



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2005 003 759 T2** 2008.12.04

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 655 475 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 003 759.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 255 228.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.08.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.05.2006**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.12.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02K 3/072** (2006.01)

**F02C 3/067** (2006.01)

**F01D 1/24** (2006.01)

**B64D 35/06** (2006.01)

**F01D 25/16** (2006.01)

**F16C 17/12** (2006.01)

**F16C 17/18** (2006.01)

**F16C 13/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**976496**

**29.10.2004**

**US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT**

(73) Patentinhaber:

**General Electronic Co., Schenectady, N.Y., US**

(72) Erfinder:

**Seda, Jorge Francisco, Cincinnati, OH 45241, US;  
Butler, Lawrence, Eydon Northamptonshire NN11  
3PR, GB; Moniz, Thomas Ory, Loveland, OH 45140,  
US**

(74) Vertreter:

**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(54) Bezeichnung: **Gegenläufiges Turbinentriebwerk**

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 Erfindung betrifft allgemein Gasturbinen-triebwerke und insbesondere gegenläufige Gasturbinen-triebwerke.

**[0002]** Zumindest ein bekanntes Gasturbinen-triebwerk enthält in serieller Flussverbindung angeordnet eine vordere Gebläseanordnung, eine hintere Gebläseanordnung, einen Hochdruckverdichter zur Verdichtung der durch die Turbine strömenden Luft, eine Brennkammer zur Mischung eines Treibstoffs mit verdichteter Luft, so dass das Gemisch gezündet werden kann, und eine Hochdruckturbine. Der Hochdruckverdichter, die Brennkammer und die Hochdruckturbine werden manchmal gemeinsam als das Kerntriebwerk bezeichnet. Im Betrieb erzeugt das Kerntriebwerk Verbrennungsgase, die stromab einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine ausgestoßen werden, die ihnen Energie zum Antrieb der vorderen und der hinteren Gebläseanordnung entzieht. In zumindest einigen bekannten Gasturbinen-triebwerken rotiert zumindest eine Turbine in eine gegenläufige Richtung als die anderen rotierenden Komponenten in dem Triebwerk.

**[0003]** Zumindest eine bekannte gegenläufig rotierende Niederdruckturbine weist einen Einlassradius auf, der größer ist als der Radius eines Hochdruckturbinenauslasses. Die vergrößerte Größe des Einlassradius ermöglicht eine Aufnahme zusätzlicher Stufen innerhalb der Niederdruckturbine. Insbesondere enthält zumindest eine bekannte gegenläufig rotierende Niederdruckturbine eine äußere Turbine, die eine erste Anzahl von Niederdruckstufen enthält, die mit der vorderen Gebläseanordnung drehfest gekoppelt sind, und eine innere Turbine, die die gleiche Anzahl von Stufen aufweist, die mit der hinteren Gebläseanordnung drehfest gekoppelt sind.

**[0004]** Während der Triebwerkmontage werden diese bekannten Gasturbinen-triebwerke so montiert, dass die äußere Turbine aus dem hinteren Turbinenrahmen auskragt. Insbesondere werden die Stufen der ersten Anzahl der äußeren Turbine jeweils miteinander und mit einem umlaufenden Gehäuse verbunden, während die äußere Turbine dann mit dem hinteren Turbinenrahmen unter Verwendung lediglich der letzten Stufe der äußeren Turbine so verbunden wird, dass lediglich die letzte Stufe der äußeren Turbine das Gesamtgewicht des umlaufenden Gehäuses der äußeren Turbine stützt. Um entsprechend die notwendige strukturelle Formfestigkeit für solche Triebwerke zu schaffen, ist die letzte Stufe der äußeren Turbine im Allgemeinen viel größer und schwerer als die anderen Stufen der äußeren Turbine. An sich können die im Betrieb mit dem erhöhten Gewicht und vergrößerter Größe einhergehenden Leistungsnachteile in der Tat die Vorteile der Verwendung von gegenläufig rotierenden Niederdruckturbinen zunichte

machen.

**[0005]** US 6,725,643 beschreibt ein Hochleistungsgasturbinenenergieerzeugungssystem.

**[0006]** EP 1 403 485 beschreibt ein Gasturbinen-triebwerk mit einer Niederdruckturbine mit gegenläufig rotierende Niederdruckinnen- und -außenwellenturbinen.

**[0007]** Verschiedene Aspekte und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den beigefügten Ansprüchen definiert.

**[0008]** Ausführungsformen der Erfindung werden nun anhand von Beispielen und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

**[0009]** [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht eines Abschnitts eines beispielhaften Gasturbinen-triebwerks;

**[0010]** [Fig. 2](#) eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer beispielhaften gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine;

**[0011]** [Fig. 3](#) eine vergrößerte Ansicht eines hinteren Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine, die das in [Fig. 2](#) gezeigte beispielhafte Folienlager enthält;

**[0012]** [Fig. 4](#) eine Seitenansicht einer Folienlagernordnung **100**, geschnitten entlang des Schnitts B-B;

**[0013]** [Fig. 5](#) eine Seitenansicht eines beispielhaften Folienlagers;

**[0014]** [Fig. 6](#) eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine, die ein beispielhaftes Folienlager enthält;

**[0015]** [Fig. 7](#) eine vergrößerte Ansicht eines vorderen Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine, die das in [Fig. 6](#) gezeigte beispielhafte Folienlager enthält;

**[0016]** [Fig. 8](#) eine vergrößerte Ansicht eines hinteren Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine, die das in [Fig. 6](#) gezeigte beispielhafte Folienlager enthält;

**[0017]** [Fig. 9](#) eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine, die ein beispielhaftes Folienlager enthält;

**[0018]** [Fig. 10](#) eine Endansicht des in [Fig. 9](#) gezeigten Folienlagers;

**[0019]** [Fig. 11](#) eine schematische Darstellung eines Gasturbinen-triebwerks, das ein beispielhaftes Folien-

lager enthält; und

[0020] **Fig. 12** einen Abschnitt eines Gasturbinenriebwerks, das das in **Fig. 11** gezeigte beispielhafte Folienlager enthält.

[0021] **Fig. 1** zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts eines beispielhaften Gasturbinenriebwerks **10**, das eine vordere Gebläseanordnung **12** und eine hintere Gebläseanordnung **14** enthält, die um eine in Längsrichtung ausgerichtete Mittelachse **16** angeordnet sind. Die Begriffe „vordere Gebläseanordnung“ und „hintere Gebläseanordnung“ werden hierin verwendet, um anzudeuten, dass eines der Gebläse **12** axial stromauf von dem anderen Gebläse **14** angeschlossen ist. Wie gezeigt, sind in einer Ausführungsform die Anordnungen **12** und **14** an einem vorderen Ende des Gasturbinenriebwerks **10** angeordnet. In einer alternativen Ausführungsform sind die Gebläseanordnungen **12** und **14** an einem hinteren Ende des Gasturbinenriebwerks **10** angeordnet. Die Gebläseanordnungen **12** und **14** beinhalten jeweils mehrere Reihen von Gebläseschaufeln **19**, die innerhalb einer Gondel **18** angeordnet sind. Die Laufschaufeln **19** sind mit zugehörigen Rotorlaufscheiben **21** verbunden, die über eine entsprechende Gebläsewelle **20** mit der vorderen Gebläseanordnung **12** und über eine Gebläsewelle **22** mit der hinteren Gebläseanordnung **14** drehfest gekoppelt sind.

[0022] Das Gasturbinenriebwerk **10** enthält ferner ein Kerntriebwerk **24**, das stromab von den Gebläseanordnungen **12** und **14** angeordnet ist. Das Kerntriebwerk **24** enthält einen Hochdruckverdichter (HDV) **26**, eine Brennkammer **28** und eine Hochdruckturbine (HDT) **30**, die mit dem HDV **26** über einen Kernrotor oder eine Welle **32** verbunden ist. Im Betrieb erzeugt das Kerntriebwerk **24** Verbrennungsgase, die stromab zu einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine **34** geleitet werden, die den Gasen Energie entzieht, um über ihre jeweiligen Gebläsewellen **20** bzw. **22** die Gebläseanordnungen **12** und **14** anzutreiben.

[0023] **Fig. 2** zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine **34**. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Niederdruckturbine **34** ein stationäres Außengehäuse **36**, das mit dem Kerntriebwerk **24** stromab von der (in **Fig. 1** veranschaulichten) Hochdruckturbine **30** gekoppelt ist. Die Niederdruckturbine **34** enthält einen radial äußeren Rotor **38**, der in Bezug auf das Außengehäuse **36** radial innen angeordnet ist. Der Außenrotor **38** weist eine im Wesentlichen kegelstumpfförmige Gestalt auf und enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand zueinander angeordnete Laufschaufeln **40**, die sich radial nach innen erstrecken. Die Schaufeln **40** sind in axial voneinander beabstandeten Schaufelreihen oder -stufen **41** angeordnet. Obwohl die beispielhafte Ausführungsform lediglich vier Stufen **41** zeigt, sollte es verständlich sein, dass der Außenrotor **38** eine beliebige Anzahl von Stufen **41** aufweisen kann, ohne den Anwendungsbereich des hierin beschriebenen Verfahrens und der Vorrichtung zu beeinträchtigen.

[0024] Die Niederdruckturbine **34** enthält auch einen radialen inneren Rotor **42**, der im Wesentlichen koaxial zu und radial innen von dem Außenrotor **38** angeordnet ist. Der innere Rotor **42** enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand zueinander angeordnete Rotorlaufschaufeln **44**, die sich radial nach außen erstrecken und in axial voneinander beabstandeten Reihen oder Stufen **43** angeordnet sind. Obwohl die beispielhafte Ausführungsform lediglich fünf Stufen veranschaulicht, sollte es verständlich sein, dass der Innenrotor **42** eine beliebige Anzahl von Stufen aufweisen kann, ohne den Anwendungsbereich des hierin beschriebenen Verfahrens und der Vorrichtung zu beeinträchtigen.

[0025] In der beispielhaften Ausführungsform sind die sich von den Stufen **43** aus erstreckenden Laufschaufeln **44** des Innenrotors mit den Laufschaufeln des Innenrotors, die sich von den Stufen **41** aus erstrecken, derart verschachtelt, dass sich die Innenrotorstufen **43** zwischen entsprechenden Außenrotorstufen **41** erstrecken. Die Schaufeln **40** und **44** sind folglich für einen Gegenumlauf der Rotoren **38** und **42** konfiguriert.

[0026] In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Niederdruckturbine **34** ferner eine Rotorstützanordnung **45**, die einen stationären ringförmigen hinteren Rahmen **46** enthält, der sich hinter den äußeren und inneren Laufschaufeln **40** und **44** der Niederdruckturbine befindet. Der Hinterrahmen **46** enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand zueinander angeordnete Streben **47**, die an ihren äußeren Enden an ein ringförmiges Außenband **48**, das mit dem Außengehäuse **36** verbunden ist, und an ihren inneren Enden an ein ringförmiges Innenband oder eine innere Nabe angekoppelt sind. Der Hinterrahmen **46** enthält auch eine ringförmige nichttragende Strömungspfadweiterung **50**, die sich radial nach innen erstreckt. In der beispielhaften Ausführungsform sind die hinteren Streben **47** in Strömungsverbindung mit einem hinteren Ende der Niederdruckturbine **34** positioniert, um von diesem die Verbrennungsgase zu empfangen.

[0027] Ein drehbarer hinterer Rahmen **51** ist hinter den äußeren und inneren Schaufeln **40** und **44** und stromauf von dem Hinterrahmen **46** angeordnet. Der Rahmen **51** ist mit einem hinteren Ende des äußeren Rotors **38** gekoppelt, um gemeinsam mit diesem umzulaufen und die Schaffung einer zusätzlichen Festigkeit zum Abstützen der Schaufeln **40** zu unterstützen. Der Hinterrahmen **51** enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand zueinander angeordnete

Streben **52**, die mit einem radial äußeren und einem radial inneren ringförmigen hinteren Deckband **53** und **54** derart verbunden sind, dass das innere Hinterband **54** mit einer ringförmigen hinteren Stützwelle **55** fest verbunden ist, um mit dieser gemeinsam zu rotieren. Die Welle **55** erstreckt sich radial innen und stromauf von dem Hinterrahmen **46**. Das äußere und das innere Deckband **53** bzw. **54** ermöglichen eine Kopplung der in Umfangsrichtung in Abstand zueinander angeordneten Streben **52** miteinander, um eine relativ steife Anordnung zu bilden. Entsprechend ermöglicht die Kombination aus den in Umfangsrichtung in Abstand zueinander angeordneten Streben **52** und dem äußeren und inneren Deckband **53** und **54** einen Lastentransfer von dem äußeren Rotor **38** durch ein hinteres Folienlager **100** zu dem Außengehäuse **36**. Das Folienlager **100** kann die Notwendigkeit einer Lastenübertragung von dem Außenrotor **38** auf den hinteren Rahmen **46** über eine (nicht veranschaulichte) zusätzliche hintere Lager-/Gehäusestruktur beseitigen.

[0028] Ein ringförmiger Mittelrahmen **60** ist stromauf von den äußeren und inneren Schaufeln **40** und **44** angeordnet und enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abstand zueinander angeordneten vordere Streben **62**, die mit einem radial äußeren Vorderband **64** und mit einem radial inneren Vorderband **66** gekoppelt sind. Das innere Vorderband **66** ist auch mit einer Ringwelle **68** verbunden, die sich in Bezug auf das Band **66** radial innen erstreckt. In der beispielhaften Ausführungsform ist der Mittelrahmen **60** der Turbine an das Außengehäuse **36** über das äußere Vorderband **64** starr gesichert. In der beispielhaften Ausführungsform sind die vorderen Streben **62** von einer Verkleidung **70** umgeben, die eine Abschirmung der Streben **62** vor den heißen Verbrennungsgasen, die durch das Triebwerk **10** strömen, ermöglicht. In einer weiteren Ausführungsform sind die Streben **62** nicht von einer Verkleidung **70** umschlossen.

[0029] In der beispielhaften Ausführungsform enthält das Gasturbinentriebwerk **10** mehrere Folienlager **100**, die zwischen dem äußeren Rotor **38** und dem Gehäuse **36** angeordnet sind. In einer Ausführungsform ist eine erste Anzahl von Lagern **102** an einem hinteren Ende **104** der Niederdruckturbine **34** positioniert, während eine zweite Anzahl von Lagern **106** an einem vorderen Ende **108** der Niederdruckturbine **34** angeordnet ist. Die Folienlager **100** ermöglichen die Erzielung einer strukturellen Abstützung der Niederdruckturbine **34** während einer Manöverbelastung. Genauer gesagt, sind die Folienlager **100** in Umfangsrichtung um eine äußere Oberfläche **110** des äußeren Rotors **38** herum in Abstand zueinander angeordnet, um die Schaffung einer Drehlagerung für die Niederdruckturbine **34** zu ermöglichen. Genauer gesagt und in der beispielhaften Ausführungsform sind vier Folienlager in Umfangsrichtung ungefähr im gleichen Abstand zueinander um einen Außenum-

fang der Niederdruckturbine **34** herum an dem hinteren Ende **104** angeordnet, während vier Folienlager in Umfangsrichtung ungefähr im gleichen Abstand zueinander um einen Außenumfang der Niederdruckturbine **34** herum an dem vorderen Ende **108** angeordnet sind. Dementsprechend ist in der beispielhaften Ausführungsform ein Gewicht der Niederdruckturbine **34** rings um den Umfang des Gasturbinentriebwerks **10** an sowohl dem vorderen als auch dem hinteren Ende **108** bzw. **104** ungefähr gleich verteilt.

[0030] [Fig. 3](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht eines hinteren Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine **34** mit einer Folienlageranordnung **100**. [Fig. 4](#) zeigt eine Seitenansicht der Folienlageranordnung **100**, die entlang der Ansicht B-B aufgenommen ist. [Fig. 5](#) zeigt eine Seitenansicht eines beispielhaften Folienlagers **101**. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Folienlageranordnung **100** ein Tragelement **122**, das an dem Gehäuse **36** unter Verwendung mehrerer Befestigungsmittel **124** starr gesichert und mit dem Folienlager **101** unter Verwendung zumindest eines Befestigungsmittels **126** drehfest gekoppelt ist.

[0031] In einer beispielhaften Ausführungsform enthält das Lager **101** ein Laufringpaar **130** und zumindest ein Folienelement **132**. Das Laufringpaar **130** enthält einen äußeren Laufring **134** und einen inneren Laufring **136**, der radial innen von dem äußeren Laufring **134** angeordnet ist. Die Folienelemente **132** erstrecken sich zwischen dem inneren Laufring **136** und dem äußeren Laufring **134**, und jedes enthält mehrere nachgiebige Metallfolien **132**, von denen jede mit dem äußeren Laufring **134** verbunden ist, um eine Drehbewegung des inneren Laufrings relativ zu dem äußeren Laufring **136** oder, wie in dieser Ausführungsform, eine Drehbewegung des äußeren Laufrings **134** in Bezug auf den inneren Laufring **136** zu ermöglichen. In der beispielhaften Ausführungsform ermöglichen die Folienlager **101** eine Reduktion der Auswirkungen der Manöverbelastungen auf die gegenläufig rotierende Niederdruckturbine **34**, während sie die Spaltsteuerung und Abdichtung zwischen den Rotoren verbessern. Ferner fördert die Benutzung von Folienlagern in Gasturbinentriebwerken **10** eine Reduktion von Herstellungskosten des Gasturbinentriebwerks, da die Folienlager keine Schmierung erfordern, keine DN-Drehzahlbegrenzung aufweisen, wobei D als der Durchmesser der Lagerbohrung in Millimeter definiert ist und N als die Höchstgeschwindigkeit des Lagers in Umdrehungen pro Minute definiert ist, keine Wartung erfordern und selbsttätige hydrodynamische „Float an Air“-Vorrichtungen („in Luft schwebende“ Vorrichtungen) bilden.

[0032] In der beispielhaften Ausführungsform wird die im Triebwerksbetrieb während einer Rotation der Niederdruckturbine **34** erzeugte radiale Kraft auf das

Folienlager **101** übertragen. Genauer gesagt, wenn die Niederdruckturbine **34** rotiert, berührt eine äußere Oberfläche **138** des Folienlagers **101** eine Außenfläche **139** der Niederdruckturbine **34**, um eine Reduktion der radialen Bewegung der Niederdruckturbine **34** zu fördern. Da jedes entsprechende Folienlager **101** mit dem Außengehäuse **36** über das Tragelement **122** gekoppelt ist, behält die Niederdruckturbine **34** eine relativ konstante radiale Position bezüglich des Außengehäuses **36** bei. Genauer gesagt, wenn die Niederdruckturbine **34** im Betrieb radial nach außen gedrückt wird, wird, nachdem das Folienlager **101** an dem Außengehäuse angebracht ist, eine beliebige radiale Bewegung der Niederdruckturbine **34** auf das Gehäuse **36** derart so übertragen, dass die Niederdruckturbine **34** in einer relativ konstanten radialen Position bezüglich des Außengehäuses **36** gehalten wird.

[0033] [Fig. 6](#) zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine **34**, die eine beispielhafte Folienlageranordnung **200** enthält. [Fig. 7](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht eines vorderen Abschnitts der gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine **34**, die das Folienlager **200** enthält. [Fig. 8](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht eines hinteren Abschnitts der gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine **34**, die das Folienlager **200** enthält.

[0034] In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Niederdruckturbine **34** eine erste Folienlageranordnung **202** an dem hinteren Ende **104** der Niederdruckturbine. Die Lageranordnung **202** enthält ein Folienlager **204** und ein Tragelement **206**, das an dem Gehäuse **36** unter Verwendung mehrerer Befestigungsmittel **208** starr gesichert ist. Das Tragelement **206** ist über einem Außenumfang des radialen Außenrotors **38** derart drehbar angekoppelt, dass das Folienlager **204** den äußeren Rotor **38** radial begrenzt.

[0035] In einer weiteren Ausführungsform enthält das Gasturbinentriebwerk **10** eine zweite Folienlageranordnung **210**, die an dem vorderen Ende **108** der Niederdruckturbine angeordnet ist. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Lageranordnung **210** ein Folienlager **212** und ein Tragelement **214**, das an dem Gehäuse **36** unter Verwendung mehrerer Befestigungsmittel **216** starr gesichert und um einen Außenumfang des radialen Außenrotors **38** derart drehbar angekoppelt ist, dass das Folienlager **212** den äußeren Rotor **38** radial begrenzt.

[0036] In der beispielhaften Ausführungsform enthalten die Folienlager **204** und **212** jeweils ein Lauf ringpaar **230** und zumindest ein Folienelement **232**. Das Lauf ringpaar **230** enthält einen äußeren Laufring **234** und einen inneren Laufring **236**, der radial innen

von dem äußeren Laufring **234** angeordnet ist. Die Folienelemente **232** erstrecken sich zwischen dem inneren Laufring **236** und dem äußeren Laufring **234**. Insbesondere enthält jedes Folienlager **204** und **212** mehrere nachgiebige Metallfolien **232**, von denen jede entweder mit dem inneren Laufring **236** und/oder mit dem äußeren Laufring **234** verbunden ist, um eine Drehbewegung des inneren Laufrings relativ zu dem äußeren Laufring **234** zu ermöglichen. In einer weiteren Ausführungsform enthalten die Folienlager **204** und **212** keinen inneren Laufring **236**, wobei stattdessen jedes mehrere nachgiebige Metallfolien **232** enthält, die mit dem äußeren Laufring **234** verbunden und mit dem Gehäuse **36** reibschlüssig gekoppelt sind. In einer beispielhaften Ausführungsform fördern die Folienlager **204** und **212** eine Reduktion der Auswirkungen von Manöverbelastungen auf die gegenläufig rotierende Niederdruckturbine **34**, während sie auch die Spaltsteuerbarkeit und Abdichtbarkeit zwischen den Rotoren verbessern. Ferner fördert die Benutzung von Folienlagern in Gasturbinentriebwerken **10** eine Reduktion von Herstellungskosten des Gasturbinentriebwerks, da die Folienlager keine Schmierung erfordern, keine DN-Drehzahlgrenze aufweisen, keine Wartung erfordern und selbsttätige hydrodynamische „Float an Air“-Vorrichtungen bilden.

[0037] In der beispielhaften Ausführungsform wird die im Triebwerksbetrieb während einer Rotation der Niederdruckturbine **34** erzeugte radiale Kraft auf die Folienlager **204** und **212** übertragen. Genauer gesagt, wenn die Niederdruckturbine **34** rotiert, berührt eine äußere Oberfläche **240** der Folienlager **204** und **212** eine äußere Oberfläche **244** der Niederdruckturbine **34**, um eine Reduktion der radialen Bewegung der Niederdruckturbine **34** zu unterstützen. Da jedes entsprechende Folienlager **204** und **212** mit dem Außengehäuse **36** über das Tragelement **206** verbunden sind, wird die Niederdruckturbine **34** in einer relativ konstanten radialen Position bezüglich des Außengehäuses **36** gehalten. Genauer gesagt, wenn die Niederdruckturbine **34** im Betrieb radial nach außen gedrückt wird, wird, da die Folienlager **204** und **212** mit dem Außengehäuse **36** so verbunden sind, dass zumindest entweder der innere Laufring **236** und/oder die Metallfolien **232** die äußere Oberfläche der Niederdruckturbine **34** begrenzen, jede beliebige radiale Bewegung der Niederdruckturbine **34** auf das Gehäuse **36** so übertragen, dass die Niederdruckturbine **34** in einer relativ konstanten radialen Position bezüglich des Außengehäuses **36** beibehalten wird.

[0038] [Fig. 9](#) zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer gegenläufig rotierenden Niederdruckturbine **34**, die eine beispielhafte Folienlageranordnung **300** enthält. [Fig. 10](#) zeigt eine Endansicht des Folienlagers **300**. In der beispielhaften Ausführungsform ist das Folienlager **300** ein Differentialfolienlager, das sich zwischen den Wellen **20** und **22** er-



streckt. Genauer gesagt, enthält das Folienlager **300** ein erstes oder nach außen gerichtetes Folienbündel **310**, einen zentralen Laufring **312** und ein zweites oder nach innen gerichtetes Folienbündel **314**. Im Betrieb ermöglicht das Folienlager **300** eine Reduktion von Wellendurchbiegungen zwischen den Wellen **20** und **22**, die auftreten können, wenn ein Gasturbinenriebwerk **10** während Manöverbelastungen arbeitet.

**[0039]** In der beispielhaften Ausführungsform fördert das Folienlager **300** eine Reduktion der Auswirkungen von Manöverbelastungen auf die gegenläufig rotierende Niederdruckturbine **34**, während sie auch die Spaltsteuerung und Abdichtung zwischen den Rotoren verbessern. Ferner ermöglicht die Benutzung von Folienlagern in dem Gasturbinenriebwerk **10** eine Reduktion von Herstellungskosten des Gasturbinenriebwerks, da die Folienlager keine Schmierung erfordern, keine DN-Drehzahlgrenze aufweisen, keine Wartung erfordern und selbsttätige hydrodynamische „Float an Air“-Vorrichtungen darstellen.

**[0040]** [Fig. 11](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Gasturbinenriebwerks **10**, das zumindest ein einzelnes Folienlager **400** enthält. [Fig. 12](#) veranschaulicht einen Abschnitt des Gasturbinenriebwerks, das das Folienlager **400** enthält. In einer Ausführungsform ist die Hochdruckturbine **30** mit einem Hochdruckturbinenstützring **410** verbunden, der durch einen Träger **414** mit einer Düsenanordnung **412** einer Niederdruckturbinenstufe **1** drehfest gekoppelt ist. Das Folienlager **400** erstreckt sich zwischen dem Träger **414** und dem Hochdruckturbinenstützring **410**. Genauer gesagt, weist das Folienlager **400** einen Innendurchmesser und/oder eine Weite **420** auf, der/die gezielt bemessen ist, um dem Folienlager **400** zu ermöglichen, einen Außenumfang des Hochdruckturbinenstützrings **410** zu begrenzen. Entsprechend ermöglicht das Lager **400** die Schaffung einer Stütze für die Hochdruckturbine **30**.

**[0041]** In einer weiteren Ausführungsform ist die Hochdruckturbine **30** mit einem Hochdruckturbinenstützring **410** gekoppelt, der über den Träger **414** mit dem Turbinenmittelrahmen **60** drehfest verbunden ist. Das Folienlager **400** erstreckt sich zwischen dem Träger **414** und dem Hochdruckturbinenstützring **410**. Genauer gesagt, weist das Folienlager **400** einen Innendurchmesser und/oder eine Weite **420** auf, der/die gezielt derart bemessen ist, dass das Folienlager **400** einen Außenbereich des Hochdruckturbinenstützrings **410** begrenzt und somit die Erzielung einer Abstützung für die Hochdruckturbine **30** erleichtert. In einer weiteren Ausführungsform ist jedes entsprechende Rollenlager innerhalb der Gasturbine **10** durch ein Folienlager ersetzt.

**[0042]** Die oben beschriebenen Folienlagersysteme stellen ein kosteneffizientes und höchstzuverlässiges

Verfahren zur Verbesserung der Spaltsteuerung eines gegenläufig rotierenden Niederdruckturbinenrotors dar. Darüber hinaus können Manöverbelastungen aufgrund der Größe des gegenläufig rotierenden Niederdruckturbinenrotors den Betrieb des Gasturbinenriebwerks beeinträchtigen. Die Herstellung eines Gasturbinenriebwerks, das Folienlager enthält, fördert entsprechend eine Reduktion der Auswirkungen der Manöverbelastungen auf die gegenläufig rotierende Niederdruckturbine **34**, und zwar bei gleichzeitiger Verbesserung der Spaltsteuerung und Abdichtung zwischen den Rotoren. Ferner erleichtert die Benutzung von Folienlagern in dem Gasturbinenriebwerk eine Reduktion der Herstellungskosten des Gasturbinenriebwerks, da die Folienlager keine Schmierung erfordern, keine DN-Drehzahlgrenze aufweisen, wobei D als der Durchmesser der Lagerbohrung in Millimeter definiert ist, während N als die Höchstdrehzahl des Lagers in Umdrehungen pro Minute definiert ist, keine Wartung erfordern und sich selbsttätige hydrodynamische „Float an Air“-Vorrichtungen darstellen.

**[0043]** Zusätzlich können Folienlager verwendet werden, um vorhandene konventionelle Öllager unter Manöverbelastungen zu ergänzen und/oder um den Bedarf an Schmieröl, Rücklauf, Ablaufsystemen sowie Sumpfdruckregelung und Entlüftung quer durch das gegenläufig rotierende Niederdruckturbinenmodul zu eliminieren. Wenn Folienlager in einem Gasturbinenriebwerk verwendet werden, das eine gegenläufig rotierende Turbine aufweist, werden sowohl konventionelle als auch differentielle Lager eliminiert. Das Verfahren und das System, wie sie hierin beschrieben sind, erleichtern ferner die Stützung der drei Rotoren enthaltenden Konstruktion, indem sie zwei Hauptrahmen verwenden und den Bedarf an einem herkömmlichen Turbinenhinterrahmen eliminieren und auf diese Weise eine Rotorabstützung unter allen Bedingungen bei gleichzeitiger Reduktion des Systemgewichts, der Kosten und der Komplexität optimieren.

**[0044]** Beispielhafte Ausführungsformen von Gasturbinensystemen sind oben detailliert beschrieben. Die Gasturbinensysteme sind nicht auf die hierin beschriebenen speziellen Ausführungsformen beschränkt; vielmehr können Komponenten der Systeme unabhängig und gesondert von anderen hierin beschriebenen Komponenten verwendet werden. Jede Gasströmungspfadkomponente kann auch in Kombination mit anderen Gaspfadkomponenten verwendet werden.

### Patentansprüche

1. Rotoranordnung (**45**), die aufweist:  
einen inneren Rotor (**42**), der eingerichtet ist, um sich in eine erste Drehrichtung zu drehen;  
einen äußeren Rotor (**38**), der eingerichtet ist, um

sich in eine zweite Drehrichtung zu drehen, die zu der ersten Drehrichtung entgegengesetzt ist; und gekennzeichnet durch:

mehrere rund um einen äußeren Umfang des äußeren Rotors (38) in Umfangsrichtung ungefähr äquidistant voneinander beabstandete angeordnete Folienlager (102), die eingerichtet sind, um wenigstens einen aus dem inneren und dem äußeren Rotor zu lagern.

2. Rotoranordnung (45) gemäß Anspruch 1, wobei der äußere Rotor (38) radial innen von einem äußeren Gehäuse (36) angeschlossen ist und mehrere axial im Abstand zueinander angeordnete Reihen (41) von äußeren Laufschaufeln (40) enthält, wobei sich die äußeren Laufschaufeln radial innen von dem äußeren Gehäuse erstrecken, und der innere Rotor (42) radial innen von dem äußeren Rotor angeschlossen ist und mehrere axial im Abstand zueinander angeordnete Reihen (43) von inneren Laufschaufeln (44) enthält, wobei die inneren Laufschaufeln sich so radial innen erstrecken, dass die inneren Laufschaufeln axial mit den äußeren Schaufeln ineinander greifen.

3. Rotoranordnung (45) gemäß Anspruch 1, wobei das Folienlager (100) mit dem äußeren Rotor (38) derart verbunden ist, dass das Folienlager den äußeren Rotor umläuft.

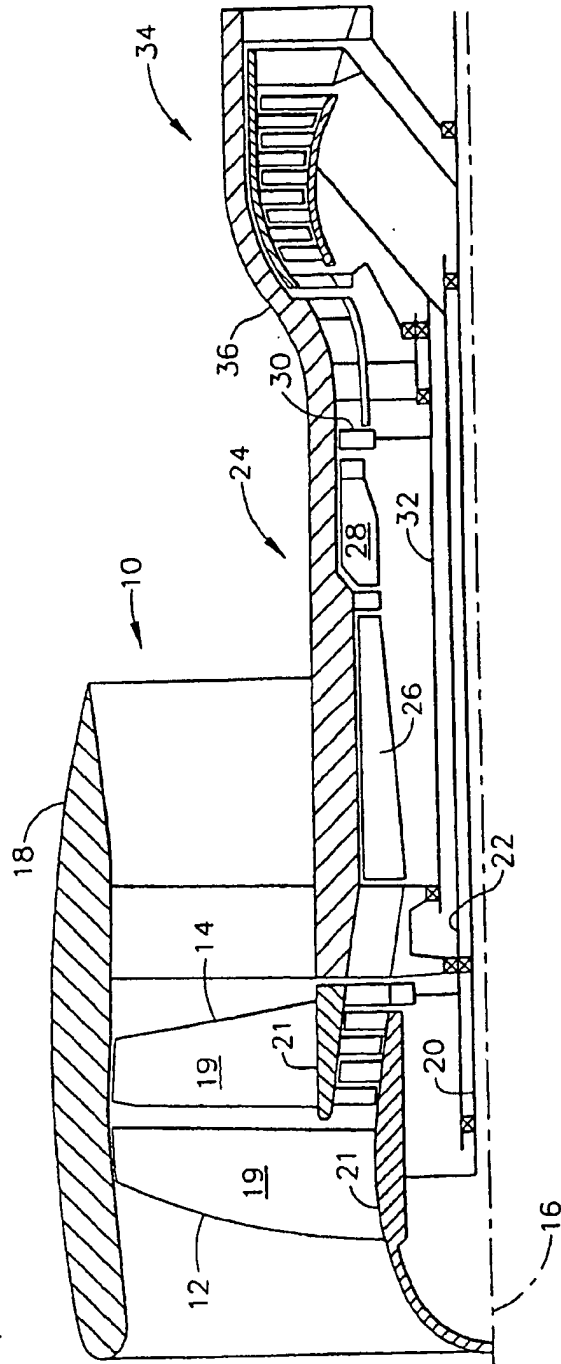
4. Rotoranordnung (45) gemäß Anspruch 1, die ferner aufweist:  
eine erste Welle (22), die an den inneren Rotor (42) und ein erstes Gebläse (14) angeschlossen ist;  
eine zweite Welle (20), die an den äußeren Rotor (38) und ein zweites Gebläse (12) angeschlossen ist; und  
ein Differentialfolienlager (300), das zwischen der ersten und der zweiten Welle angeordnet ist.

5. Gasturbinentriebwerk (10), das eine Rotoranordnung (45) gemäß Anspruch 1 aufweist.

6. Gasturbinentriebwerk (10) gemäß Anspruch 5, das ferner aufweist:  
einen Hochdruckturbinenstützring (410);  
wenigstens entweder eine Düse (412) einer ersten Stufe einer Niederdruckturbine (34) und/oder einen Turbinenmittelrahmen (60); und  
ein Folienlager (400), das zwischen wenigstens entweder der Düse der ersten Stufe der Niederdruckturbine und/oder dem Turbinenmittelrahmen (60) derart angeschlossen ist, dass das Folienlager die Hochdruckturbine (30) stützt.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





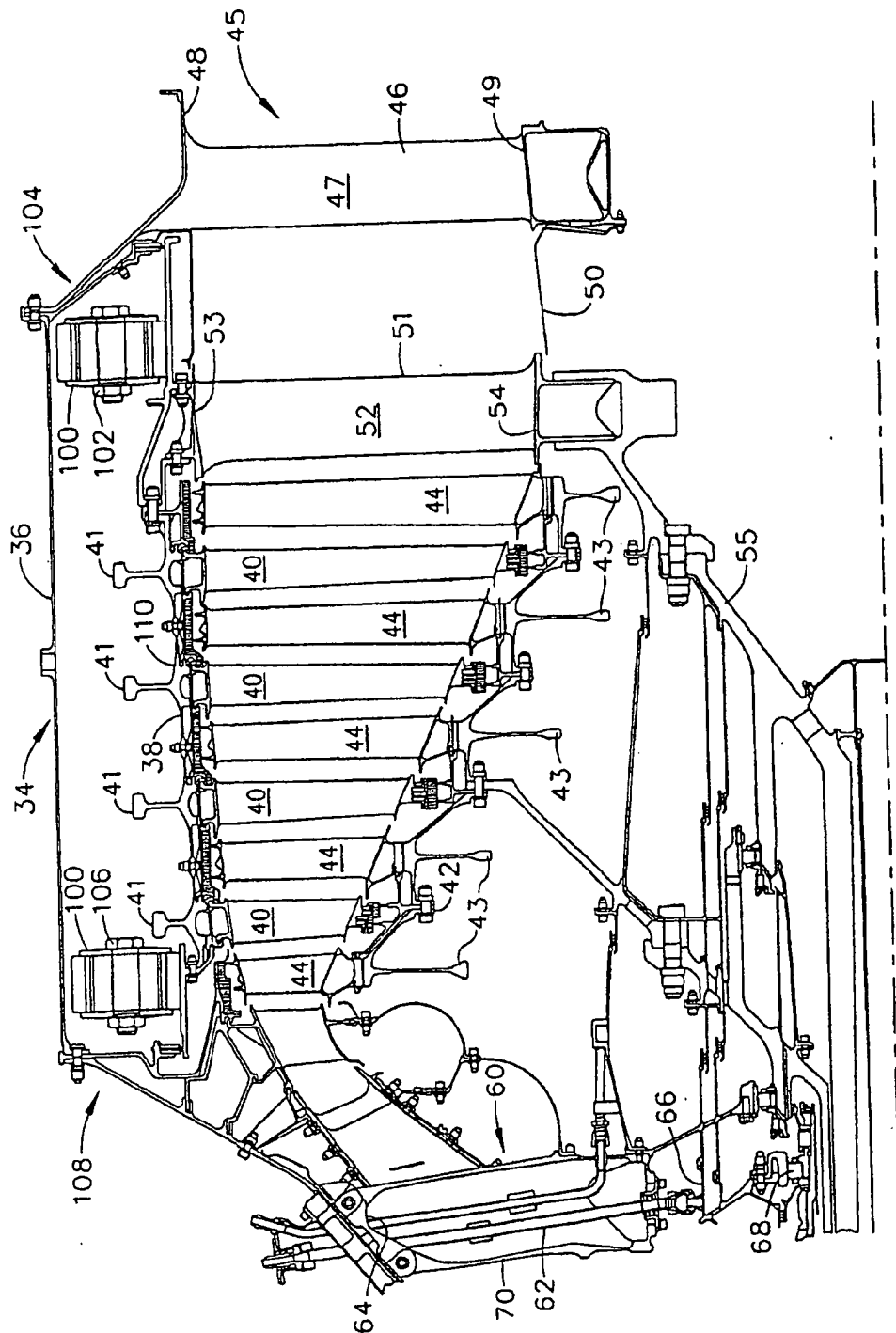


FIG. 2

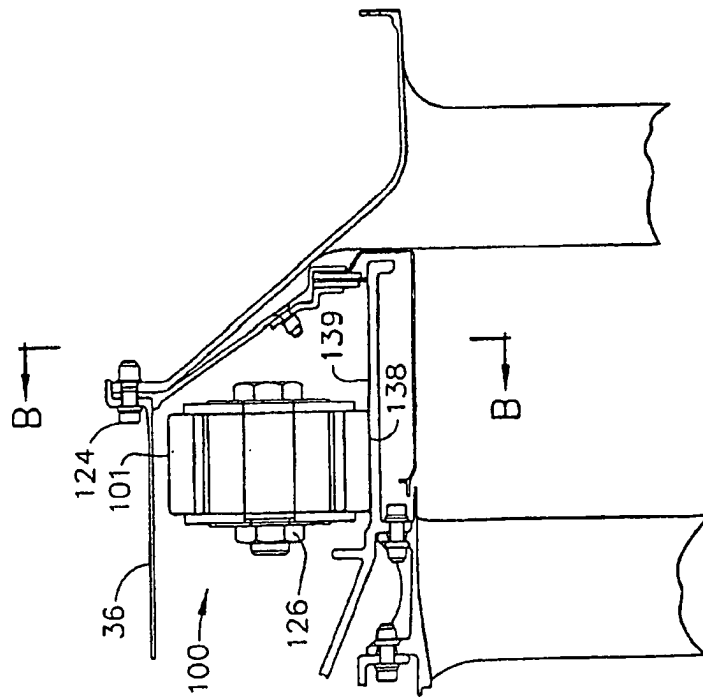


FIG. 3

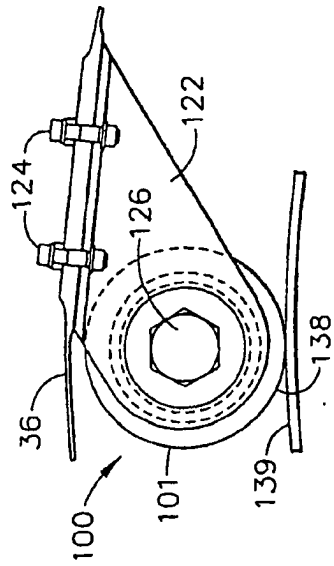


FIG. 4

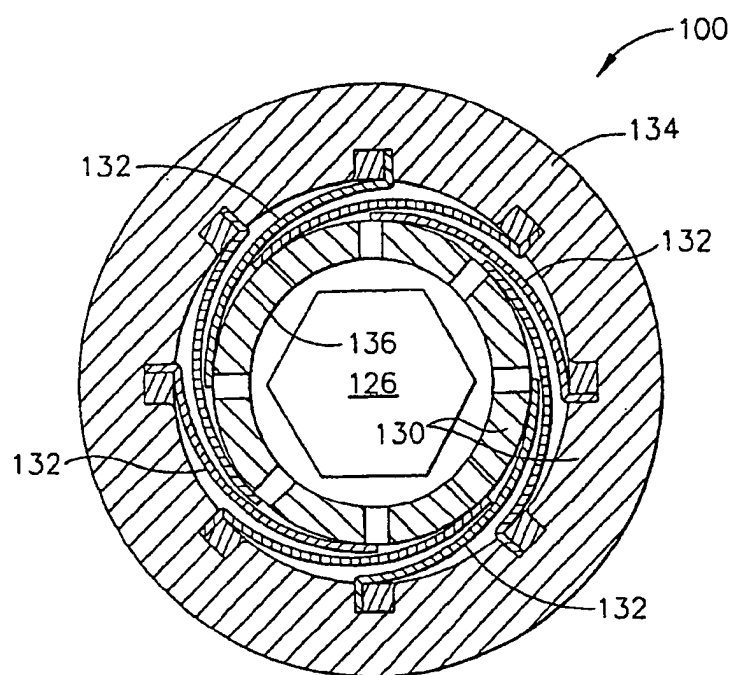
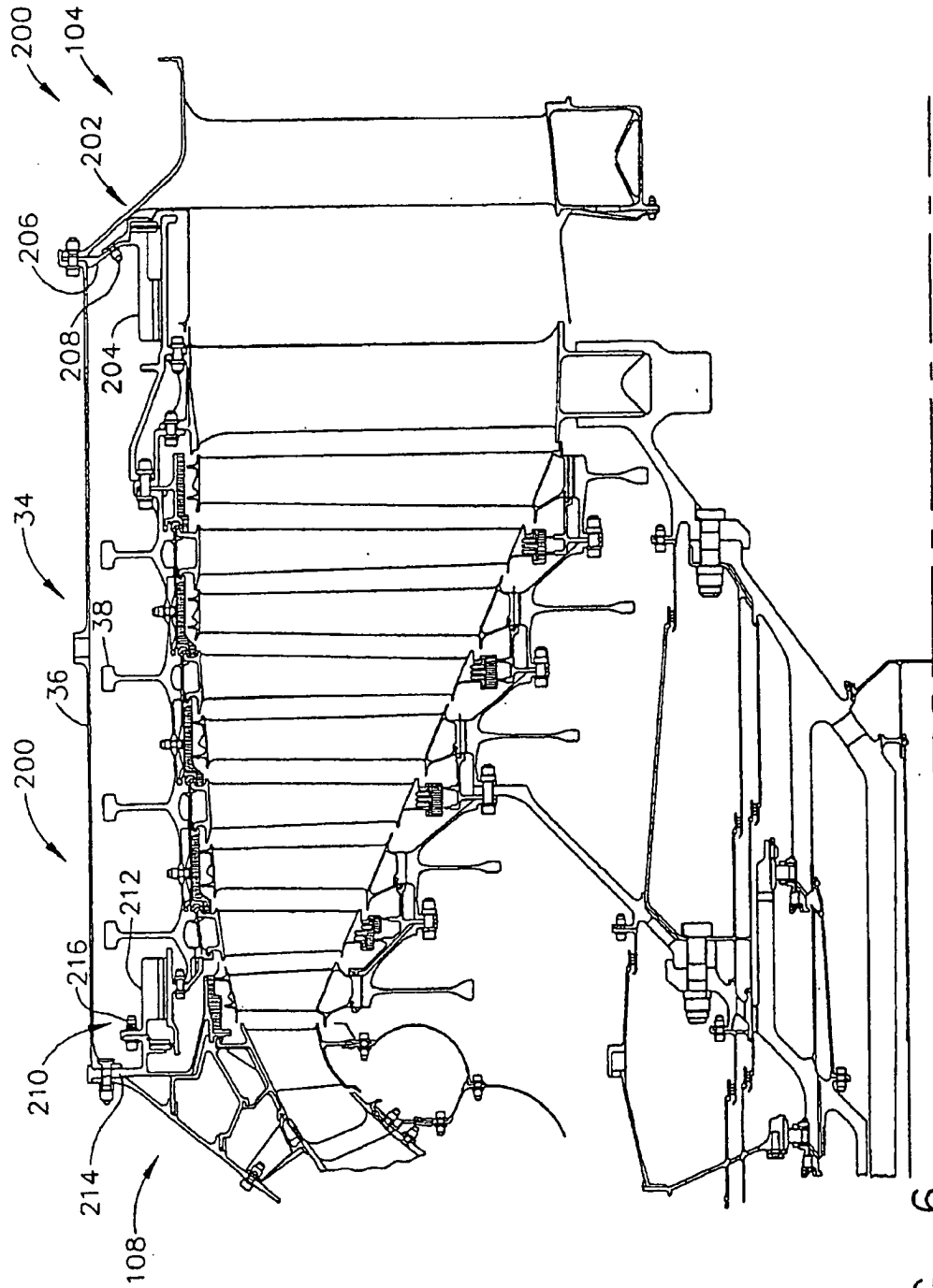


FIG. 5



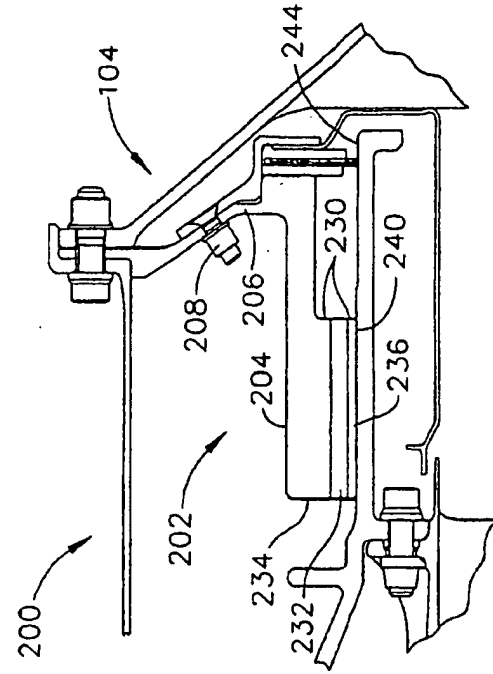


FIG. 7

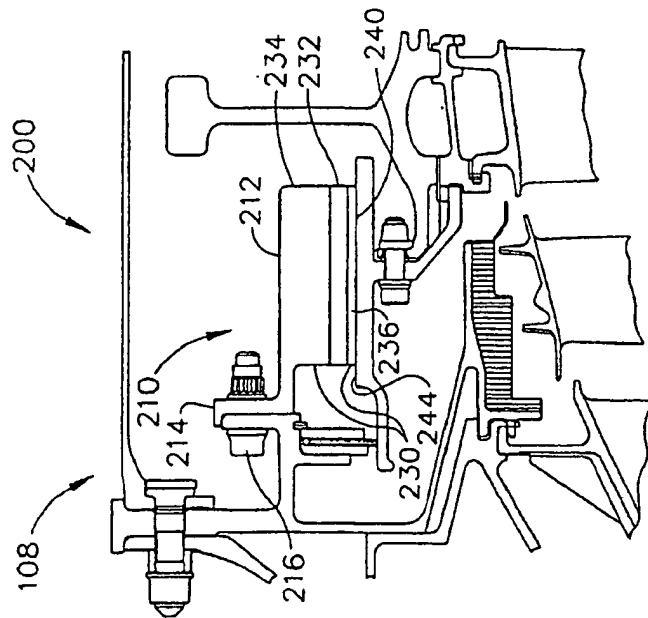


FIG. 8

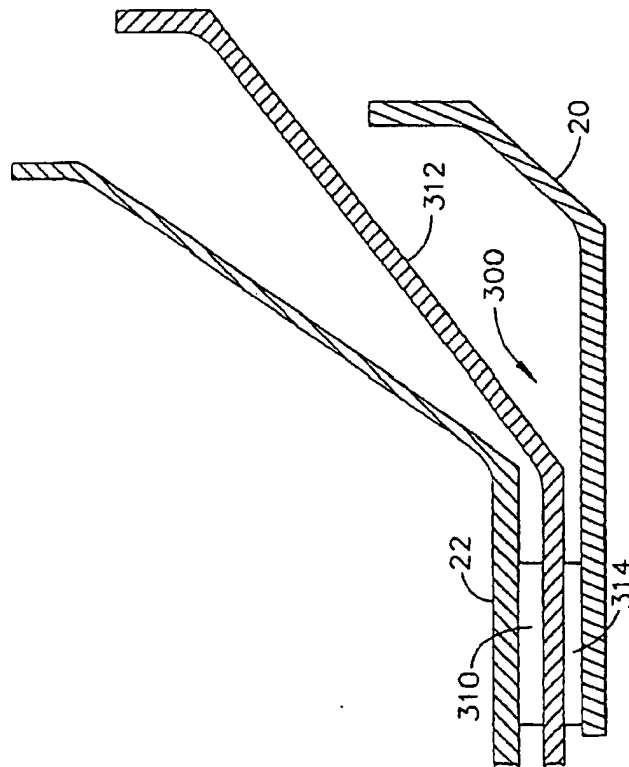


FIG. 9

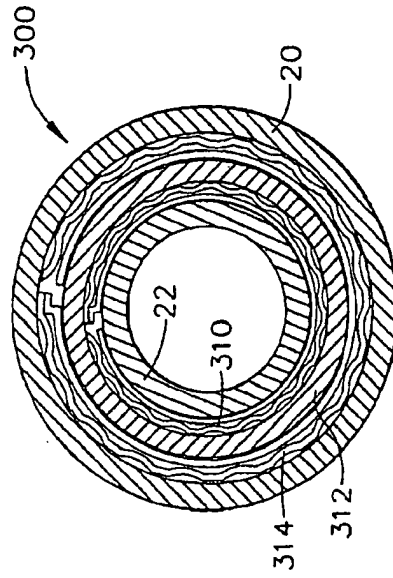


FIG. 10



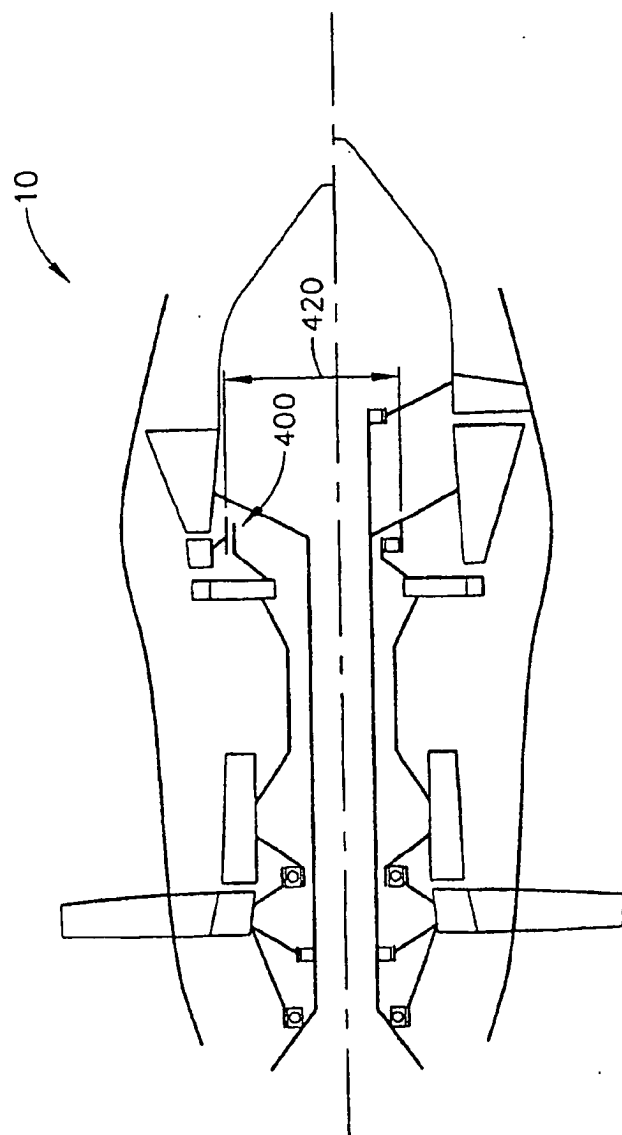


FIG. 11

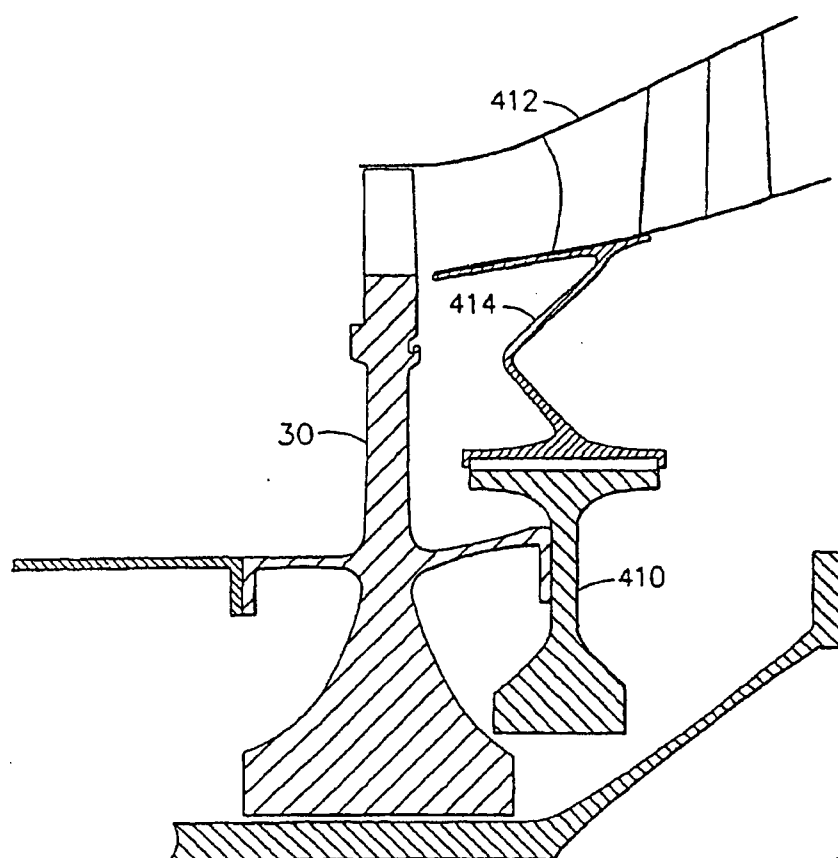


FIG. 12