschaufelkranzes und dem jeweiligen Mantelring 17 bereitet während des Betriebs erhebliche Schwierigkeiten, ist jedoch zur Optimierung des Wirkungsgrads von entscheidender Bedeutung.

[0015] Die hier vorliegende Erfindung betrifft nun solche Details, mit Hilfe derer radiale Spalte zwischen radial außenliegenden Enden von Laufschaufelkränzen und dem jeweiligen Mantelring 17 exakt eingehalten werden können.

[0016] Gemäß Fig. 1 sind die Mantelringe 17, die sich zwischen den Leitschaufelkränzen 13 und 14 sowie 15 und 16 erstrecken, über gewölbte sowie elastisch nachgiebige Wände 19 mit einem Stützring 20 verbunden,

wobei der jeweilige Stützring 20 zwischen dem jeweiligen Mantelring 17 und der radial außenliegenden Gehäusewand 18 angeordnet ist. Der jeweilige Mantelring 17, der Stützring 20 sowie die sich zwischen den jeweiligen Mantelring 17 und dem jeweiligen Stützring 20 erstreckenden, gewölbten Wände 19 bilden jeweils eine faltenbalgähnliche Struktur 21, die einen Hohlraum 22 aufweist. Die jeweilige faltenbalgähnliche Struktur 21 und damit der Hohlraum 22 umgibt in Umfangsrichtung gesehen vollständig und damit geschlossen den jeweiligen Laufschaufelkranz.

[0017] Durch Veränderung eines im jeweiligen Hohlraum 22 der faltenbalgähnlichen Struktur 21 herrschenden Drucks ist der Spalt zwischen dem jeweiligen Mantelring 17 und dem radial außenliegenden Ende des jeweiligen Laufschaufelkranzes pneumatisch einstellbar. Bei einer Druckerhöhung im Hohlraum 22 der jeweiligen faltenbalgähnlichen Struktur 21 kann der jeweilige, radial innenliegende Mantelring 17 nach radial innen und der jeweilige, radial außenliegende Stützring 20 nach radial außen gedrückt werden. Durch eine Druckreduzierung im Hohlraum 22 der jeweiligen faltenbalgähnlichen Struktur 21 kann eine entgegengesetzte Verformung der jeweiligen faltenbalgähnlichen Struktur 21 realisiert werden.

[0018] Im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 sind die gewölbten, elastisch nachgiebigen Wände 19 der faltenbalgähnlichen Strukturen 21 in Axialrichtung gesehen ausschließlich einfach nach innen in den jeweiligen Hohlraum 22 hinein gewölbt. Im Bereich eines Scheitelpunkts der Wölbung schließen Wandabschnitte der jeweiligen Wand 19 einen relativ stumpfen Winkel α von größer als 90° ein. Dies wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 2, die eine schematisierte Darstellung einer faltenbalgähnlichen Struktur 21 zeigt, beschrieben.

[0019] So zeigt Fig. 2, dass im Bereich eines Scheitelpunkts 29 der Wölbung die Wandabschnitte der jeweiligen Wand 19 einen stumpfen Winkel α einschließen. Bei derart gewölbten Wänden 19 überlagern sich bei einer Druckerhöhung im entsprechenden Hohlraum 22 der jeweiligen faltenbalgähnlichen Struktur 21 zwei Effekte.

[0020] Erstens werden bedingt durch die Druckerhöhung im Hohlraum 22 der jeweilige Mantelring 17 sowie der jeweilige Stützring 20 unmittelbar in Radialrichtung gesehen auseinander gedrückt. Zweitens wird dieses radiale Auseinanderdrücken des jeweiligen Mantelrings 17 und Stützrings 20 durch einen kniehebelartigen Effekt der gewölbten Wände 19 unterstützt bzw. zumindest nicht behindert. Dabei sind die gewölbten Wände 19 im Wesentlichen ausschließlich Druckkräften ausgesetzt.

[0021] Gemäß Fig. 1 und 2 weist die jeweilige faltenbalgartige Struktur 21 eine größere Radialer Streckung als Axialer Streckung auf. Vorzugsweise weisen die Wände 19 der jeweiligen faltenbalgartigen Struktur 21 eine größere Radialer Streckung als Axialer Streckung aufweisen.

[0022] Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 verfügen die gewölbten Wände 19 jeder faltenbalgähn-

lichen Strukturen 21 in Radialrichtung gesehen über eine in etwa konstante Wandstärke. Im Unterschied hierzu ist es auch möglich, dass die gewölbten Wände 19 in Radialrichtung gesehen eine veränderliche Wandstärke aufweisen.

[0023] Wie ebenfalls Fig. 1 entnommen werden kann, weist der radial innenliegende Mantelring 17 jeder faltenbalgähnlichen Struktur 21 eine geringere Wandstärke auf als der jeweilige radial außenliegende Stützring 20. Der Stützring 20 einer jeden faltenbalgähnlichen Struktur 21 ist demnach mit einer dickeren Wandstärke ausgeführt als der jeweilige Mantelring 17. Hierdurch wird gewährleistet, dass durch Veränderung des im jeweiligen Hohlraum 22 herrschenden Drucks bewirkte Verformungen der faltenbalgähnlichen Struktur 21 in erster Linie auf den Mantelring 17 wirken.

[0024] Fig. 1 kann weiterhin entnommen werden, dass der Mantelring 17 einer jeden faltenbalgähnlichen Struktur 21 in einem in Axialrichtung gesehen mittleren Bereich eine nach radial außen gewölbte, in den jeweiligen Hohlraum 22 hineinragende Kontur 23 aufweist.

[0025] Hierdurch wird erzielt, dass bei einer Verformung des Mantelrings 17 infolge einer Druckänderung im Hohlraum 22 der jeweiligen faltenbalgähnlichen Struktur 21 eine äußere Kontur 28 des Mantelrings 17 in Radialrichtung gesehen im Wesentlichen ausschließlich parallel verschoben wird, so dass ein Spalt zwischen dem Mantelring 17 und dem Laufschaufelkranz exakt eingestellt werden kann.

[0026] Jeder faltenbalgähnlichen Struktur 21 ist jeweils mindestens eine Druckluftleitung 24 zugeordnet, um in den jeweiligen Hohlraum 22 der jeweiligen faltenbalgähnlichen Struktur 21 entweder Druckluft einzuleiten bzw. aus demselben Druckluft abzuleiten. Aus Gründen einer einfacheren Darstellung zeigt Fig. 1 eine derartige Druckluftleitung 24 ausschließlich für die in Axialrichtung gesehen zwischen den beiden Leitschaufelkränzen 13 und 14 positionierte faltenbalgähnliche Struktur 21. Jeder faltenbalgähnlichen Struktur 21 ist mindestens eine derartige Druckluftleitungen 24 zugeordnet. Je mehr derartige Druckluftleitungen 24 pro faltenbalgähnlicher Struktur 21 vorhanden sind, desto schneller kann Druckluft in den jeweiligen Hohlraum 24 eingeleitet bzw. aus demselben abgeleitet werden.

[0027] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist zwischen den beiden Leitschaufelkränzen 13 und 14 sowie zwischen den beiden Leitschaufelkränzen 15 und 16 jeweils eine faltenbalgähnliche Struktur 21 angeordnet, zwischen den beiden Leitschaufelkränzen 14 und 15 ist hingegen keine derartige faltenbalgähnliche Struktur vorhanden. Vielmehr ist gemäß Fig. 1 zwischen den beiden Leitschaufelkränzen 14 und 15 und damit im Bereich eines zwischen denselben angeordneten Laufschaufelkranzes eine Sensoreinheit 25 angeordnet.

[0028] Mit der Sensoreinheit 25 kann zumindest die radiale Abmessung des Spalts zwischen dem entsprechenden Laufschaufelkranz und dem diesen Laufschaufelkranz umgebenden Mantelring 17 vermessen werden.

Über eine Signalleitung 26 übermittelt die Sensoreinheit 25 einen entsprechenden Istwert an eine nicht dargestellte Regeleinrichtung, wobei die Regeleinrichtung den Istwert mit einem Sollwert vergleicht und abhängig hiervon den in den Hohlräumen 22 der faltenbalgartigen Strukturen 21 herrschenden Druck derart einstellt, dass sich der Istwert dem Sollwert annähert.

[0029] Dabei kann vorgesehen sein, dass die Druckluftzufuhr in die Hohlräume 22 bzw. die Druckluftabfuhr aus den Hohlräumen 22 der faltenbalgartigen Strukturen 21 über individuelle Ventile einstellbar ist, um so den in den Hohlräumen 22 der beiden faltenbalgartigen Strukturen 21 herrschenden Druck individuell einzustellen und so jeweils die Abmessung des radialen Spalts zwischen dem Mantelring 17 und dem entsprechenden Laufschaufelkranz anhängig von der jeweiligen Radialer Streckung des Laufschaufelkranzes individuell einzustellen.

[0030] Alternativ kann vorgesehen sein, die Druckluftzufuhr in die Hohlräume 22 der faltenbalgartigen Strukturen 21 bzw. die Druckluftabfuhr aus denselben über ein gemeinsames Ventil einzustellen. Durch unterschiedliche Radialer Streckungen der jeweiligen Laufschaufelkränze des Verdichters 10 erforderliche, unterschiedliche Verformungen der faltenbalgähnlichen Strukturen 21 sind dann durch eine angepasste Wölbung der gewölbten Wände 19 und/oder eine angepasste Wandstärke der gewölbten Wände 19 und/oder durch eine angepasste radiale Erstreckung der faltenbalgähnlichen Strukturen 21 erzielbar.

[0031] Gemäß Fig. 1 sind die beiden faltenbalgähnlichen Strukturen 21 jeweils durch sich in Radialrichtung erstreckende Trennebenen in Axialrichtung geteilt, wobei bei der Fertigung die beiden Axialhälften der faltenbalgähnlichen Strukturen 21 miteinander verschweißt werden. Alternativ ist es auch möglich, die faltenbalgähnlichen Strukturen in Radialrichtung zu teilen.

[0032] Gemäß Fig. 1 und 2 ist im Bereich jeder faltenbalgartigen Struktur 21 jede Wand 19 in Axialrichtung gesehen ausschließlich einfach nach innen in den jeweiligen Hohlraum 22 hinein gewölbt.

[0033] Die faltenbalgartige Struktur 30 gemäß Fig. 3 weist eine größere Axialer Streckung als Radialer Streckung auf, insbesondere weisen die Wände 19 der faltenbalgartigen Struktur 30 eine größere Axialer Streckung als Radialer Streckung auf.

Patentansprüche

1. Turbomaschine mit einem Stator und einem Rotor, wobei der Rotor Laufschaufeln und der Stator ein Gehäuse (11) und Leitschaufeln (12) aufweist, wobei die rotorseitigen Laufschaufeln mindestens einen Laufschaufelkranz bilden, wobei der oder jeder Laufschaufelkranz an einem radial außenliegenden Ende an einen statorseitigen Innenring bzw. Mantelring (17) des Gehäuses (11) angrenzt, von demselben umgeben ist und mit demselben einen Spalt be-

- grenzt, wobei der jeweilige Mantelring (17) mit einem Stützring (20) über gewölbte Wände (19) verbunden ist, die zusammen mit dem Mantelring (17) und dem Stützring (20) einen Hohlraum (22) begrenzen und eine faltenbalgartige Struktur (21) bilden, wobei durch Veränderung eines in dem Hohlraum (22) der jeweiligen faltenbalgartigen Struktur (21) herrschenden Drucks der Spalt zwischen dem Mantelring (17) und dem radial außenliegenden Ende des jeweiligen Laufschaufelkranzes pneumatisch einstellbar ist, und wobei im Bereich der oder jeder faltenbalgartigen Struktur (21) jede Wand (19) in Axialrichtung gesehen ausschließlich einfach nach innen in den jeweiligen Hohlraum (22) hinein gewölbt ist, wobei jede Wand (19) vor Einwirken eines Überdrucks gegenüber der Umgebung nach Art eines Kniehebels ausgeführt ist, wobei im Bereich eines Scheitelpunkts (29) der Wölbung Wandabschnitte der jeweiligen Wand (19) einen stumpfen Winkel von größer als 90° einschließen und wobei die Wandabschnitte zur Aufnahme von Druckkräften geeignet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mantelring (17) zusammen mit dem Stützring (20) und den gewölbten Wänden (19) ein, in einem axial-radialen Schnitt, Integralgebilde darstellen welches auf mindestens einer Seite im Bereich des Mantelrings mit einem Leitschaufelkranz formschlüssig verbunden ist.
2. Turbomaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wände (19) eine konstante Wandstärke aufweisen.
3. Turbomaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wände in Radialrichtung gesehen eine veränderliche Wandstärke aufweisen.
4. Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der oder jeder faltenbalgartigen Struktur (21) der Mantelring (17) eine geringere Wandstärke aufweist als der Stützring (20).
5. Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der oder jeder faltenbalgartigen Struktur (21) der Mantelring (17) in einem in Axialrichtung gesehen mittleren Bereich eine in den Hohlraum (22) hinein gewölbte Kontur (23) aufweist.
6. Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder jeder faltenbalgartigen Struktur jeweils mindestens eine Druckluftleitung (24) zugeordnet ist, um Druckluft in den jeweiligen Hohlraum (22) einzuleiten bzw. aus demselben abzuleiten.
7. Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Laufschaufelkränzen jeweils eine faltenbalgartige Struktur (21) zugeordnet ist, und dass zwischen den beiden Laufschaufelkränzen, denen jeweils eine faltenbalgartige Struktur (21) zugeordnet ist, mindestens ein Laufschaufelkranz angeordnet ist, dem eine Sensoreinheit (25) zugeordnet ist, wobei die oder jede Sensoreinheit (25) die radiale Abmessung des Spalts im Bereich des jeweiligen Laufschaufelkranzes vermisst und einen entsprechenden Istwert an eine Regeleinrichtung übermittelt, und wobei die Regeleinrichtung den Istwert mit einem Sollwert vergleicht und abhängig hiervon den in den Hohlräumen (22) der jeweiligen faltenbalgartigen Strukturen (21) herrschenden Druck derart einstellt, dass sich der Istwert dem Sollwert annähert.
8. Turbomaschine nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckluftzufuhr in die Hohlräume (22) bzw. die Druckluftabfuhr aus den Hohlräumen (22) über ein gemeinsames Ventil einstellbar ist, wobei durch unterschiedliche Radialerstreckungen der jeweiligen Laufschaufelkränze erforderliche, unterschiedliche Verformungen der faltenbalgartigen Strukturen (21) durch eine angepasste Wölbung und/oder angepasste Wandstärke der gewölbten Wände der jeweiligen faltenbalgartigen Strukturen (21) erzielbar sind.
9. Turbomaschine nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckluftzufuhr in die Hohlräume (22) bzw. die Druckluftabfuhr aus den Hohlräumen (22) über individuelle Ventile einstellbar ist, wobei durch unterschiedliche Radialerstreckungen der jeweiligen Laufschaufelkränze erforderliche, unterschiedliche Verformungen der faltenbalgartigen Strukturen (21) durch eine individuelle Druckluftzufuhr bzw. Druckluftabfuhr erzielbar sind.

45 Claims

1. A turbo-engine having a stator and a rotor, wherein the rotor has rotor blades and the stator has a housing (11) and guide vanes (12), wherein the rotor blades on the rotor side form at least one rotor-blade ring, wherein the or each rotor-blade ring at a radially external end adjoins an inner ring or jacket ring (17) of the housing (11) on the stator side, is surrounded by the same and delimits a gap with the same, wherein the respective jacket ring (17) is connected to a support ring (20) by way of curved walls (19) which together with the jacket ring (17) and the support ring (20) delimit a cavity (22) and form a bellows-like

structure (21), wherein by changing a pressure that prevails in the cavity (22) of the respective bellows-like structure (21) it is possible to adjust pneumatically the gap between the jacket ring (17) and the radially external end of the respective rotor-blade ring, and wherein in the region of the or each bellows-like structure (21) each wall (19), viewed in the axial direction, is curved only once inwards into the respective cavity (22), wherein each wall (19) is constructed in the manner of a toggle lever against action of an excess pressure with respect to the environment, wherein in the region of a vertex (29) of the curvature wall sections of the respective wall (19) enclose an obtuse angle of more than 90°, and wherein the wall sections are suitable for taking up pressure forces,

characterised in that

the jacket ring (17) together with the support ring (20) and the curved walls (19) present, in an axial-radial section, an integral formation which is connected to a guide-vane ring in a form-locking manner on at least one side in the region of the jacket ring.

2. A turbo-engine according to claim 1, **characterised in that** the walls (19) have a constant wall thickness.
3. A turbo-engine according to claim 1, **characterised in that** the walls have a variable wall thickness, viewed in the radial direction.
4. A turbo-engine according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** in the region of the or each bellows-like structure (21) the jacket ring (17) has a smaller wall thickness than the support ring (20).
5. A turbo-engine according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** in the region of the or each bellows-like structure (21) the jacket ring (17) has in a central region, viewed in the axial direction, a contour (23) that is curved into the cavity (22).
6. A turbo-engine according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** associated with the or each bellows-like structure there is in each case at least one compressed-air line (24) in order to introduce compressed air into the respective cavity (22) or to divert it out of the cavity.
7. A turbo-engine according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** associated with at least two rotor-blade rings there is a respective bellows-like structure (21), and **in that** arranged between the two rotor-blade rings, with

which a respective bellows-like structure (21) is associated, there is at least one rotor-blade ring with which a sensor unit (25) is associated, wherein the or each sensor unit (25) measures the radial dimension of the gap in the region of the respective rotor-blade ring and transmits a corresponding actual value to a regulating device, and wherein the regulating device compares the actual value with a desired value and as a function thereof adjusts the pressure that prevails in the cavities (22) of the respective bellows-like structures (21) in such a way that the actual value approximates the desired value.

8. A turbo-engine according to claim 7, **characterised in that** the compressed-air supply into the cavities (22) or the compressed-air removal from the cavities (22) can be adjusted by way of a common valve, wherein, as a result of differing radial extents of the respective rotor-blade rings, necessary different deformations of the bellows-like structures (21) can be attained by means of an adapted curvature and/or adapted wall thickness of the curved walls of the respective bellows-like structures (21).
9. A turbo-engine according to claim 7, **characterised in that** the compressed-air supply into the cavities (22) or the compressed-air removal from the cavities (22) can be adjusted by way of individual valves, wherein, as a result of differing radial extents of the respective rotor-blade rings, necessary different deformations of the bellows-like structures (21) can be attained by means of an individual compressed-air supply or compressed-air removal.

Revendications

1. Turbomachine avec un stator et un rotor, le rotor comportant des aubes mobiles et le stator comportant un carter (11) et des aubes directrices (12), les aubes mobiles du côté rotor formant au moins une couronne d'aubes mobiles, la ou chaque couronne d'aubes mobiles étant adjacente avec une extrémité radialement extérieure à un anneau intérieur ou frette (17), du côté stator, du carter (11), étant entourée par celui-ci et délimitant avec celui-ci une fente, la frette (17) respective étant reliée à une couronne d'appui (20) par l'intermédiaire de parois (19) cintrées qui, conjointement avec la frette (17) et la couronne d'appui (20), délimitent une cavité (22) et forment une structure (21) du type soufflet, la fente entre la frette (17) et l'extrémité radialement extérieure de la couronne d'aubes mobiles respective pouvant être réglée par voie pneumatique sous l'effet de la variation d'une pression régnant dans la cavité (22) de la structure (21) de type soufflet respective, et

- chaque paroi dans la zone de la ou de chaque structure (21) de type soufflet étant, vue dans la direction axiale, cintrée exclusivement une fois vers l'intérieur de la cavité (22) respective, sachant que chaque paroi (19), avant l'action d'une surpression par rapport à l'environnement, est réalisée à la manière d'un levier coudé, sachant que dans la zone d'un sommet (29) du cintrage, des parties de la paroi (19) respective forment un angle obtus de plus de 90° et les parties de paroi étant aptes à absorber des forces de pression, **caractérisée en ce que** la frette (17), conjointement avec la couronne d'appui (20) et les parois cintrées (19) constituent, dans une coupe axiale-radiale, une entité intégrale qui est assemblée par conjugaison de forme, sur au moins un côté dans la zone de la frette, avec une couronne d'aubes directrices.
2. Turbomachine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les parois (19) ont une épaisseur constante. 20
 3. Turbomachine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les parois, vues dans la direction radiale, ont une épaisseur variable. 25
 4. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** dans la zone de la ou de chaque structure (21) de type soufflet, la frette (17) a une épaisseur de paroi inférieure à celle de la couronne d'appui (20). 30
 5. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** dans la zone de la ou de chaque structure (21) de type soufflet, la frette (17), dans une zone médiane vue dans la direction axiale, possède un contour (23) cintré vers l'intérieur de la cavité (22). 35
 6. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce qu'à** la ou à chaque structure de type soufflet est associée dans chaque cas au moins une conduite d'air comprimé (24), pour introduire l'air comprimé dans la cavité (22) respective et pour l'évacuer hors de celle-ci. 40 45
 7. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que**, dans chaque cas, une structure (21) de type soufflet est associée à au moins deux couronnes d'aubes mobiles, et **en ce qu'entre** les deux couronnes d'aubes mobiles, auxquelles est associée respectivement une structure (21) de type soufflet, est agencée au moins une couronne d'aubes mobiles à laquelle est associée une unité de détection (25), la ou chaque unité de détection (25) mesurant la dimension radiale de la fente dans la zone de la couronne d'aubes mobiles respective et transmettant une valeur réelle correspondante à un dispositif de réglage, et ledit dispositif de réglage comparant la valeur réelle à une valeur de consigne et réglant, en fonction de cela, la pression qui règne dans les cavités (22) de la structure (21) de type soufflet respective, de telle sorte que la valeur réelle s'approche de la valeur de consigne. 50
 8. Turbomachine selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** l'admission d'air comprimé dans les cavités (22) et l'évacuation de l'air comprimé hors des cavités (22) peuvent être réglées par l'intermédiaire d'une vanne commune, sachant que différentes déformations des structures (21) de type soufflet, nécessaires en raison des différentes dimensions radiales des couronnes d'aubes mobiles respectives, peuvent être obtenues par un cintrage adapté et/ou une épaisseur de paroi adaptée des parois cintrées des structures (21) de type soufflet respectives. 55
 9. Turbomachine selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** l'admission d'air comprimé dans les cavités (22) et l'évacuation de l'air comprimé hors des cavités (22) peuvent être réglées par l'intermédiaire de vannes individuelles, sachant que différentes déformations des structures (21) de type soufflet, nécessaires en raison des différentes dimensions radiales des couronnes d'aubes mobiles respectives, peuvent être obtenues par une admission individuelle d'air comprimé ou une évacuation individuelle d'air comprimé.

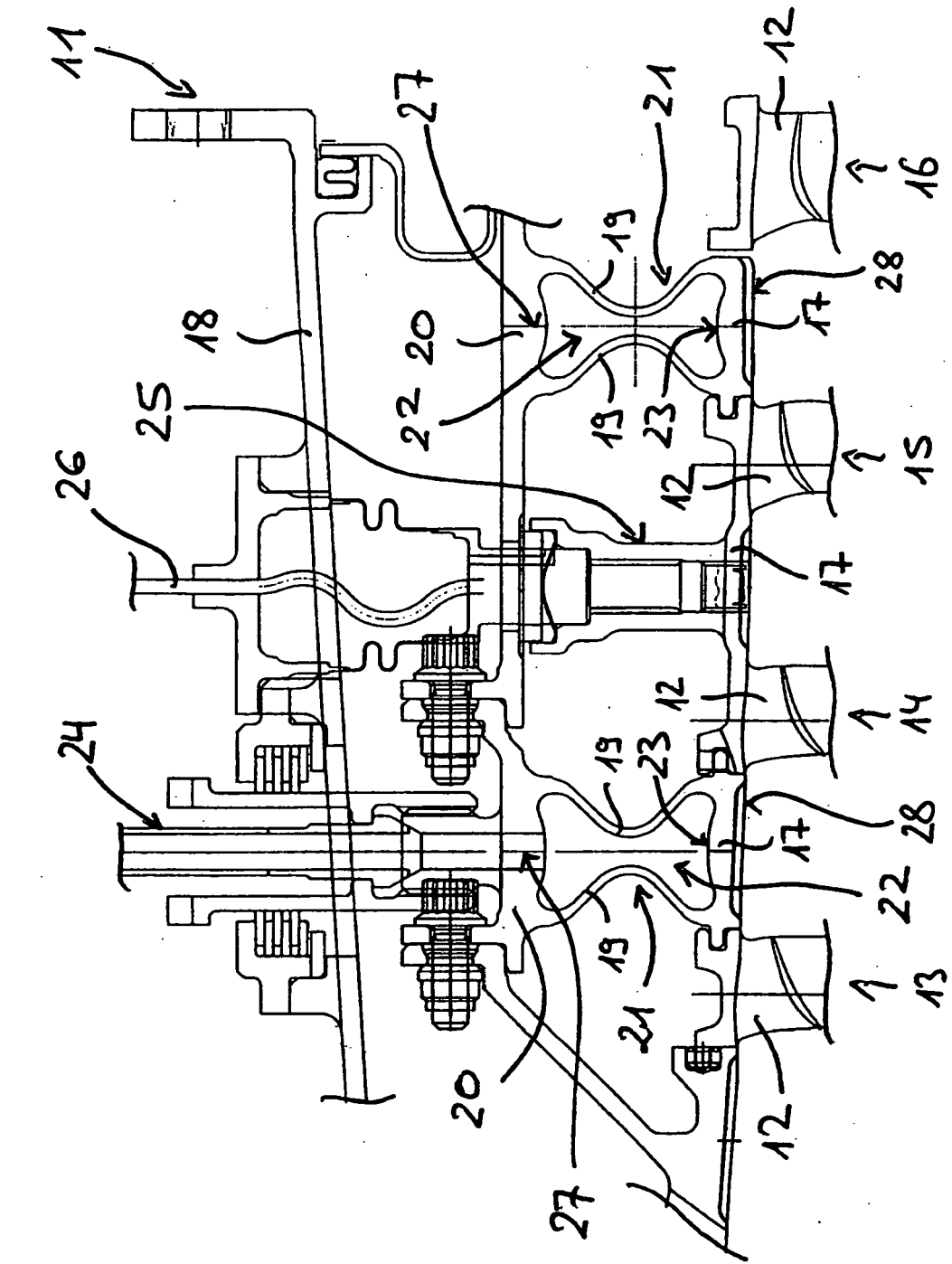
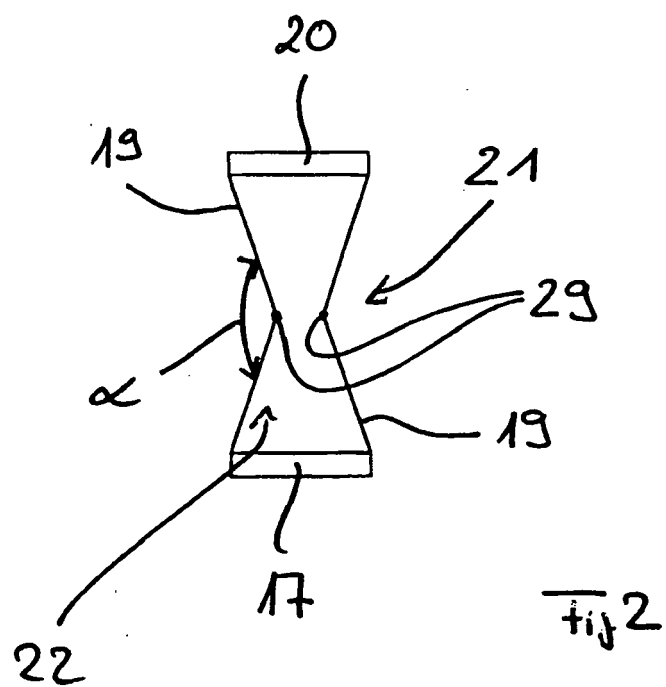


Fig. 1



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

- DE 102004037955 A1 [0002]
- DE 10117231 A1 [0003]
- DE 2922835 C2 [0004] [0005]
- US 5211534 A [0004]
- US 5344284 A [0006]