



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 010 562 T2 2008.04.30**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 467 066 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 010 562.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 251 632.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.03.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.10.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F01D 11/00 (2006.01)**

F01D 11/08 (2006.01)

F01D 11/14 (2006.01)

F01D 11/22 (2006.01)

F16J 15/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0308147 09.04.2003 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Rolls-Royce plc, London, GB

(72) Erfinder:

**Webster, John Richard, Derby DE23 6AF, GB;
Razzell, Anthony Gordon, Aston on Trent, Derby
DE72 2BA, GB; Brown, Philip David, Oakwood,
Derby DE21 2BW, GB**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Wallach, Koch & Partner, 80339
München**

(54) Bezeichnung: **Gewellte Dichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Dichtung, und insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Dichtung für relativ zueinander bewegliche Teile, beispielsweise auf eine Rotor-Laufschaufelspitzendichtung für einen Fan, für einen Kompressor oder für eine Turbine eines Gasturbinentriebwerks.

[0002] Die Leistungsfähigkeit von Axialströmungskompressoren und/oder Axialströmungsturbinen wird durch den Zwischenraum begrenzt, der zwischen den Laufschaufelspitzen und dem Gehäuse vorhanden ist.

[0003] Üblicherweise ist eine abschleifbare Auskleidung auf der inneren Oberfläche des Gehäuses oder auf der inneren Oberfläche mehrerer in Umfangsrichtung angeordneter Deckbandsegmente angeordnet. Die abschleifbare Auskleidung nutzt sich während des anfänglichen Laufs des Triebwerks ab, um einen minimalen Zwischenraum zwischen den Laufschaufelspitzen und dem Gehäuse oder den Deckbandsegmenten zu erzeugen. Bei maximaler Leistung erfolgt jedoch eine maximale Abnutzung der abschleifbaren Auskleidung, und dies führt zu einem vergrößerten Zwischenraum zwischen den Laufschaufelspitzen und dem Gehäuse oder den Deckbandsegmenten unter anderen Betriebsbedingungen, und demgemäß ergibt sich ein Verlust der Leistungsfähigkeit bei Reiseflugbedingungen.

[0004] Es sind erhebliche Versuche unternommen worden, um diesen Effekt auszuschalten, aber es war nur eine Minimierung möglich und es war nicht möglich, diese Wirkungen zu vermeiden.

[0005] Außerdem besteht die Forderung, dass eine Dichtung rings um den gesamten Umfang des Gehäuses vorhanden ist, und zwar insbesondere bei einem Kompressor, und dies ist nicht möglich in Verbindung mit Deckbandsegmenten, weil dort ein Leckstrom zwischen den in Umfangsrichtung aneinander stoßenden Deckbandsegmenten vorhanden ist. Es besteht auch die Forderung nach sehr steifen Gehäusen, um ihre Rundungen zu erhalten und um damit einen nur kleinen Zwischenraum über den Gesamtumfang des Gehäuses zu gewährleisten.

[0006] Die US2001/0006278A1 beschreibt eine Dichtung für eine rotierende Maschine, bestehend aus ringförmig gestalteten Platten, die axial eine hinter der anderen angeordnet sind, und es sind benachbarte Platten miteinander über jeweilig U-förmig gestaltete Verbindungsbereiche verbunden. Eine Platte ist mit einem stationären Maschinenbauteil verbunden. Eine plattenförmig gestaltete Dichtungsoberfläche ist am anderen Ende vorgesehen und über einen U-förmig gestalteten Verbindungsbereich

verbunden. Die plattenförmig gestaltete Dichtungsoberfläche liegt im Abstand von dem rotierenden Maschinenbauteil. Die plattenförmig gestaltete Dichtungsoberfläche besitzt äußere und innere Dichtungselemente, die sich nach dem rotierenden Maschinenbauteil erstrecken. Es können den Spalt beeinflussende Elemente, nämlich Wirbelbrecher zwischen den äußeren und inneren Dichtungselementen, angeordnet sein und sich zwischen diesen erstrecken.

[0007] Demgemäß liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine neuartige Laufschaufelspitzendichtung zu schaffen, die die oben erwähnten Probleme verringert und vorzugsweise vollständig löst.

[0008] Zur Lösung der gestellten Aufgabe schafft die vorliegende Erfindung eine Dichtung zwischen einem ersten Bauteil und einem zweiten Bauteil, wobei die ersten und zweiten Bauteile relativ zueinander beweglich sind und das zweite Bauteil im Abstand zu dem ersten Bauteil liegt, und wobei ein drittes Bauteil zwischen dem zweiten Bauteil und dem ersten Bauteil angeordnet ist und dieses dritte Bauteil am zweiten Bauteil oder am ersten Bauteil festgelegt ist, und wobei das dritte Bauteil wenigstens eine Wellung in einer Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil und wenigstens eine Wellung in einer Richtung quer zu der Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil aufweist, und wobei eine Auskleidung an dem dritten Bauteil festgelegt ist, die im Abstand von dem ersten Bauteil oder dem zweiten Bauteil liegt, um eine Dichtung zu bilden.

[0009] Vorzugsweise sind mehrere Wellungen im Abstand zueinander in der Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil vorgesehen, und es sind mehrere Wellungen im Abstand zueinander in der Richtung quer zur Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil angeordnet.

[0010] Das erste Bauteil kann ein Rotor sein, und das zweite Bauteil ist ein Stator.

[0011] Das dritte Bauteil kann ein ringförmiger Körper sein, der axial zwischen dem Rotor und dem Stator liegt, wobei der ringförmige Körper an dem zweiten Bauteil festgelegt ist, und der ringförmige Körper besitzt mehrere in Umfangsrichtung im Abstand angeordnete radial verlaufende Wellungen und mehrere axial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen, und die Auskleidung liegt axial zwischen dem Rotor und dem ringförmigen Körper und ist an dem ringförmigen Körper festgelegt und axial vom Rotor distanziert, um eine Dichtung zu bilden.

[0012] Das erste Bauteil kann eine Welle sein, und das zweite Bauteil ist ein Stator. Das dritte Bauteil ist ein ringförmiger Körper, der an dem Stator festgelegt

und innerhalb desselben angeordnet ist. Der ringförmige Körper besitzt mehrere in Umfangsrichtung beabstandete axial verlaufende Wellungen und mehrere radial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen, wobei die Auskleidung radial zwischen der Welle und dem ringförmigen Körper angeordnet ist und die Auskleidung an dem ringförmigen Körper festgelegt ist und radial von der Welle beabstandet ist, um eine Dichtung zu bilden.

[0013] Vorzugsweise ist das erste Bauteil ein Rotor, der mehrere in Umfangsrichtung beabstandete radial verlaufende Rotorlaufschaukeln trägt, und das zweite Bauteil ist ein Gehäuse, das den Rotor und die Rotorlaufschaukeln umschließt. Das dritte Bauteil ist ein Ringkörper, der innerhalb des Gehäuses angeordnet und an diesem festgelegt ist. Der ringförmige Körper besitzt mehrere in Umfangsrichtung beabstandete axial verlaufende Wellungen und mehrere radial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen, wobei die Auskleidung radial zwischen den Spitzen der Rotorlaufschaukeln und dem Ringkörper liegt und an diesem Ringkörper festgelegt ist, und wobei die Auskleidung radial von den Spitzen der Rotorlaufschaukeln beabstandet ist, um eine Dichtung zu erzeugen.

[0014] Vorzugsweise ist das dritte Bauteil im Radialschnitt S-förmig ausgestaltet. Das dritte Bauteil kann auch im Radialschnitt Z-förmig ausgebildet sein.

[0015] Vorzugsweise ist das dritte Bauteil ein elastischer Körper.

[0016] Vorzugsweise ist das dritte Bauteil als dünne Struktur ausgebildet.

[0017] Vorzugsweise besteht das dritte Bauteil aus einem Metallblech.

[0018] Vorzugsweise besteht das dritte Bauteil aus Stahl, aus Titan, aus einer Titanlegierung oder aus einer Nickellegierung.

[0019] Vorzugsweise besteht die Auskleidung aus Metallfilz, Metallschaum oder einem porös gesinter-ten Metall.

[0020] Vorzugsweise sind Mittel vorhanden, um einen Zwischenraum zwischen der Auskleidung und dem ersten Bauteil oder dem zweiten Bauteil zu messen und um ein Zwischenraumsignal zu erzeugen, das die Größe des Zwischenraumes anzeigt, und es sind Verarbeitungsmittel vorgesehen, um zu bestimmen, ob das Zwischenraumsignal innerhalb eines vorbestimmten Bereichs von Zwischenräumen liegt, und es gibt Mittel, um den Zwischenraum zwischen der Auskleidung und dem ersten Bauteil oder dem zweiten Bauteil einzustellen, wenn die Verarbeitungsmittel bestimmen, dass das Zwischenraumsig-

nal außerhalb des vorbestimmten Bereichs von Zwischenräumen liegt.

[0021] Vorzugsweise umfassen die Mittel zum Messen des Zwischenraumes wenigstens einen Kapazitätssensor.

[0022] Vorzugsweise sind die Mittel zum Messen des Zwischenraumes innerhalb der Auskleidung vorgesehen.

[0023] Die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes zwischen den Laufschaukelspitzen und der Auskleidung können aus wenigstens einem piezo-elektrischen Stellglied und wenigstens einem L-förmigen Körper bestehen, wobei der wenigstens eine L-förmige Körper auf einen radial inneren Teil des Ringkörpers einwirkt, um den Teil des Ringkörpers von den Laufschaukelspitzen weg oder auf diese hin zu bewegen.

[0024] Vorzugsweise ist das wenigstens eine piezo-elektrische Stellglied außerhalb des Gehäuses angeordnet, und der wenigstens eine L-förmige Körper erstreckt sich durch das Gehäuse.

[0025] Die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes zwischen den Laufschaukelspitzen und der Auskleidung können aus mehreren Drähten aus einer Formgedächtnislegierung bestehen, und jeder Draht aus Formgedächtnislegierung erstreckt sich über einen Umfangsabschnitt des radial inneren Teils des Ringkörpers, und es ist eine Heizeinrichtung vorgesehen, um wenigstens einen der Drähte aus Formgedächtnislegierung aufzuheizen und um wenigstens einen Teil des radial inneren Abschnitts des Ringkörpers nach den Laufschaukelspitzen hin oder von diesen weg zu bewegen.

[0026] Die Heizeinrichtung kann aus einer Anordnung mit elektrischer Leistung und Schaltmitteln bestehen, und die Anordnung mit elektrischer Leistung und die Schaltmittel sind derart angeordnet, dass ein elektrischer Strom nach dem wenigstens einen Draht mit Formgedächtnislegierung geschickt wird, um diesen Draht aufzuheizen.

[0027] Die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes zwischen den Laufschaukelspitzen und der Auskleidung können aus einer Fluidzufuhr und Ventilmitteln bestehen, wobei der Ringkörper hohl ausgebildet ist und die Ventilmittel so angeordnet sind, dass die Fluidzufuhr nach dem hohlen ringförmigen Körper erfolgen kann oder das Fluid aus dem Hohlkörper entlüftet wird, um den radial inneren Teil des Ringkörpers radial nach den Laufschaukelspitzen hin oder von diesen weg zu bewegen.

[0028] Die Mittel zur Messung des Zwischenraumes können mehrere in Umfangsrichtung angeordnete

Sensoren umfassen, und die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes zwischen den Laufschaufelspitzen und der Auskleidung umfassen mehrere in Umfangsrichtung beabstandete Stellglieder, und der Prozessor ist so angeordnet, dass die verschiedenen in Umfangsrichtung angeordneten Abschnitte unabhängig oder halb unabhängig betätigt werden, um einen gleichmäßigen Zwischenraum oder eine andere gewünschte Bedingung aufrecht zu erhalten.

[0029] Vorzugsweise ist der Rotor ein Fanrotor, ein Kompressorrotor oder ein Turbinenrotor.

[0030] Vorzugsweise ist der Rotor der Rotor eines Gasturbinentriebwerks.

[0031] Es können mehrere dritte Bauteile zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil vorgesehen werden.

[0032] Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

[0033] [Fig. 1](#) zeigt ein Turbonfan-Gasturbinentriebwerk mit einer Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0034] [Fig. 2](#) ist in größerem Maßstab eine Schnittansicht der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 1](#), geschnitten in einer Ebene, die die Achse des Kompressors enthält;

[0035] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Teils der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 2](#);

[0036] [Fig. 4](#) ist in größerem Maßstab eine Schnittansicht einer abgewandelten Ausführungsform einer Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 1](#), geschnitten in einer Ebene, die die Achse des Kompressors umfasst;

[0037] [Fig. 5](#) ist in größerem Maßstab eine Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 1](#), geschnitten in einer Ebene, die die Achse des Kompressors umfasst;

[0038] [Fig. 6](#) ist in größerem Maßstab eine perspektivische Ansicht eines anderen Ausführungsbeispiels der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 1](#);

[0039] [Fig. 7](#) ist in größerem Maßstab eine Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 1](#) in einer Ebene, die die Achse des Kompressors umfasst;

[0040] [Fig. 8](#) ist eine Ansicht der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 2](#) in Axialrichtung betrachtet, wobei eine gebogene Neutralachse ersichtlich ist;

[0041] [Fig. 9](#) ist eine Schnittansicht in einer Ebene, die die Achse des Kompressors an der Stelle A enthält;

[0042] [Fig. 10](#) ist ein Radialschnitt in einer Ebene, die die Achse des Kompressors an der Stelle B enthält;

[0043] [Fig. 11](#) ist in größerem Maßstab gezeichnet eine Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzenabdichtung gemäß [Fig. 1](#) in einer Ebene, die die Achse des Kompressors enthält.

[0044] Ein Turbonfan-Gasturbinentriebwerk **10** gemäß [Fig. 1](#) umfasst in axialer Strömungsrichtung hintereinander einen Einlass **12**, einen Fanabschnitt **14**, einen Kompressorabschnitt **16**, einen Verbrennungsabschnitt **18**, einen Turbinenabschnitt **20** und einen Auslass **22**. Der Turbinenabschnitt **20** weist einen oder mehrere Turbinenrotoren (nicht dargestellt) auf, die einen oder mehrere Kompressorrotoren **24** (von denen nur einer dargestellt ist) im Kompressorabschnitt **16** antreiben. Der Turbinenabschnitt **20** umfasst einen oder mehrere Turbinenrotoren (nicht dargestellt), die einen Fanrotor (nicht dargestellt) im Fanabschnitt **14** antreiben.

[0045] Der Kompressorabschnitt **16** umfasst einen Kompressorrotor **24**, der mehrere axial beabstandete Stufen von Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** trägt. Jede Stufe von Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** besteht aus mehreren in Umfangsrichtung beabstandeten radial nach außen stehenden Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26**. Die Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** können am Kompressorrotor **24** durch Schwalbenschwanz-förmige oder Tannenbaum-förmige Schaufelfüße der Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** festgelegt sein, die in entsprechend gestalteten Schlitzen am Umfang des Kompressorrotors **24** eingeschoben sind. Stattdessen können die Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** am Kompressorrotor **24** durch Verschweißen oder eine andere Verbindung, beispielsweise Friktionsschweißen, festgelegt sein. Die Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** können integral mit dem Kompressorrotor **24** durch spanabhebende Bearbeitung, beispielsweise durch Schleifen usw., hergestellt sein.

[0046] Der Kompressorabschnitt **16** umfasst ein Kompressorgehäuse **28**, das koaxial zum Kompressorrotor **24** liegt und diesen und alle Stufen der Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** umschließt.

[0047] Eine Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzen-

zendichtung **48**, die deutlicher in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist, besteht aus mehreren axial beabstandeten Ringkörpern **30**, die koaxial innerhalb des Kompressorgehäuses **28** angeordnet und an diesem festgelegt sind. Die Zahl der Ringkörper **30** ist die gleiche wie die Zahl der Stufen der Kompressor-Rotor-Laufschaukeln **26**, und jeder Ringkörper **30** liegt koaxial zu einer entsprechenden Stufe der Kompressor-Rotor-Laufschaukeln **26** und umschließt diese.

[0048] Jeder Ringkörper **30** weist einen radial äußeren axial verlaufenden Abschnitt **32**, einen radial inneren axial verlaufenden Abschnitt **36** und einen dazwischen liegenden axial verlaufenden Abschnitt **34** radial zwischen dem radial äußeren axial verlaufenden Abschnitt **32** und dem radial inneren axial verlaufenden Abschnitt **36** auf. Ein Bogenabschnitt **33** erstreckt sich radial, um das radial stromaufwärtige Ende des axial verlaufenden Abschnitts **32** mit dem stromaufwärtigen Ende des axial verlaufenden Abschnitts **34** zu verbinden. Ein Bogenabschnitt **35** erstreckt sich radial, um das stromabwärtige Ende des axial verlaufenden Abschnitts **34** mit dem stromabwärtigen Ende des axial verlaufenden Abschnitts **36** zu verbinden. Jeder Ringkörper **30** ist demgemäß im Querschnitt in einer Radialebene S-förmig ausgestaltet, wobei die Schnittebene die Achse des Kompressors und des Gasturbinenriebwerks **10** enthält.

[0049] Jeder Ringkörper **30** besitzt mehrere in Umfangsrichtung beabstandete Wellungen **37** und mehrere in Radialrichtung beabstandete Wellungen **38**. Die Wellungen **37** erstrecken sich kontinuierlich längs des Ringkörpers **30** vom radial äußeren axial verlaufenden Abschnitt **32** nach dem radial inneren axial verlaufenden Abschnitt **36**. Die Wellungen **37** erstrecken sich allgemein axial längs der axial verlaufenden Abschnitte **32**, **34** und **36**, und sie erstrecken sich im Wesentlichen radial längs der Bogenabschnitte **33** und **35**. Die in Umfangsrichtung beabstandeten Wellungen **37** ergeben eine relativ geringe Steifheit des Ringkörpers **30** in Umfangsrichtung, um eine Umfangsspannung zuzulassen, wenn sich der Ringkörper **30** radial bewegt. Die in Umfangsrichtung beabstandeten Wellungen **37** haben eine größere Amplitude auf den axial verlaufenden Abschnitten **32**, **34** und **36** als auf den Bogenabschnitten **33** und **35**, um eine relativ hohe axiale Steifheit zu erzielen. Die Wellungen **38** erstrecken sich kontinuierlich über den vollen Umfang des Ringkörpers **30**. Die Wellungen **38** werden durch die Bogenabschnitte **33** und **35** geformt, die die axial verlaufenden Abschnitte **32**, **34** und **36** verbinden, und die Wellungen **38** wirken als Biegeelenke, um eine radiale Flexibilität und eine Umfangsspannung zu ermöglichen.

[0050] Jeder Ringkörper **30** besitzt eine Auskleidung **40**, die an dem radial inneren axial verlaufenden Abschnitt **36** des Ringkörpers **30** festgelegt ist,

und die Auskleidung **40** liegt koaxial innerhalb des Ringkörpers **30**. Die Auskleidung **40** eines jeden Ringkörpers **30** ist radial von den Spitzen **27** der entsprechenden Stufe der Kompressor-Rotor-Laufschaukeln **26** distanziert, um einen Zwischenraum oder eine Abdichtung **29** zu schaffen.

[0051] Die Auskleidung **40** ist abschleifbar und besteht aus Metallfilz, Metallschaum, aus einem porösen gesinterten Metall oder einem nicht-metallischen Material. Die Auskleidung **40** kann aus Stahl, aus Titan, aus einer Titanlegierung oder aus einer Nickellegerung gefertigt werden.

[0052] Der Ringkörper **30** besteht aus einem dünnwandigen elastischen Körper, beispielsweise aus einem metallischen Körper. Der Ringkörper **30** kann aus Stahl, Titan, einer Titanlegierung oder einer Nickellegierung hergestellt werden. Der Ringkörper **30** kann auf irgendeine geeignete Weise hergestellt werden. Vorzugsweise wird der Ringkörper **30** durch Elektroformung hergestellt. Zuerst wird die ringförmige Auskleidung **40** hergestellt, und die Auskleidung **40** wird mit einem Wachs imprägniert, um eine Auskleidungsstarrheit zu erzeugen. Die Auskleidung **40** wird in einen Block von Wachs eingebettet, und der Wachsblock wird durch ein CNC-Verfahren bearbeitet (numerisch Computer-gesteuert), um die Form des Ringkörpers zu erzeugen und die Auskleidung freizulegen. Dann wird ein Metall auf der bearbeiteten Oberfläche des Wachsblockes durch ein elektrisches Ablagerungsverfahren abgelagert. Dies ist ein schnelles genaues Verfahren, und eine zwischenmetallische Verbindung wird zwischen der Auskleidung **40** und dem Ringkörper **30** erzeugt.

[0053] Der Kompressorabschnitt **16** umfasst außerdem mehrere Paare von Wänden **42A** und **42B**, die sich vom Kompressorgehäuse **28** axial stromauf und axial stromab eines entsprechenden Ringkörpers **30** radial nach innen erstrecken. Die Wände **42A** und **42B** sind axial von den stromaufwärtigen und stromabwärtigen Enden der entsprechenden Auskleidung **40** durch einen kleinen Zwischenraum getrennt. Die radial inneren Enden **43B** der Wände **42B** axial stromab des Ringkörpers **30** sind an den radial inneren Enden **43A** der Wände **42A** axial stromauf der Ringkörper **30** axial benachbart in stromabwärtiger Richtung durch Wände **44** verbunden. Jede Wand **44** trägt jeweils eine von mehreren Stufen der Kompressor-Statorschaukeln **46**. Jede Stufe der Kompressor-Statorschaukeln **46** umfasst mehrere in Umfangsrichtung beabstandete radial nach innen verlaufende Kompressor-Statorschaukeln **46**.

[0054] Die alternativ angeordneten Auskleidungen **40** und die Wände **44** bilden zusammen eine glatte äußere Oberfläche für den Luft/Gas-Strömungspfad durch den Kompressor **16**.

[0055] Im Betrieb des Gasturbinentriebwerks **10** schaffen die radialen Wellungen **32** und **34** des Ringkörpers **30** eine ausreichende Spannung in Umfangsrichtung, um das Spitzenspiel **29** aufzunehmen, und sie schaffen eine radiale Spannung im Ringkörper **30** zwischen dem Hochdruckgas stromab des Ringkörpers **30** und dem Niederdruckgas stromauf des Ringkörpers **30**. Der Ringkörper **30** schafft einen Druckausgleichseffekt, der gemäß einer ersten Größenordnung die Gesamtradialkraft auf den Ringkörper **30** und die Auskleidung **40** entfernt, so dass die Kraft beträchtlich vermindert wird, die erforderlich ist, um den Ringkörper **30** zu bewegen und demgemäß den Zwischenraum **29** zu steuern.

[0056] Das Ausführungsbeispiel der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung **48B** in [Fig. 4](#) ist im Wesentlichen das gleiche wie in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#), aber zusätzlich ist ein Sensor **50** innerhalb der Auskleidung **40** angeordnet, um den Zwischenraum **29** zwischen den Spitzen **27** der Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** und der Auskleidung **40** zu messen. Der Sensor **50** besteht vorzugsweise aus einem Kapazitätssensor. Kapazitätssensoren sind in der Lage, bis zu einer Temperatur von 1400°C sehr genau und betriebssicher zu arbeiten. Der Sensor **50** ist elektrisch mit einer Prozessoreinheit **61** über einen elektrischen Draht **51** verbunden. Ein Körper **52** erstreckt sich radial von einem axialen Ende der Auskleidung **40** über eine Öffnung **54** im Kompressorgehäuse **28** nach einem Stellglied **56**. Der Körper **52** und die Auskleidung **40** bilden zusammen einen L-förmigen Körper, um den Ringkörper **30** radial zu bewegen. Das Stellglied **56** besteht aus einem Stapel von piezo-elektrischen Aktoren **58**, die in Berührung mit einem mit einem Fluid angefüllten abgedichteten Balgverstärker **60** angeordnet sind. Der mit Fluid gefüllte abgedichtete Balgverstärker **60** wirkt auf den Körper **52** ein, um diesen Körper **52** in Radialrichtung zu bewegen. Die piezo-elektrischen Aktoren **58** befinden sich außerhalb des Kompressorgehäuses **28** an einer Stelle derart, dass die Temperatur dort unter etwa 150°C gehalten werden kann. Die piezo-elektrischen Aktoren **58** sind elektrisch mit der Prozessoreinheit **61** über elektrische Kabel **53** und **55** verbunden.

[0057] Vorzugsweise ist der Ringkörper **30** mit einem dünnen elektrisch isolierenden Material versehen, und es sind eine oder mehrere dünne elektrisch leitende Bahnen auf der Isolierschicht vorgesehen, um das elektrische Kabel **51** vom Sensor **50** nach der Prozessoreinheit **61** zu bilden. Die elektrisch leitfähigen Leiterbahnen biegen sich einfach mit dem Ringkörper **30** durch und bilden eine einfache sichere Möglichkeit der Verbindung des Sensors **50** mit der Prozessoreinheit **61**, ohne dass das elektrische Kabel **51** in einer Position befindlich wäre, in der es für eine Beschädigung anfällig ist.

[0058] Im Betrieb misst der Sensor **50** den Zwischenraum **29** zwischen den Spitzen **27** der Kompressor-Rotor-Laufschaufeln **26** und der Auskleidung **40**. Der Sensor **50** sendet ein Signal, das den Zwischenraum anzeigt, an die Prozessoreinheit **61**. Die Prozessoreinheit **61** sendet dann elektrische Signale nach dem piezo-elektrischen Stellglied **56**, um die Dicke des piezo-elektrischen Stellgliedes **56** zu vergrößern oder zu verkleinern, damit der mit einem Fluid gefüllte abgedichtete Balgverstärker **60** expandiert oder sich zusammenzieht, und dieser Verstärker **60** bewegt seinerseits den Körper **52** radial nach außen oder nach innen. Die Radialbewegung des Körpers **53** stellt die Radiallage des Ringkörpers **30** und der Auskleidung **40** ein und steuert damit den Zwischenraum **29**.

[0059] Das Ausführungsbeispiel der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung **48C** in [Fig. 5](#) ist ähnlich der in [Fig. 4](#) dargestellten Anordnung, aber es besteht insofern ein Unterschied, als dass das Stellglied **56** aus einem durch Biegung verstärkten piezo-elektrischen Stellglied besteht, das einen Stapel piezo-elektrischer Aktoren **62** und einen Biegeverstärker **64** aufweist. Der Biegeverstärker **64** wirkt auf den Körper **52** ein, der sich durch die Öffnung **54** im Kompressorgehäuse **28** erstreckt.

[0060] Das Ausführungsbeispiel der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung **48D** in [Fig. 6](#) besteht aus mehreren Drähten **66** aus einer Formgedächtnislegierung, und jeder Draht **66** aus Formgedächtnislegierung erstreckt sich über einen Umfangsabschnitt des radial inneren Schenkels **38** des Ringkörpers **30**. Jeder der Drähte **66** aus Formgedächtnislegierung ist an eine Spannungsquelle **68** über einen Schalter **70** angeschlossen. Die Spannungsquelle **68** und der Schalter **70** sind derart angeordnet, dass ein elektrischer Strom nach dem Draht **66** aus Formgedächtnislegierung fließt, um den Draht **66** aus Formgedächtnislegierung aufzuheizen. Die Prozessoreinheit **61** liefert elektrische Signale an die Spannungsquelle **68** und die Schalter **70**. Die Prozessoreinheit **61** sendet Signale nach der Spannungsquelle **68**, um die Stromstärke und demgemäß die Heizwirkung der Drähte **66** aus Formgedächtnislegierung einzustellen.

[0061] Die Prozessoreinheit **61** kann elektrische Signale senden, um alle Schalter **70** zu schließen und um alle Drähte **66** aus Formgedächtnislegierung aufzuheizen und um den vollen Umfang des radial inneren Abschnitts **36** des Ringkörpers **30** radial zu bewegen, um den Zwischenraum **29** einzustellen.

[0062] Stattdessen kann die Prozessoreinheit **61** elektrische Signale an die Spannungsquelle **68** senden, um einen oder mehrere der Schalter **70** zu schließen und um einen oder mehrere der Drähte **66** aus Formgedächtnislegierung aufzuheizen und um

einen oder mehrere der in Umfangsrichtung verlaufenden Abschnitte des radial inneren Abschnitts **36** des Ringkörpers **30** radial zu bewegen und um den Zwischenraum **29** an einem Umfangsabschnitt oder an mehreren Umfangsabschnitten einzustellen.

[0063] Das Ausführungsbeispiel der Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung **48E** in [Fig. 7](#) weist eine Fluidquelle **72** und ein Ventil **74** auf. Der Ringkörper **30** ist hohl und besitzt eine Kammer **76**. Die Prozessoreinheit **61** sendet an das Ventil **74** Signale, und das Ventil **74** ist derart angeordnet, dass das Fluid von der Fluidquelle **72** nach der Kammer **76** im Hohlkörper **30** strömen kann oder das Fluid aus der Kammer **76** im Hohlkörper **30** abfließt. Die Fluidströmung in die Kammer **76** bewegt den radial inneren Abschnitt **36** des Ringkörpers **30** radial nach innen, um den Zwischenraum **29** einzustellen, und das Ausströmen des Fluids aus der Kammer **76** bewegt den radial inneren Abschnitt **36** des Ringkörpers **30** radial nach außen, um den Zwischenraum **29** einzustellen. Das zugeführte Fluid **72** kann Luft sein, die von einer geeigneten Stelle im Kompressorabschnitt **16** des Turbofan-Gasturbinenriebwerks **10** abgezapft wird.

[0064] Es können auch andere geeignete Betätigungsmittel benutzt werden, um den Ringkörper zu bewegen, beispielsweise kann ein magnetostriktiver Antrieb als Alternative zu den Ausführungsbeispielen nach [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) benutzt werden. Ein weiterer geeigneter Antrieb ist ein elektromagnetischer Antrieb, beispielsweise in Form wenigstens einer Schwingspule. Es kann eine Zufuhr eines heißen Fluids benutzt werden, um die Drähte aus Formgedächtnislegierung als Alternative zur elektrischen Heizung aufzuheizen. Das zugeführte heiße Fluid kann Luft sein, die an einer geeigneten Stelle im Kompressorabschnitt **16** des Turbofan-Gasturbinenriebwerks **10** abgezapft wird.

[0065] Die Betätigung des Ringkörpers **30** kann eine Verzerrung der Auskleidung **40** in Umfangsrichtung veranlassen, wenn das Kompressorgehäuse **28** nicht symmetrisch-zylindrisch ist. Eine zyklische Veränderung der neutralen Biegeachse und das zweite Flächenmoment in Umfangsrichtung können benutzt werden, um diese Verzerrung zu vermeiden. Diese Wirkung kann durch zahlreiche geeignete Mittel erreicht werden, die dem Fachmann zur Verfügung stehen.

[0066] Eine Möglichkeit besteht darin, die relative Größe der Wellungen in dem Zwischenabschnitt **34** und dem inneren Abschnitt **36** an verschiedenen Umfangsrichtungen zu ändern, wie dies in den [Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#) dargestellt ist. [Fig. 8](#) zeigt die Position der neutralen Biegeachse X relativ zu dem Ringkörper **30**, und die [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) zeigen unterschiedliche Höhen der axial verlaufenden Wellungen **37** zwi-

schen dem Zwischenabschnitt **34** und dem inneren Abschnitt **36** an jeder der in Umfangsrichtung beabstandeten Stellen A und B und verschiedene Höhen an den axial verlaufenden Wellungen **37** des Zwischenabschnitts **34** an den Stellen A und B und unterschiedliche Höhen der axial verlaufenden Wellungen **37** des inneren Abschnitts **36** an den Stellen A und B.

[0067] Es können auch andere geeignete Typen von Sensoren benutzt werden.

[0068] Die Antriebsmittel sind vorzugsweise so angeordnet, dass sie betriebssicher sind, falls die Leistungszufuhr nach den Antriebsmitteln ausfällt.

[0069] Die Vorteile der vorliegenden Erfindung liegen darin, dass der Ringkörper eine hohe elastische Versetzung in Radialrichtung zulässt, wodurch eine Steuerung des Zwischenraumes zwischen den Spitzen der Rotorlaufschaufeln und der Auskleidung erreicht wird, und dies korrigiert Verzerrungen im Gehäuse und vorübergehende Ereignisse, z.B. eine „Reslam“-Bedingung (z.B. eine Überhitzung nach Umschaltung von maximaler Leistung auf Leerlauf). Die vorliegende Erfindung schafft auch die Möglichkeit, Änderungen im Durchmesser des Rotors auszugleichen, die beispielsweise durch Zentrifugallast und thermisches Wachstum relativ zum Gehäuse entstanden sind. Die Wellungen des Ringkörpers halten die örtliche Materialbeanspruchung niedrig genug, um Ermüdungsprobleme zu vermeiden.

[0070] Die in Umfangsrichtung verlaufenden Wellungen des Ringkörpers schaffen die Möglichkeit, dass die wirksame Spannung größer wird als die elastischen Materialgrenzen, und dies ermöglicht eine Kontinuität der Abdichtung, und es wird die Notwendigkeit einer Segmentierung der Dichtung und die Benutzung einer Sekundärdichtung vermieden.

[0071] Die radiale Kontinuität des Ringkörpers verhindert alternative Leckpfade von Bereichen hohen Druckes nach Bereichen niedrigen Druckes, wodurch die Notwendigkeit von schleifenden Dichtungen eliminiert wird.

[0072] Der Ringkörper schafft eine Druckausgleichskonstruktion und ermöglicht eine minimale Kraftbetätigung. Er ist so berechnet, dass eine Kraft von 500N über den Umfang erforderlich ist, um eine Radialbewegung des Ringkörpers von 2mm zu erzeugen, der axial verlaufende Abschnitte mit einer Länge von 40mm und in Umfangsrichtung beabstandete axial verlaufende Wellungen mit einer Amplitude von 1,2mm aufweist.

[0073] Die Steifheit des Ringkörpers in Axialrichtung, in Radialrichtung und in Umfangsrichtung kann eingestellt und/oder optimiert werden, indem die

Höhe der axial verlaufenden in Umfangsrichtung beabstandeten Wellungen **37**, die räumliche Frequenz der axial verlaufenden in Umfangsrichtung beabstandeten Wellungen **37** und die Dicke des Ringkörpers **30** verändert werden.

[0074] Der Ringkörper besitzt eine geringe Masse und ermöglicht ein schnelles Ansprechen und ergibt eine verbesserte Kompressorleistung durch Steuerung des Leckstromes durch den Zwischenraum zwischen den Spitzen der Laufschaufeln und der Auskleidung.

[0075] Die vorliegende Erfindung wurde vorstehend in Verbindung mit sämtlichen Stufen von Kompressor-Rotor-Laufschaufeln beschrieben, die eine Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung aufweisen, jedoch ist die Erfindung in gleicher Weise anwendbar, wenn eine oder mehrere Stufen der Kompressor-Rotor-Laufschaufeln eine Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung aufweisen.

[0076] Die vorliegende Erfindung wurde ferner in Verbindung mit einem Ringkörper beschrieben, der einen S-förmig gestalteten radialen Querschnitt besitzt. Jedoch sind auch Z-förmig gestaltete radiale Querschnitte oder W-förmig gestaltete radiale Querschnitte und andere geeignete radiale Querschnitte möglich, sofern diese eine Anzahl von radial beabstandeten in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen aufweisen.

[0077] Die vorliegende Erfindung wurde außerdem in Verbindung mit einem einzigen Ringkörper beschrieben, der an der Auskleidung befestigt war und diese trägt. Es ist jedoch auch möglich, mehrere Ringkörper **30** vorzusehen, die an der Auskleidung **40** befestigt sind und diese tragen. Wenn beispielsweise zwei Ringkörper **30** vorgesehen sind, können diese symmetrisch um eine Ebene **Y** angeordnet werden, die senkrecht zur Kompressorachse steht, wie dies in [Fig. 11](#) angedeutet ist.

[0078] Die vorliegende Erfindung wurde unter Bezugnahme auf eine Kompressor-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung beschrieben, jedoch ist die Erfindung in gleicher Weise anwendbar für eine Turbinen-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung oder eine Fan-Rotor-Laufschaufelspitzendichtung.

[0079] Die vorliegende Erfindung wurde ferner in Verbindung mit einer Rotor-Laufschaufelspitzendichtung beschrieben, jedoch ist die vorliegende Erfindung in gleicher Weise anwendbar für eine Dichtung zwischen relativ zueinander rotierenden Teilen oder auf eine Dichtung zwischen sich relativ bewegenden Teilen. Die Dichtung kann beispielsweise benutzt werden zwischen einer drehbaren Welle, Welle/Rotor und einem stehenden Teil, und die Dichtung kann auch benutzt werden zwischen hin- und hergehen-

den Teilen, Welle/Kolben und einem stehenden Teil mit einem Zylinder und rechteckigen oder polygonalen Oberflächen usw..

[0080] Die Dichtung kann zwischen einer Welle und einem Stator angeordnet werden. Der Ringkörper ist dann innerhalb des Stators angeordnet und an diesem befestigt. Der Ringkörper kann mehrere in Umfangsrichtung beabstandete allgemein axial und radial verlaufende Wellungen und mehrere radial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen aufweisen. Die Auskleidung ist radial zwischen der Welle und dem Ringkörper angeordnet, und die Auskleidung liegt im radialen Abstand zur Welle, um eine Dichtung zu bilden.

[0081] Die Dichtung kann zwischen einem Rotor und einem Stator liegen. Der Ringkörper befindet sich axial zwischen dem Rotor und dem Stator, und der Ringkörper ist dann an dem zweiten Körper festgelegt. Der Ringkörper besitzt mehrere in Umfangsrichtung beabstandete allgemein radial und axial verlaufende Wellungen und mehrere axial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen. Die Auskleidung befindet sich axial zwischen dem Rotor und dem Ringkörper, und die Auskleidung ist an dem Ringkörper befestigt und axial vom Rotor distanziert, um eine Dichtung zu bilden.

[0082] Es ist möglich, sämtliche Ausführungsbeispiele derart anzuordnen, dass die Mittel zum Messen des Zwischenraumes aus mehreren in Umfangsrichtung beabstandeten Sensoren bestehen, und die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes zwischen den Laufschaufelspitzen und der Auskleidung können mehrere in Umfangsrichtung distanzierte Antriebe aufweisen, wobei der Prozessor so angeordnet ist, dass die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes veranlasst werden, verschiedene in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte des Ringkörpers unabhängig voneinander oder halb unabhängig voneinander zu betätigen, um einen gleichförmigen Zwischenraum oder andere gewünschte Bedingungen herbeizuführen.

[0083] Allgemein schafft die vorliegende Erfindung eine Dichtung zwischen einem ersten Bauteil und einem zweiten Bauteil, wobei das erste Bauteil gegenüber dem zweiten Bauteil relativ beweglich ist und das zweite Bauteil im Abstand von dem ersten Bauteil liegt. Ein drittes Bauteil liegt zwischen dem zweiten Bauteil und dem ersten Bauteil, und das dritte Bauteil ist an dem zweiten Bauteil oder dem ersten Bauteil festgelegt und besitzt wenigstens eine Wellung, die in einer Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil verläuft und wenigstens eine Wellung in einer Richtung quer zur Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil, und es ist eine Auskleidung an dem dritten Bauteil vorgesehen, die im Abstand zu dem ersten Bauteil

oder dem zweiten Bauteil liegt, um eine Dichtung zu bilden. Es gibt mehrere in Umfangsrichtung distanzierte Wellungen zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil, und es sind mehrere distanzierete Wellungen in der Richtung quer zu der Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil vorgesehen.

[0084] Die vorliegende Beschreibung wurde beschrieben und dargestellt mit einem gewellten dritten Bauteil sinusförmiger Gestalt oder im Querschnitt glatt gekrümmter Wellungen, jedoch kann das dritte Bauteil auch dreieckig, rechteckig, quadratisch, polygonal ausgebildet sein oder im Querschnitt eine andere geeignete Gestalt haben.

[0085] Die vorliegende Erfindung wurde in Verbindung mit einem gewellten dritten Bauteil zwischen relativ beweglichen Bauteilen beschrieben, beispielsweise zwischen relativ zueinander rotierenden Bauteilen oder relativ zueinander hin- und hergehenden Bauteilen, jedoch ist die vorliegende Erfindung auch anwendbar auf ein gewelltes drittes Bauteil zwischen statischen Bauteilen, bei denen eine Relativbewegung infolge unterschiedlicher thermischer Expansion/Kontraktion und/oder infolge von Druckänderungen usw. verursacht wird, so dass das gewellte dritte Bauteil diese Dimensionsänderung der statischen Bauteile kompensiert und den Zwischenraum zwischen den statischen Bauteilen verändert. Dies kann beispielsweise zwischen zwei Kanalleitungen bewirkt werden.

Patentansprüche

1. Dichtung zwischen einem ersten Bauteil (**24, 26**) und einem zweiten Bauteil (**28**), wobei das erste Bauteil (**24, 26**) und das zweite Bauteil (**28**) relativ zueinander beweglich sind und das zweite Bauteil (**28**) im Abstand zu dem ersten Bauteil (**24, 26**) liegt, wobei die Dichtung ein drittes Bauteil (**30**) aufweist, das zwischen dem zweiten Bauteil (**28**) und dem ersten Bauteil (**24, 26**) liegt und an dem zweiten Bauteil (**28**) oder dem ersten Bauteil (**24, 26**) festgelegt ist, und wobei die Dichtung außerdem eine Auskleidung (**40**) aufweist, die an dem dritten Bauteil (**30**) festgelegt ist und im Abstand zu dem ersten Bauteil (**24, 26**) oder dem zweiten Bauteil (**28**) liegt, um eine Dichtung zu bilden, und wobei das dritte Bauteil (**30**) wenigstens eine Wellung (**38**) in einer Richtung zwischen dem ersten Bauteil (**24, 26**) und dem zweiten Bauteil (**28**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Bauteil wenigstens eine Wellung (**37**) in einer Richtung quer zur Richtung zwischen dem ersten Bauteil (**24, 26**) und dem zweiten Bauteil (**28**) aufweist.

2. Dichtung nach Anspruch 1, bei welcher mehrere Wellungen (**38**) im Abstand zueinander in Richtung zwischen dem ersten Bauteil (**24, 26**) und dem zweiten Bauteil (**28**) und mehrere Wellungen (**37**) im Ab-

stand in Richtung quer zur Richtung zwischen dem ersten Bauteil (**24, 26**) und dem zweiten Bauteil (**28**) vorgesehen sind.

3. Dichtung nach Anspruch 2, bei welcher das erste Bauteil (**24, 26**) ein Rotor und das zweite Bauteil (**28**) ein Stator ist.

4. Dichtung nach Anspruch 3, bei welcher das dritte Bauteil ein Ringkörper ist, der axial zwischen dem Rotor und dem Stator angeordnet und an dem zweiten Bauteil festgelegt ist, wobei der Ringkörper mehrere in Umfangsrichtung beabstandete radial verlaufende Wellungen und mehrere axial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen aufweist und die Auskleidung axial zwischen dem Rotor und dem Ringkörper liegt und an dem Ringkörper festgelegt ist, und wobei die Auskleidung axial vom Rotor distanziert ist, um eine Dichtung zu bilden.

5. Dichtung nach Anspruch 3, bei welcher das erste Bauteil eine Welle und das zweite Bauteil ein Stator und das dritte Bauteil ein Ringkörper ist, der an dem Stator angeordnet und an diesem festgelegt ist, wobei der Ringkörper mehrere in Umfangsrichtung beabstandete axial verlaufende Wellungen und mehrere radial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen aufweist und die Auskleidung radial zwischen der Welle und dem Ringkörper liegt und an dem Ringkörper festgelegt ist, wobei die Auskleidung radial von der Welle distanziert ist, um eine Dichtung zu bilden.

6. Dichtung nach Anspruch 3, bei welcher das erste Bauteil (**24, 26**) ein Rotor (**24**) ist, der mehrere in Umfangsrichtung beabstandete radial verlaufende Rotorlaufschaukeln (**26**) trägt und das zweite Bauteil (**28**) ein den Rotor (**24**) und die Rotorlaufschaukeln (**26**) umschließendes Gehäuse ist, während das dritte Bauteil (**30**) ein Ringkörper ist, der innerhalb des Gehäuses (**28**) liegt und an diesem befestigt ist, wobei der Ringkörper (**30**) mehrere in Umfangsrichtung beabstandete axial verlaufende Wellungen (**37**) und mehrere radial beabstandete in Umfangsrichtung verlaufende Wellungen (**38**) aufweist und die Auskleidung (**40**) radial zwischen den Spitzen (**27**) der Rotorlaufschaukeln (**26**) und dem Ringkörper (**30**) angeordnet ist, wobei die Auskleidung (**40**) am Ringkörper (**30**) festgelegt ist und im Abstand zu den Spitzen (**27**) der Rotorlaufschaukeln (**26**) liegt, um eine Dichtung zu bilden.

7. Dichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei welcher das dritte Bauteil (**30**) im radialen Querschnitt S-förmig gestaltet ist.

8. Dichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei welcher das dritte Bauteil (**30**) im radialen Querschnitt Z-förmig gestaltet ist.

9. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei welcher das dritte Bauteil (30) ein elastischer Körper ist.

10. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei welcher das dritte Bauteil (30) eine dünne Struktur aufweist.

11. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei welcher das dritte Bauteil (30) aus einem Metallblech besteht.

12. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei welcher das dritte Bauteil (30) aus Stahl, Titan, einer Titanlegierung oder einer Nickellegierung besteht.

13. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei welcher die Auskleidung (40) aus Metallfilz, Metallschaum oder einem porösen gesinterten Metall besteht.

14. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei welcher Mittel (50) vorhanden sind, um einen Zwischenraum (29) zwischen der Auskleidung (40) und dem ersten Bauteil (24, 26) oder dem zweiten Bauteil (28) zu messen und um ein Zwischenraum-Signal zu erzeugen, das die Größe des Zwischenraumes (29) anzeigt, wobei Prozessormittel (61) vorgesehen sind, um festzustellen, wenn das Zwischenraum-Signal innerhalb eines vorbestimmten Bereichs von Zwischenräumen liegt, und es sind Mittel vorgesehen, um den Zwischenraum (29) zwischen der Auskleidung (40) und dem ersten Bauteil (24, 26) oder dem zweiten Bauteil (28) einzustellen, wenn die Prozessormittel (61) feststellen, dass das Zwischenraum-Signal außerhalb des vorbestimmten Bereichs von Zwischenräumen liegt.

15. Dichtung nach Anspruch 14, bei welcher die Mittel (50) zur Messung des Zwischenraumes (29) wenigstens einen Kapazitätssensor aufweisen.

16. Dichtung nach Anspruch 14 oder 15, bei welcher die Mittel (50) zum Messen des Zwischenraumes (29) innerhalb der Auskleidung (40) angeordnet sind.

17. Dichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16 bei Abhängigkeit von Anspruch 6, bei welcher die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes (29) zwischen den Laufschaufelspitzen (27) und der Auskleidung (40) aus wenigstens einem piezo-elektrischen Stellglied (56, 58, 60) und wenigstens einem L-förmigen Bauteil (52) bestehen, wobei das wenigstens eine L-förmige Bauteil (52) auf einen radial inneren Abschnitt des Ringkörpers (30) einwirkt, um den Teil des Ringkörpers (30) nach den Laufschaufelspitzen (27) hin oder von diesen weg zu bewegen.

18. Dichtung nach Anspruch 17, bei welcher das wenigstens eine piezo-elektrische Stellglied (56, 58, 60) außerhalb des Gehäuses (28) liegt und der wenigstens eine L-förmige Körper (52) durch das Gehäuse (28) verläuft.

19. Dichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16 bei Abhängigkeit von Anspruch 6, bei welcher die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes (29) zwischen den Laufschaufelspitzen (27) und der Auskleidung (40) mehrere Drähte (66) aus einer Formgedächtnislegierung aufweisen und jeder Draht (66) aus Formgedächtnislegierung sich über einen Umfangsabschnitt des radial inneren Teils (38) des Ringkörpers (30) erstreckt, wobei Heizmittel (67, 70) wenigstens einen der Drähte (66) aus Formgedächtnislegierung aufheizen, um den wenigstens einen Abschnitt des radial inneren Teils (38) des Ringkörpers (30) nach den Laufschaufelspitzen (27) hin und von diesen weg zu bewegen.

20. Dichtung nach Anspruch 19, bei welcher die Heizmittel (68, 70) eine Spannungsquelle (68) und Schaltmittel (70) aufweisen, wobei die Spannungsquelle (68) und die Schaltmittel (70) einen elektrischen Strom nach dem wenigstens einen Draht (66) aus Formgedächtnislegierung schicken, um diesen Draht (66) aufzuheizen.

21. Dichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16 in Abhängigkeit von Anspruch 6, bei welcher die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes (29) zwischen den Laufschaufelspitzen (27) und der Auskleidung (40) eine Fluidzufuhr (72) und Ventilmittel (74) aufweisen, wobei der Ringkörper (30) hohl ausgebildet ist und die Ventilmittel (74) das Fluid entweder nach dem Hohlkörper (30) gelangen lassen oder dieses aus dem Hohlkörper (30) entweichen lassen, um den radial inneren Teil (38) des Ringkörpers (30) radial nach den Laufschaufelspitzen (27) hin oder von diesen weg zu bewegen.

22. Dichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, bei welcher die Mittel (50) zur Messung des Zwischenraumes mehrere in Umfangsrichtung beabstandete Sensoren aufweisen und die Mittel zur Einstellung des Zwischenraumes zwischen den Laufschaufelspitzen und der Auskleidung mehrere in Umfangsrichtung beabstandete Stellglieder aufweisen und der Prozessor (61) verschiedene Umfangsabschnitte unabhängig voneinander oder halb unabhängig voneinander betätigt, um einen gleichmäßigen Zwischenraum oder eine andere gewünschte Bedingung aufrecht zu erhalten.

23. Dichtung nach Anspruch 5 oder 6, bei welcher der Rotor (24) ein Fanrotor, ein Kompressorrotor oder ein Turbinenrotor ist.

24. Dichtung nach den Ansprüchen 5 oder 6, bei

welcher der Rotor ein Gasturbinentriebwerksrotor ist.

25. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei welcher mehrere dritte Körper (**30**) zwischen dem ersten Bauteil (**24, 26**) und dem zweiten Bauteil (**28**) angeordnet sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Fig.1.

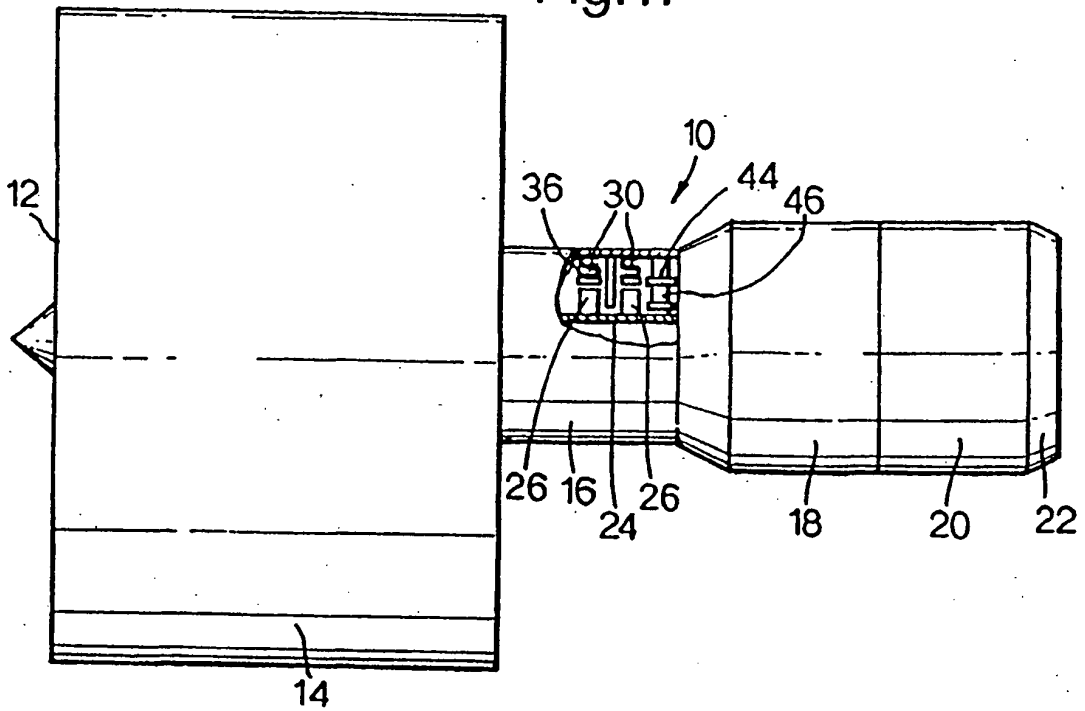


Fig.2.

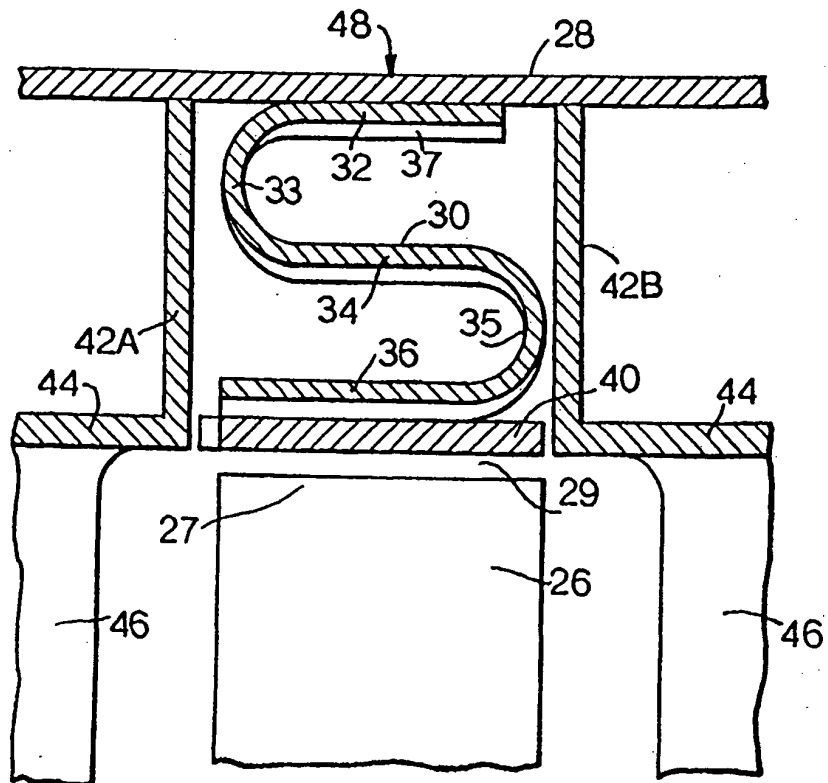


Fig.3.

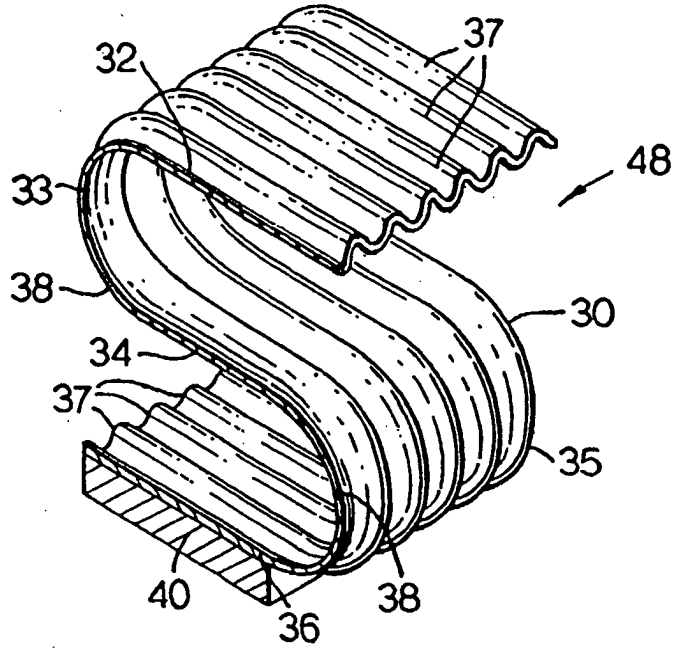


Fig.4.

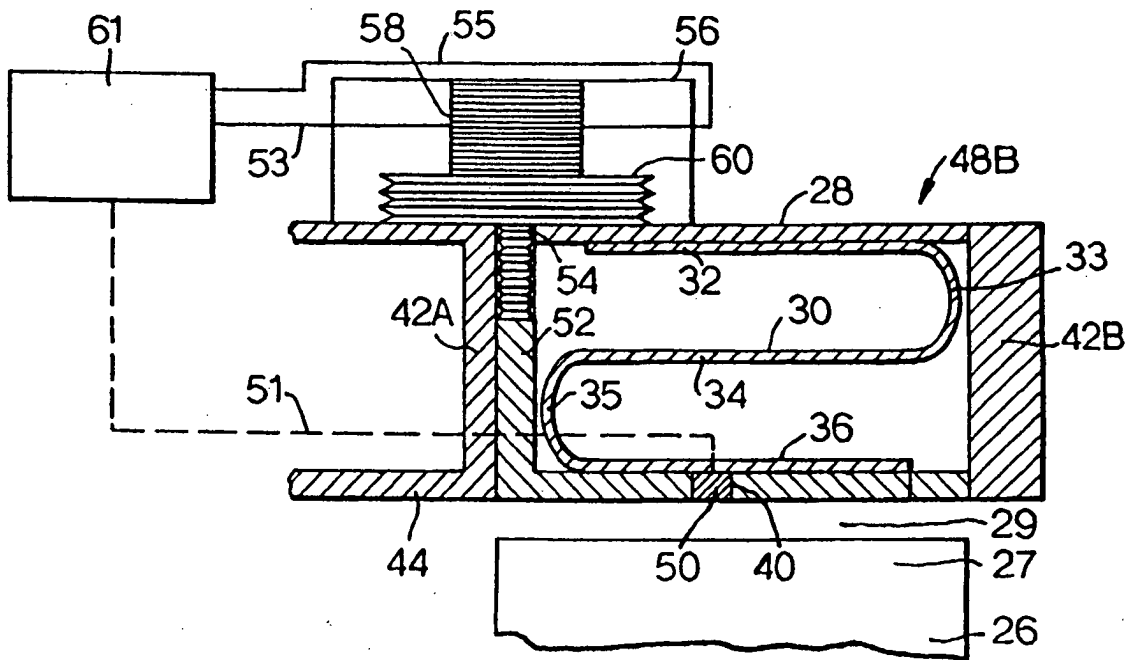


Fig.5.

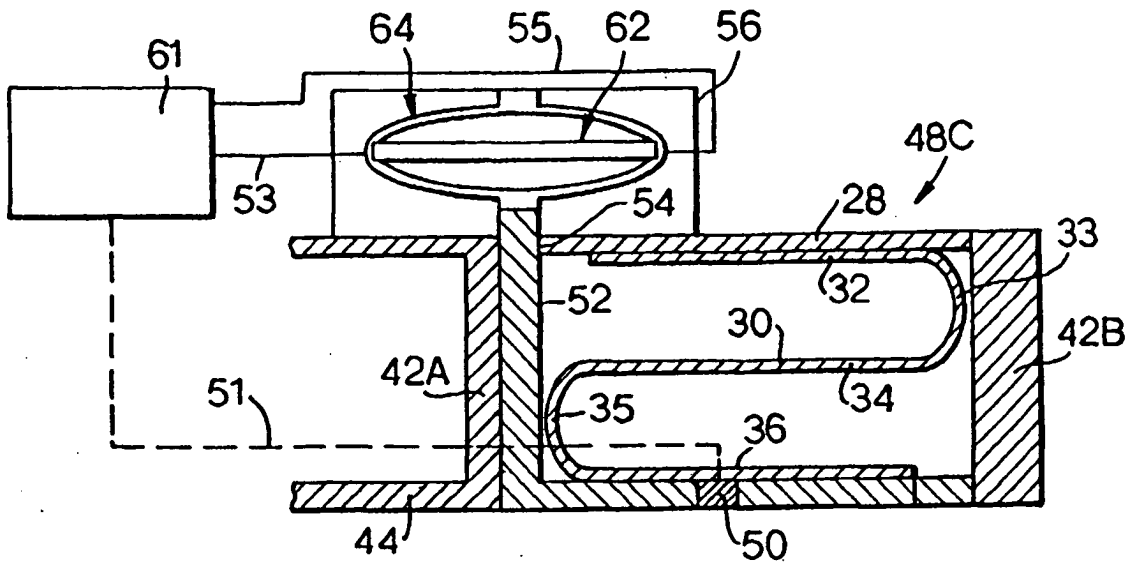


Fig.6.

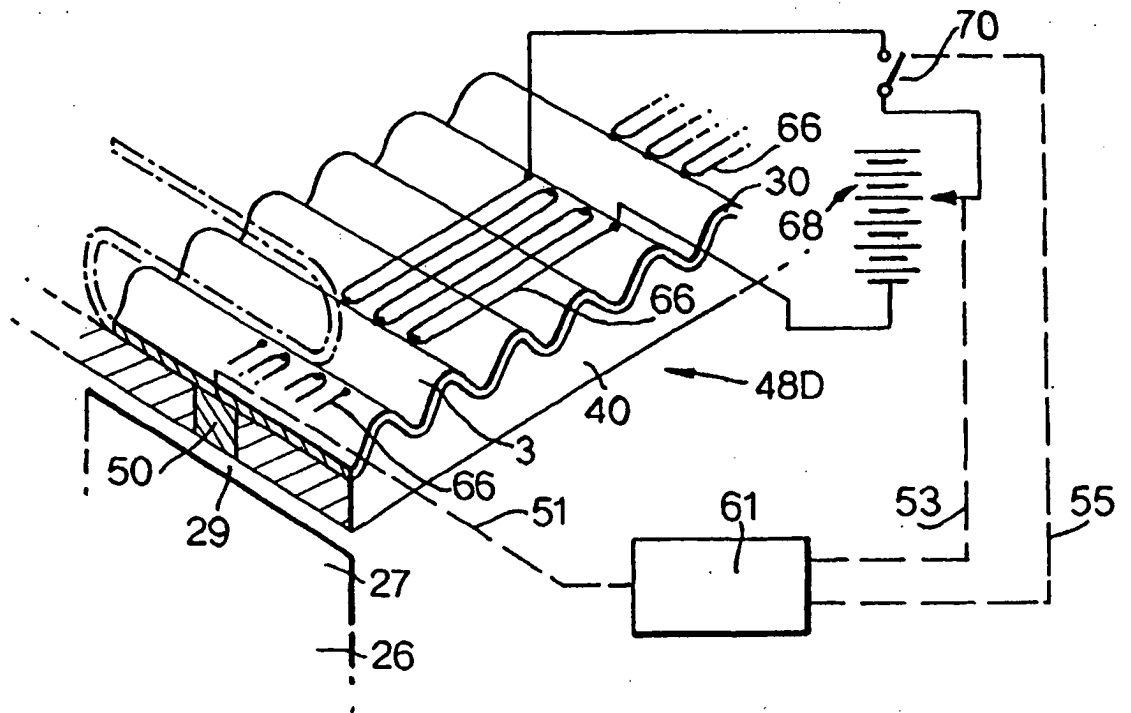


Fig.7.

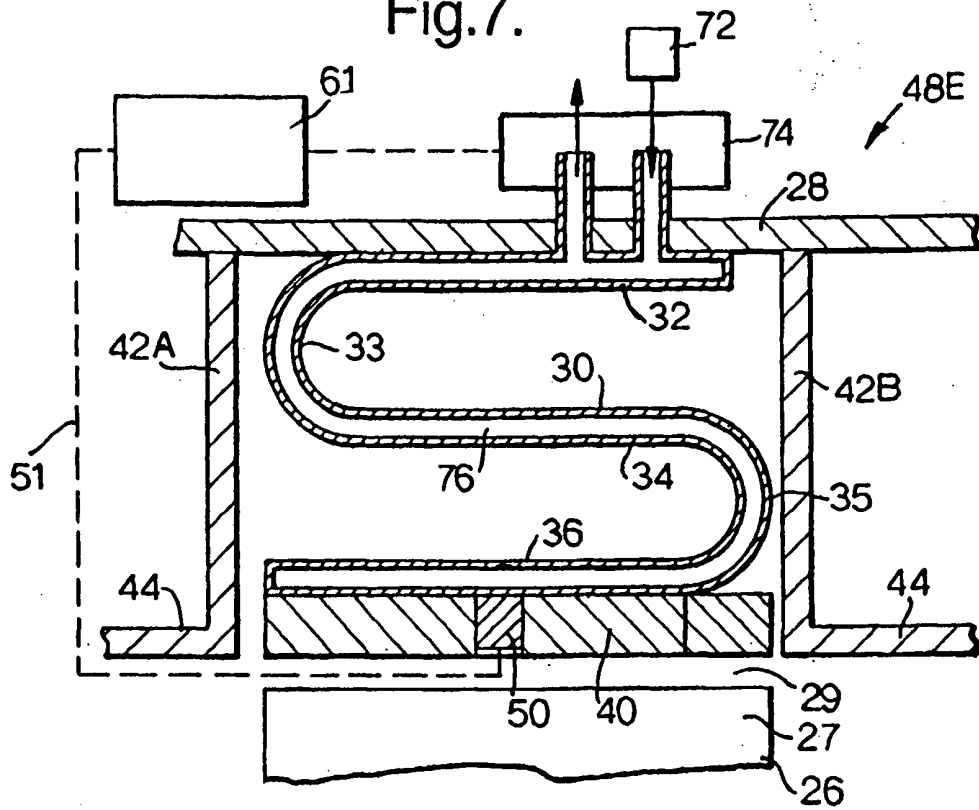


Fig.8.

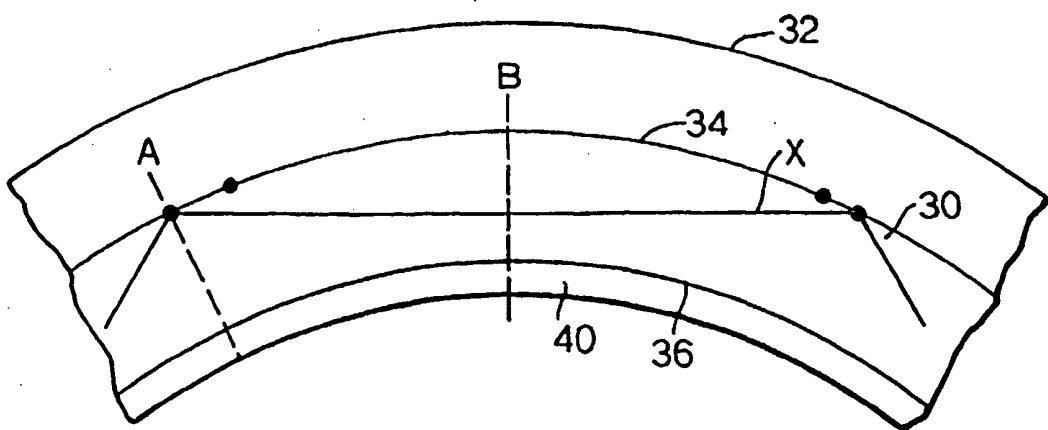


Fig.9.

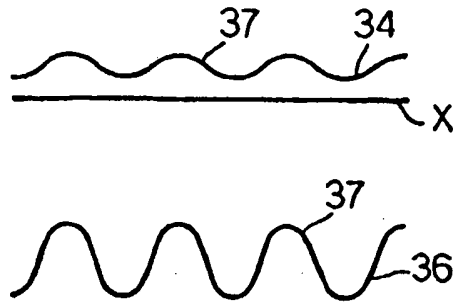


Fig.10.

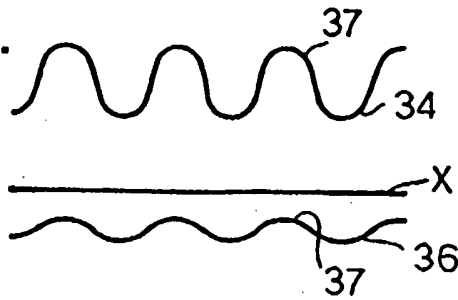


Fig.11.

