



(10) **DE 10 2010 017 314 A1** 2010.12.23

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 017 314.2**

(22) Anmeldetag: **09.06.2010**

(43) Offenlegungstag: **23.12.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01D 9/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**12/486,126 17.06.2009 US**

(71) Anmelder:  
**General Electric Company, Schenectady, N.Y., US**

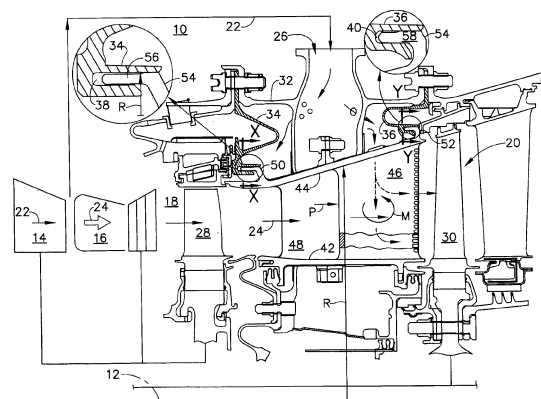
(74) Vertreter:  
**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(72) Erfinder:  
**Hernandez Russe, Wilhelm Ramon, Lynn, Mass., US; Manteiga, John A., North Andover, Mass., US; Parks, Robert John, Ipswich, Mass., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **In Sehnenrichtung vorgeformter Turbinenleitapparat**

(57) Zusammenfassung: Ein Turbinenleitapparat (26) enthält radial innere und äußere Bänder (42, 44), die in einem Stück mit gegenüberliegenden Enden eines Schaufelblattes (46, 48) verbunden sind. Das äußere Band (44) hat vordere und hintere Haken (50, 52) enthält, die sich radial davon an axial gegenüberliegenden Enden nach außen erstrecken. Und die Haken (50, 52) haben unterschiedliche sehnenartig vorgeformte Umfangskrümmungen.



**Beschreibung**

## Hintergrund der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Gasturbinenmaschinen und insbesondere Turbinen darin.

**[0002]** In einer Gasturbinenmaschine wird Luft in einem Verdichter verdichtet und mit Brennstoff in einem Brenner zur Erzeugung heißer Verbrennungsgase gemischt. Energie wird aus den Gasen in Turbinenstufen entzogen, welche den Verdichter und eine Welle, die einen Fan in einer Flugzeug-Turbofantriebwerksanwendung antreibt, mit Energie versorgen, oder ein Getriebe in einer Turbomotoranwendung mit Energie versorgen.

**[0003]** Eine Hochdruckturbinen (HPT) folgt direkt dem Brenner und nimmt die heißesten Gase davon auf, aus welchen anfangs Energie entzogen wird. Eine Niederdruckturbinen (LPT) folgt der HPT und entzieht zusätzliche Energie aus den Gasen.

**[0004]** Jede Turbinenstufe enthält einen Turbinenleitapparat, der bevorzugt die Verbrennungsgase einer entsprechenden Reihe von Turbinenlaufschau-feln zuführt. Der Leitapparat enthält hohle Statorleit-schau-feln, und die Rotorlaufschau-feln sind in ähnlicher Weise hohl, um während des Betriebs Kühlluft durch diese zu leiten.

**[0005]** Jeder Turbinenleitapparat ist eine ringförmige Anordnung gekrümmter Leitapparatsegmente, welche in der Maschine genau koaxial zu deren axialen Mittellinie montiert sein müssen.

**[0006]** In einer Konfiguration enthält der Leitapparat der ersten LPT-Stufe auch sich mit Leitschau-fel-segmenten abwechselnde Verkleidungssegmente. Jedes Verkleidungssegment enthält eine hohle Verkleidung, durch welche sich radial eine Stützstrebe oder Versorgungsleitungen oder Kanäle für interne Maschinenkomponenten erstrecken.

**[0007]** Die Leitapparatsegmente können exakt von einem umgebenden Außengehäuse mittels in Lagerungsaufhängungen montierten Lagerungshaken gelagert sein. Jeder Haken hat einen sich axial erstreckendes Profil, welches in einer sich axial erstreckenden Nut in der Lagerungsaufhängung montiert ist.

**[0008]** Diese Nut/Feder-Lagerungsanordnung ermöglicht den Zusammenbau der vollständigen Reihe von Leitapparatsegmenten in der Maschine. Und die Reihe der Leitapparatsegmente wird exakt sowohl axial als auch radial, und koaxial um die axiale Mittellinienachse der Maschine gelagert und festgehalten.

**[0009]** Während des Betriebs heizen jedoch die

durch den Turbinenleitapparat strömenden Verbrennungsgase die Leitapparatkomponenten auf und bewirken ihre Wärmeausdehnung.

**[0010]** Der Leitapparat mit seinen Leitschau-fel-blättern wird in geeigneter Weise während des Betriebs gekühlt, indem man durch diese einen Teil von aus dem Verdichter abgezweigter Druckluft zirkulieren lässt.

**[0011]** Die Kühlluft kann in den Leitapparat und in dessen Schau-fel-blätter von dem radial äußeren Band aus eintreten, was wiederum einen radial nach innen gerichteten Wärmegradienten erzeugt.

**[0012]** Die umgebende Lagerungsaufhängung wird daher stärker als das äußere Band gekühlt, und die Lagerungshaken dehnen sich thermisch anders als die Lagerungsaufhängungen aus. Demzufolge muss ein ausreichender Spielraum in den Aufhängungs-nuten vorgesehen sein, um die sich unterscheidende Wärmeausdehnung der Haken darin aufzunehmen, wobei aber dieser Spielraum dann unerwünschte Leckagepfade für die Kühlluft erzeugt.

**[0013]** Ein unzureichender Spielraum kann eine unerwünschte Verklemmung oder Beeinflussung zwischen den Haken und Nuten erzeugen. Dieses wiederum kann lokal Belastungen und Beanspruchungen erhöhen und kann eine Fehlansrichtung oder Fehlpositionierung der Leitapparatsegmente in Bezug auf die axiale Bezugsmittellinienachse bewirken und das Betriebsverhalten der Verbrennungsgase während der Führung durch den Leitapparat zu der damit zusammenwirkenden Turbinenlaufschau-fel-reihe nachteilig beeinflussen.

**[0014]** Diese Probleme erhöhen die Komplexität der Auslegung des Turbinenleitapparates und erfordern geeignete Lösungen dafür.

**[0015]** Zum Verringern unerwünschter Luftleckage sind typischerweise Hilfsdichtungen entweder an den vorderen oder hinteren Leitapparat-haken oder beiden vorgesehen. Und rohrförmige Spulenkörper können dazu genutzt werden, den kühlenden Luftstrom in den einzelnen Leitapparat-schau-fel-bältern einzuschließen.

**[0016]** Demzufolge soll ein Turbinenleitapparat mit verbesserten Befestigungsmerkmalen zur Verringerung von Luftstromleckagen bereitgestellt werden.

## Kurzbeschreibung der Erfindung

**[0017]** Ein Turbinenleitapparat enthält radial innere und äußere Bänder, die einem Stück mit gegenüberliegenden Enden eines Schau-fel-blattes verbunden sind. Das äußere Band hat vordere und hintere Haken, die sich radial an axial gegenüberliegenden En-

den nach außen erstrecken. Und die Haken haben unterschiedliche sehnenartig vorgeformte Umfangskrümmungen.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0018]** Die Erfindung, gemäß bevorzugten und exemplarischen Ausführungsformen, wird zusammen mit weiteren Aufgaben und ihren Vorteilen ausführlicher in der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen beschrieben, in welchen:

**[0019]** [Fig. 1](#) eine schematische axiale Ansicht einer exemplarischen Turbomotorgasturbinenmaschine mit mehreren Turbinenstufen ist.

**[0020]** [Fig. 2](#) eine isometrische Explosionsansicht des in [Fig. 1](#) dargestellten Leitapparates der ersten Stufe eines LPT-Leitapparates ist.

**[0021]** [Fig. 3](#) eine weitere Explosionsansicht eines exemplarischen Leitapparat-Leitschaufeltriplettsegments aus dem Leitapparat von [Fig. 2](#) mit vorderen und hinteren äußeren Haken mit repräsentativen radialen Querschnitten an Schnittlinien X-X und Y-Y in [Fig. 1](#) ist.

**[0022]** [Fig. 4](#) eine weitere Explosionsansicht eines exemplarischen Leitapparat-Verkleidungssingulettsegments aus dem Leitapparat von [Fig. 2](#) mit vorderen und hinteren Außenhaken mit repräsentativen radialen Querschnitten an Schnittlinien X-X und Y-Y in [Fig. 1](#) ist.

**[0023]** [Fig. 5](#) eine Ansicht wie die von [Fig. 3](#) des Leitschaufeltripletts gemäß einer weiteren Ausführungsform ist.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0024]** In [Fig. 1](#) ist eine Turbomotorgasturbinenmaschine **10** schematisch dargestellt, welche um eine Längs- oder Axialmittellinienachse **12** axialsymmetrisch ist.

**[0025]** Die Maschine enthält in serieller Durchflussverbindung einen Verdichter **14**, Brenner **16**, eine zweistufige HPT **18** und eine mehrstufige LPT **20**. Der Rotor der HPT **18** ist mit den Rotoren des Verdichters **14** über eine Antriebswelle verbunden, und die Rotoren der LPT **20** sind mit der Ausgangsantriebswelle, die ein (nicht dargestelltes) Getriebe für die exemplarische Turbomotoranwendung antreibt, verbunden.

**[0026]** Während des Betriebs wird Luft **22** in dem Verdichter **14** verdichtet und mit Brennstoff in dem Brenner **16** zum Erzeugen heißer Verbrennungsgase **24** vermischt.

**[0027]** Energie wird aus den Verbrennungsgasen durch die Turbinenlaufschaufeln der HPT **20** zum Antreiben der Verdichterlaufschaufeln entzogen. Zusätzliche Energie wird aus den Gasen durch die Turbinenlaufschaufeln der LPT **20** zum Antreiben der Ausgangswelle entzogen.

**[0028]** Die LPT **20** enthält einen Leitapparat **26** der ersten LPT-Stufe, der axial zwischen Rotorlaufschaufeln **28** der zweiten HPT-Stufe und Rotorlaufschaufeln **30** der ersten LPT-Stufe angeordnet ist, welche die dritte Turbinenstufe der Maschine definieren.

**[0029]** Der Leitapparat **26** ist koaxial im Inneren eines umgebenden ringförmigen Außengehäuses **32** gelagert. In geeigneter Weise sind an dem Außengehäuse axial in Abstand angeordnete vordere und hintere Aufhängungen **34**, **36** mit sich in Umfangsrichtung darin erstreckenden entsprechenden Nuten **38**, **40** angebracht oder damit verbunden.

**[0030]** Jede Aufhängung **38**, **40** ist eine sich von dem Gehäuse aus radial nach innen gerichtet erstreckende einteilige Ringkomponente über 360 Grad, die, wobei sich die vorderen und hinteren Nuten **38**, **40** in ihren radial inneren Naben axial nach hinten erstrecken.

**[0031]** Jede Nut **38**, **40** ist durch konzentrische radial innere und äußere ringförmige Oberflächen in jeder axialen Nabe definiert und begrenzt, die eine konstante radiale Höhe zwischen den äußeren und inneren Nabenwänden bereitstellen. Die Nuten sind koaxial zu der Mittellinienachse **12** des Triebwerks oder Leitapparates bei einem entsprechenden Wert des davon ausgehend gemessenen Radius R angeordnet.

**[0032]** Der Leitapparat **26** enthält radial innere und äußere gekrümmte Bänder **42**, **44**, die in einem Stück mit gegenüberliegenden radialen Enden einer Reihe von Leitschaufeln oder Schaufelblättern **46** gegossen oder verbunden sind, die in in Umfangsrichtung aneinandergrenzenden Leitapparatsegmenten angeordnet sind.

**[0033]** Beispielsweise enthalten die in [Fig. 2](#) dargestellten Segmente mehrere Leitapparat-Leitschaufeltripletts, wovon jedes drei hohle Leitschaufelblätter **46** aufweist, die sich radial zwischen entsprechenden inneren und äußeren Bändern **42**, **44** erstrecken.

**[0034]** Mehrere Verkleidungssingulett wechseln sich in Umfangsrichtung mit den Tripletts ab und jedes Singulett hat nur eine hohe Schaufelverkleidung **48**, die sich radial zwischen entsprechenden inneren und äußeren Bändern **42**, **44** erstreckt.

**[0035]** Die Verkleidungssingulett sind in zwei Gruppen von sechs abwechselnd in Umfangsrichtung

tung mit zwölf Leitapparatripletts in der vollständigen Leitapparatreihe angeordnet. Die Hälfte der Verkleidungssingulets hat sich radial durch diese hindurcherstreckende Stützrahmenstreben, und die restliche Hälfte der Singulets hat sich radial hindurcherstreckende Versorgungsleitungen oder Rohre.

[0036] Die hohlen Leitschaufeln **46** haben interne Kühlkreisläufe, die in geeigneter Weise mit aus dem Verdichter **14** abgezweigter Luft **22** gespeist werden. In [Fig. 1](#) begrenzen die zwei Aufhängungen **34**, **36** axial das äußere Band **44** des Leitapparates und definieren einen geschlossenen ringförmigen Sammelraum, in welchen die Druckluft **22** beispielsweise durch die Rahmenstreben geführt wird.

[0037] Die äußeren Bänder aller Leitapparatsegmente haben entsprechende vordere und hintere Haken **50**, **52**, die sich von der Außenoberfläche des äußeren Bandes an dessen axial gegenüber liegenden Enden nach außen erstrecken.

[0038] Jeder von den vorderen und hinteren Haken **50**, **52** hat eine umgedrehte L-Konfiguration und enthält einen ähnlichen radialen Schacht **54**, der sich von der Außenoberfläche des äußeren Bandes **44** radial nach außen erstreckt. Die zwei Haken haben unterschiedliche vordere und hintere in Umfangsrichtung gekrümmte Federn oder Profile **56**, **58**, die sich axial von den distalen äußeren Enden der entsprechenden Schäfte **54** mit einer kleinen radialen Abwärtsstufe oder Aussparung dazu erstrecken, um den Zusammenbau zu ermöglichen.

[0039] Das vordere Profil **56** erstreckt sich axial nach vorne und ist axial im Inneren der vorderen Aufhängungsnut **38** angeordnet. Das hintere Profil **58** erstreckt sich ebenfalls axial nach vorne und ist axial im Inneren der hinteren Aufhängungsnut **40** angeordnet.

[0040] Wie vorstehend in dem Hintergrundabschnitt angegeben, muss ein geeigneter radialer Spielraum zwischen den Profilen und den Nuten vorgesehen sein, um den Zusammenbau der Leitapparatsegmente zu ermöglichen und um eine Verklemmung oder Beeinflussung während eines Betriebs der Maschine im heißen Zustand zu verhindern.

[0041] Und insbesondere ist eine Verringerung der Leckage der unter Druck stehenden Kühlluft aus dem Sammelraum zwischen den Aufhängungen und dem äußeren Band ohne Verwendung von Hilfsdichtungen, die Strukturen und Gewicht mit sich bringen, erwünscht.

[0042] Demzufolge wird der Leitapparat **26** daher für die Behandlung dieser widersprechenden Vorgaben modifiziert, wobei diese Modifikation außergewöhnliche Konfigurationen der vorderen und hinteren Profile **56**, **58** bewirkt.

[0043] In einem herkömmlichen Turbinenleitapparat sind dessen verschiedenen ringförmigen oder zylindrischen Komponenten um die axiale Mittellinienachse **12** der Maschine oder des Leitapparates selbst konzentrisch; so wie auch diejenigen des Leitapparates **26** selbst, außer wenn sie hierin nachstehend speziell modifiziert werden.

[0044] Herkömmliche Hakenprofile sind konzentrisch in den lagernden Aufhängungsnuten montiert und erfordern deshalb einen geeigneten radialen Spielraum, um eine unerwünschte Verklemmung, Beeinflussung und entsprechende Belastungen und Spannung daraus zu verhindern, jedoch auf Kosten einer Kühlluftleckage, welche typischerweise vorne und hinten Hilfsdichtungen erfordert.

[0045] Im Gegensatz dazu sind die in vergrößerter Ansicht in [Fig. 3](#) dargestellten vorderen und hinteren Haken **50**, **52** nicht konzentrisch um die Mittellinienachse **12** und in Umfangsrichtung nicht konzentrisch zu dem äußeren Band **54** entlang den vorderen und hinteren Profilen **56** und **58**. Die zwei Profile **56**, **58** sind bevorzugt radial nach innen zu dem äußeren Band **44** hin gebogen und haben geeignet unterschiedlich sehnenartig vorgeformte Umfangskrümmungen. Das äußere Band **44** bleibt zu dem inneren Band **42** konzentrisch, wobei beide Bänder entsprechend unterschiedliche von dem durch die axiale Mittellinienachse **12** des Leitapparates repräsentierten gemeinsamen Ursprung ausgehend gemessenen e Werte des Radius R haben.

[0046] Wesentlich für die sehnenartig vorgeformte Konfiguration der zwei Profile **56**, **58** ist die Erkenntnis, dass die radiale Wärmeausdehnung des äußeren Bandes **44**, welches die zwei Haken **50**, **52** lagert, das Umfangsprofil oder die Konfiguration der zwei Profile **56**, **58** zu einem Wechsel zwischen kalten und warmen Zuständen veranlasst. Zusätzlich werden die Leitapparatschaufeln **46**, **48** auch aerodynamisch während des Betriebs belastet, wobei Druckbelastungen davon radial nach außen durch die zwei Lagerungshaken **50**, **52** abgeführt werden.

[0047] [Fig. 1](#) stellt den hinteren Strom der Verbrennungsgase **24** während des Betriebs mit entsprechenden Auswirkungen einer hinteren Nettodruckbelastung P auf die Leitapparatschaufeln dar. Da der Leitapparat von seinem äußeren Band an dem Außengehäuse gelagert wird, bewirken die Druckbelastungen P ein Kräftepaar oder Moment M im Gegenzeigersinn.

[0048] Das Moment M wird durch die zwei Haken **50**, **52** mit einer radial nach außen gerichteten Kraft F durch den hinteren Haken **52** und eine gleiche radial nach innen gerichtete Kraft F durch den vorderen Haken **50** gemäß Darstellung in [Fig. 2](#) aufgenommen.

[0049] Demzufolge haben die in [Fig. 3](#) dargestellten Profile **56**, **58** eine Anfangs-Raumtemperatur oder kalte Konfiguration, wenn das Triebwerk ausgeschaltet ist und keine Verbrennungsgase strömen. Während eines Betriebs der Maschine im heißen Zustand, wenn die Verbrennungsgase durch den Leitapparat strömen, wird nicht nur das Druckmoment  $M$  erzeugt, sondern es dehnen sich auch die Leitapparatkomponenten thermisch aus und ändern Größe und Konfiguration.

[0050] Diese Änderung in der Konfiguration der thermisch ausgedehnten Profile **56**, **58** kann vorteilhafterweise zusätzlich zu anderen Vorteilen dazu genutzt werden, die Konfiguration des Leitapparates zu verbessern, die Luftleckage zu verringern und die Notwendigkeit von Hilfsdichtungen zu vermeiden.

[0051] Ein außergewöhnliches Verfahren kann zur Verbesserung der Konfiguration von Turbinenleitapparaten, wie z. B. des LPT-Leitapparates **26** genutzt werden, indem zu Beginn eine Umfangskrümmung der vorderen und hinteren Profile **56**, **58** in den vorderen bzw. hinteren Nuten **38**, **40** in dem kalten Zustand fehlangepasst wird. Die vorderen und hinteren Profile **56**, **58** werden speziell zum Bewirken dieser Fehlangepassungskonfiguration sehnartig vorgeformt, wobei die sehnartige Vorverformung von Anfang an in den Leitapparat selbst hinein konstruiert wird.

[0052] Dann werden die Verbrennungsgase zwischen den inneren und äußeren Bändern des Leitapparates geführt, welche dann die vorderen und hinteren Profile **56**, **58** in ihren Lagerungsnuten **38**, **40** während des heißen Zustandes erhitzen. Der heiße Zustand kann für jeden Betriebspunkt, wie z. B. bei einem Reiseflugbetrieb des Triebwerks in einem Flugzeug, gewählt werden.

[0053] Die vorderen und hinteren Profile **56**, **58** dehnen sich dann thermisch aus und unterliegen einer sehnartigen Verformung in Umfangsrichtung im Inneren der vorderen und hinteren Nuten **36**, **38** in dem gewünschten heißen Betriebszustand, sodass sie die Umfangskrümmung der Innenoberfläche des vorderen Profils **56** an die Innenoberfläche der vorderen Nut **38** anpassen und die Umfangskrümmung der Außenoberfläche des hinteren Profils **58** an die Außenoberfläche der hinteren Nut **40** anpassen.

[0054] [Fig. 3](#) stellt schematisch die durch das vordere Profil **56** in die Außenoberfläche der vorderen Nut **38** ausgeübte radial nach innen gerichtete Kraft  $F$  und die Änderung in der Krümmung zwischen den kalten und heißen Zuständen dar, die eine verbesserte radial innere Kontaktdichtung dazwischen bewirkt.

[0055] Entsprechend wird die radial nach außen gerichtete Kraft  $F$  durch das hintere Profil **58** in die Außenoberfläche der hinteren Nut **40** ausgeübt, und die

Änderung in der Krümmung zwischen den kalten und heißen Zuständen bewirkt eine verbesserte radial äußere Kontaktdichtung dazwischen.

[0056] Diese inneren und äußeren Oberflächen-dichtungen sind für den heißen Betriebszustand optimiert, sodass sie die Konzentrität der gegenüberliegenden Flächen entlang der vollen Umfangslänge oder der Spanne der zwei Profile anpassen.

[0057] Jedoch sind im kalten Zustand die entsprechenden Dichtungsflächen weder konzentrisch und noch vollständig in Reibungskontakt vereint, sondern haben stattdessen vergrößerte lokale Spalte dazwischen. Dieses ist für den kalten Zustand, während welchem die Maschine nicht arbeitet, zulässig, wobei der Maschinenbetrieb dann die Wärmeausdehnung bewirkt, die die Vereinigung und Abdichtung der Profile in den Nuten mit einer maximalen Abdichtung im gewünschten heißen Betriebszustand verbessert.

[0058] Gemäß Darstellung in [Fig. 3](#) hat das vordere Profil **56** eine in Umfangsrichtung konkave Innenoberfläche **60** und eine in Umfangsrichtung konvexe Außenoberfläche **62**. Das hintere Profil **58** hat entsprechend eine in Umfangsrichtung konkave Innenoberfläche **64** und eine in Umfangsrichtung konvexe Außenoberfläche **66**.

[0059] Die sehnartig vorgeformte Innenoberfläche **60** des vorderen Profils und der Außenoberfläche **66** des hinteren Profils sind im kalten Zustand nicht konzentrisch zu dem äußeren Band **44**, sodass sie in ihrem wärmege dehnten heißen Zustand Verbindungskontaktdichtungen in ihren entsprechenden Aufhängungsnuten bewirken.

[0060] Die unterschiedlichen sehnartig vorgeformten Umfangskrümmungen an den vorderen und hinteren Profilen **56**, **58** können durch technische Analyse, Test oder Entwurfs-wiederholung vorgewählt werden, um dort äußere und innere Dichtungen mit vollständigem Kontakt im heißen Zustand zu erzielen.

[0061] Bevorzugt ist die Innenoberfläche des vorderen Profils **56** in der vorderen Nut **38** nicht konzentrisch und biegt oder wölbt sich radial von dem Umfangsmittelpunkt des Profils nach innen, um die in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden des vorderen Profils näher an dem äußeren Band **44** als den Mittelpunkt des Profils zu positionieren und somit einen niedrigeren Mittelpunktspalt **68** mit der Innenoberfläche der vorderen Nut **38** im kalten Zustand auszubilden.

[0062] Das vordere Profil **56** ist gemäß Darstellung in Umfangsrichtung symmetrisch und daher hat der Mittelpunktspalt eine maximale radiale Höhe bei der

Umfangsmittle des vorderen Profils **56** und nimmt in der Höhe zu den gegenüberliegenden Enden des Profils hin ab. Das vordere Profil könnte asymmetrisch sein und die maximale Spalthöhe könnte an anderer Stelle für die Erzeugung der gewünschten Kontaktdichtung lokalisiert sein.

[0063] Demzufolge ist die Außenoberfläche des hinteren Profils **58** in der hinteren Nut **40** nicht konzentrisch und biegt oder wölbt sich radial von dem Umfangsmittelpunkt des Profils nach innen, um die in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden des hinteren Profils **58** näher an dem äußeren Band **44** als an dem Mittelpunkt des Profils zu positionieren. Dieses erzeugt zwei obere Endspalte **70** mit der Außenoberfläche der hinteren Nut an den gegenüberliegenden Umfangsenden des hinteren Profils **58** während des kalten Zustands.

[0064] Das hintere Profil **58** ist ebenfalls wie dargestellt in Umfangsrichtung symmetrisch, obwohl es in alternativen Ausführungsformen asymmetrisch sein kann, um die gewünschte Kontaktdichtung zu erzeugen.

[0065] Die radiale Dicke  $T$  der zwei Profile **56**, **58** kann nach Wunsch gewählt werden, um andererseits den radialen Spielraum zu den zwei Nuten **38**, **40** zu minimieren, um dadurch Luftleckagen zu minimieren, aber ohne eine unerwünschte Verklebung oder Presspassung der Profile in den Nuten zu bewirken.

[0066] In [Fig. 3](#) ist die Außenoberfläche des vorderen Profils **56** zu der Außenoberfläche der vorderen Nut **38** im kalten Zustand konzentrisch. Und die Innenoberfläche des hinteren Profils **58** ist zu der Innenoberfläche der hinteren Nut **40** im kalten Zustand konzentrisch.

[0067] Im heißen Zustand unterliegen die Profile der vorderen und hinteren Profile **56**, **58** einer sehnartigen Vorverformung oder einer Änderung in der Krümmung entlang ihrer Sehnenspanne, sodass sich die kalten Profile umkehren und den Spalt am unteren Mittelpunkt unter dem vorderen Profil **56** zu dem oberen Mittelpunkt hin verschoben, während die zwei oberen Endspalte über dem hinteren Profil **58** unter die unteren Enden verschoben werden.

[0068] Die Unterseite des vorderen Profils **56** erstreckt sich dann konzentrisch zu der Unterseite der vorderen Nut **38**, und die Oberseite des hinteren Profils **58** erstreckt sich konzentrisch zu der Oberseite der hinteren Nut **40** im heißen Zustand, um die gewünschten Kontaktverbindungsichtungen dazwischen zu bewirken.

[0069] [Fig. 3](#) stellt eine Ausführungsform dar, in welcher die vorderen und hinteren Profile **56**, **58** in der radialen Dicke  $T$  entlang der Umfangsrichtung im

anfangs kalten Zustand variieren. Jedoch ist die radiale Dicke  $T$  der Profile **56**, **58** im Wesentlichen axial vor dem Abwärtsstufenübergang zu dem radialen Schaft **54** konstant.

[0070] Die radiale Dicke  $T$  der zwei Profile **56**, **58** variiert aufgrund der unterschiedlichen inneren und äußeren dort ausgebildeten Verbindungsichtungen, um den radialen Spielraum mit den zwei Nuten **38**, **40** zu minimieren.

[0071] Insbesondere ist das vordere Profil **56** an seinem Umfangsmittelpunkt dünner als an seinen in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden. Die radiale Dicke  $T$  des vorderen Profils nimmt innerhalb seiner in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden mit minimaler Dicke an dem Mittelpunkt und entsprechend maximalem unteren radialen Spielraum und maximaler Dicke an den zwei Enden und entsprechend minimalem radialen Spielraum ab.

[0072] Die konkave Innenoberfläche **60** des vorderen Profils **56** hat eine Umfangskrümmung, die durch den lokalen Krümmungsradius  $A$  definiert ist, welcher nicht denselben Ursprung wie die Mittellinienachse **12** und die davon ausgehend gemessenen Radien  $R$  hat. Diese Innenoberfläche hat eine geringere Krümmung  $A$  als die entsprechende Krümmung  $R$  der gegenüberliegenden konvexen Außenoberfläche des vorderen Profils **56**.

[0073] Da das vordere Profil **56** nicht zu dem äußeren Band **44** konzentrisch ist, ist die kleinere Krümmung seiner Innenoberfläche ein gebogener Abschnitt eines Krümmungskreises mit lokalem Radius  $A$ , dessen Ursprung auf dem von der Mittellinienachse **12** für die in Umfangsrichtung symmetrische Ausführungsform ausgehenden Radius  $R$  liegt, aber diesen Mittellinienursprung nicht erreicht.

[0074] Dementsprechend ist das andere hintere Profil **58** an seinem Umfangsmittelpunkt dicker als an seinen in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden, um einen kleinen radialen Spielraum in der Nut **44** an dem Mittelpunkt und größere obere Endspielräume an den gegenüberliegenden Enden zu erzeugen.

[0075] Die konvexe Außenoberfläche **62** des hinteren Profils **58** hat eine Umfangskrümmung, die durch den lokalen Krümmungsradius  $B$  definiert ist, welcher nicht denselben Ursprung wie die Mittellinienachse **12** und die davon ausgehend gemessenen Radien  $R$  hat. Diese Außenoberfläche hat eine geringere Krümmung  $B$  als die entsprechende Krümmung  $R$  der gegenüberliegenden konkaven Innenoberfläche des hinteren Profils **58**.

[0076] Da das hintere Profil **58** nicht zu dem äußeren Band **44** konzentrisch ist, ist die kleinere Krüm-

mung seiner Außenoberfläche ein gebogener Abschnitt eines Krümmungskreises mit lokalem Radius B, dessen Ursprung auf dem von der Mittellinienachse 12 für die in Umfangsrichtung symmetrische Ausführungsform ausgehenden Radius R liegen kann, aber wiederum diesen Mittellinienursprung nicht erreicht.

[0077] Die vorderen und hinteren Nuten 38, 40 selbst sind zu dem äußeren Band 44 konzentrisch und haben entsprechende Werte der von der gemeinsamen Mittellinienachse 12 ausgehend gemessenen Radien R.

[0078] Insbesondere hat die Innenoberfläche der vorderen Nut 38 einen Krümmungsradius C, während die Außenoberfläche der hinteren Nut 40 einen größeren Krümmungsradius D hat, beide von der gemeinsamen Mittellinienachse 12 ausgehend gemessen.

[0079] Die Krümmung A der konkaven Innenoberfläche des vorderen Profils 56 ist geeignet aufgrund der sehnenartigen Vorverformung im kalten Zustand geringer als die Krümmung C der gegenüberliegenden konvexen Innenoberfläche der vorderen Nut 38.

[0080] Und die Krümmung b der konvexen Außenoberfläche des vorderen Profils 58 ist aufgrund der sehnenartigen Vorverformung im kalten Zustand geeignet geringer als die Krümmung D der gegenüberliegenden konvexen Außenoberfläche der hinteren Nut 40.

[0081] Ferner hat die konkave Innenoberfläche 60 des vorderen Profils 56 eine geringere Krümmung A als die Krümmung B der konvexen Außenoberfläche 66 des hinteren Profils 58, die beide axial davon angeordnet sind, und einen größeren Radius R.

[0082] Fig. 4 veranschaulicht ein exemplarisches Verkleidungssingulett, welches wie das Leitschaukeltriplett von Fig. 3 die Verkleidungsschaukel 48 zwischen den zwei Bändern 42, 44 mit entsprechenden vorderen und hinteren Haken 50, 52 mit vorderen und hinteren Profilen 56, 58 montiert hat, die in den entsprechenden vorderen und hinteren Aufhängungsnuuten 38, 40 montiert sind.

[0083] Die einzelne Verkleidung 48 ist axial länger als die Leitschaukeln 46, wie es am besten in Fig. 1 zu sehen ist, und die Bänder 42, 44 sind in Fig. 4 in Umfangsrichtung in der Länge oder Spanne kürzer als die die Dreifachleitschaukeln 46 in Fig. 3 lagern den Bänder.

[0084] Andererseits sind die Triplettts und Singulettts im Wesentlichen in der Konfiguration identisch, wobei die Profile 56, 58 in ähnlicher Weise in der Krümmung A, B im kalten Zustand zur Anpassung an die konzen-

trischen Krümmungen C, D der entsprechenden Innenoberfläche der vorderen Nut 38 und der Außenoberfläche der hinteren Nut 40 während des heißen Zustandes sehnenartig vorgeformt sind, um Verbindungskontaktdichtungen damit zu bewirken.

[0085] Da die vorderen und hinteren Profile 56, 58 der Triplettts und Singulettts eine unterschiedliche Umfangsspanne haben, haben sie auch unterschiedliche Umfangskrümmungen A, B.

[0086] Die Krümmung A in den Triplettts ist etwas größer als die Krümmung A in den Singulettts; und in ähnlicher Weise ist die Krümmung B in den Triplettts ebenfalls etwas größer als die Krümmung B in den Singulettts.

[0087] Und da die äußeren Bänder 44 im Radius R stromabwärts zwischen den zwei Haken 50, 52 zunehmen, ist sowohl für die Triplettts als auch die Singulettts die Krümmung B des hinteren Profils 58 größer als die Krümmung A des vorderen Profils 50.

[0088] Für den Leitapparat 26 gemeinsam sind die zwei Haken 50, 52, die mit den entsprechenden Lagerungsnuten 38, 40 in einer die verschiedenen Umfangskrümmungen A, B, C, D beinhaltenden spezifischen Konfiguration in Eingriff stehen. Diese Krümmungen sind vorgewählt, dass sie eine geeignete sehnenartige Vorverformung im kalten Zustand der vorderen und hinteren Profile 56, 58 so bewirken, dass die Wärmeausdehnung eine sehnenartige Vorverformung im heißen Zustand in den Profilen bewirkt, dass sie die Krümmung an die entsprechenden Nutsitze anpasst und die gewünschten vollständigen Kontaktverbindungsichtungen erzeugt.

[0089] Demzufolge können diese Krümmungen A, B, C, D nach Bedarf in unterschiedlichen Konfigurationen eines Leitapparates mit unterschiedlicher Geometrie und Abmessungen zum Bewirken der gewünschten Kontaktdichtungen zwischen den Profilen und Nuten an den axial gegenüberliegenden Enden der Außenbänder der verschiedenen Leitschaukel- und Verkleidungs-Leitapparatsegmente variieren. Eine geeignete sehnenartige Vorverformung im kalten Zustand der Profile kann für jede Leitapparatkonfiguration ermittelt werden, um die erwartete sehnenartige Vorverformung im heißen Zustand der Profile zu kompensieren und die entsprechenden Kontaktdichtungen mit konzentrischen Verbindungsoberflächen zu bewirken.

[0090] Fig. 5 stellt eine weitere Ausführungsform im Wesentlichen gleich der von Fig. 3 dar, welche ansonsten bis auf eine unterschiedliche Konfiguration der mit 72, 74 bezeichneten vorderen und hinteren Profilen in den entsprechenden vorderen und hinteren Haken 50, 52 identisch ist.

[0091] Ebenso treffen die neuen Profile **72**, **74** für das in [Fig. 5](#) dargestellte Leitschaufeltriplett in gleicher Weise für das Verkleidungssingulett von [Fig. 4](#) mit Ausnahme von dessen kürzerer Umfangsspanne zu.

[0092] In dieser alternativen Ausführungsform haben die vorderen und hinteren Profile **72**, **74** im Wesentlichen eine konstante radiale Dicke **T** entlang ihrer Umfangslänge oder Spanne mit Ausnahme an einer integrierten lokalen Verdickung **76**. Und die radiale Dicke **T** der Profile **72**, **74** ist auch im Wesentlichen axial vor dem Abwärtsstufenübergang zu dem radialen Schaft **54** hin konstant.

[0093] Das hintere Profil **74** enthält eine einzelne Verdickung **76** an dem Umfangsmittelpunkt ihrer radialen Innenoberfläche und ist dort lokal dicker als an ihren in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden. Das hintere Profil **74** hat von der Mittelpunktverdickung **76** in Umfangsrichtung nach außen zu beiden gegenüberliegenden Enden hin eine konstante Dicke.

[0094] Das hintere Profil **74** enthält eine in Umfangsrichtung konvexe Außenoberfläche **66** und eine in Umfangsrichtung konkave Innenoberfläche **64**, welche sich von der darauf angeordneten Mittelpunktverdickung **76** radial nach innen biegen oder wölben.

[0095] Demzufolge enthält das vordere Profil **72** ein Paar von Verdickung **76** entlang der Außenoberfläche an den in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden. Diese zwei Endverdickungen **78** sind an der Übergangsstelle des Profils **72** und seines lagernden Schaftes **54** angeordnet, wobei das Profil **72** zwischen den Verdickungen in Umfangsrichtung radial dünner ist. Und die konkave Innenoberfläche **60** des vorderen Profils **72** hat eine geringere Krümmung **A** als dessen konvexe Außenoberfläche **62**.

[0096] [Fig. 3–Fig. 5](#) veranschaulichen zwei alternative Ausführungsformen entweder mit variabler oder konstanter Dicke der Profile entlang der Umfangsspanne, welche beliebig mittels geeigneter Bearbeitung hergestellt werden können. In beiden Ausführungsformen positionieren drei bestimmte Punktauflagen zwischen den Profilen **56**, **58** bevorzugt die Segmente in den Lagerungsnuten und minimieren eine Segmentverkipfung aufgrund der vorgesehenen Spielräume.

[0097] In [Fig. 5](#) definieren die drei Verdickungen **76** die drei Auflagepunkte. In den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) definieren die oberen Enden des vorderen Profils **56** und der untere Mittelpunkt des hinteren Profils **58** die drei Auflagepunkte.

[0098] Kleine radiale Spielräume sind immer noch

zwischen den Profilen und Nuten erforderlich, aber die sehnenartig vorgeformten Profile verringern im Wesentlichen eine Luftstromleckage in einem heißen Betriebszustand, um den Turbinenwirkungsgrad zu erhöhen.

[0099] Eine unerwünschte Beeinflussung und Verklebung zwischen den Profilen und Nuten kann minimiert oder verhindert werden und daher können entsprechende Belastungen und Spannungen daraus ebenfalls minimiert werden.

[0100] Ferner erübrigt die verbesserte Kontaktdichtung zwischen den Profilen und Nuten im heißen Zustand die Notwendigkeit von Hilfsdichtungsmechanismen, wie z. B. W-Dichtungen, Blattichtungen oder verschraubten Flanschen.

[0101] Des Weiteren können die Leitapparathaken **50**, **52** in der radialen Höhe aufgrund der Elimination der Hilfsdichtungen wesentlich kürzer sein, als sie anderenfalls wären, was wiederum die thermische Spannung in dem Leitapparat weiter reduziert.

[0102] Obwohl hierin beschrieben wurde, was für die bevorzugten und exemplarischen Ausführungsformen gehalten wird, dürften weitere Modifikationen der Erfindung für den Fachmann auf diesem Gebiet aus den Lehren hierin ersichtlich sein, und daher sollen in den beigefügten Ansprüchen alle derartigen Modifikationen, soweit sie in den Erfindungsgedanken und den Schutzzumfang der Erfindung fallen, festgehalten sein.

[0103] Demzufolge ist, was in der Patenturkunde der Vereinigten Staaten festgehalten sein soll, die Erfindung gemäß Definition und Differenzierung in den nachstehenden Ansprüchen.

[0104] Ein Turbinenleitapparat **26** enthält radial innere und äußere Bänder **42**, **44**, die in einem Stück mit gegenüberliegenden Enden eines Schaufelblattes **46**, **48** verbunden sind. Das äußere Band **44** hat vordere und hintere Haken **50**, **52** enthält, die sich radial davon an axial gegenüberliegenden Enden nach außen erstrecken. Und die Haken **50**, **52** haben unterschiedliche sehnenartig vorgeformte Umfangskrümmungen.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Maschine
<b>11</b>	Mittellinienachse
<b>14</b>	Verdichter
<b>16</b>	Brenner
<b>18</b>	HPT
<b>20</b>	LPT
<b>22</b>	Luft
<b>24</b>	Verbrennungsgase
<b>26</b>	LPT-Leitapparat

28	HP-Rotorlaufschaukeln
30	LP-Rotorlaufschaukeln
32	Außengehäuse
34	vordere Aufhängung
36	hintere Aufhängung
38	vordere Nut
40	hintere Nut
42	inneres Band
44	äußeres Band
46	Leitschaukeln
48	Verkleidungen
50	vorderer Haken
52	hinterer Haken
54	Schaft
56	vorderes Profil
58	hinteres Profil
60	Innenoberfläche
62	Außenoberfläche
64	Innenoberfläche
66	Außenoberfläche
68	Mittelpunktspalt
70	Endspalte
72	vorderes Profil
74	hinteres Profil
76	Verdickung

### Patentansprüche

1. Turbinenleitapparat (26), aufweisend: radial innere und äußere Bänder (42, 44), die mit gegenüberliegenden Enden eines Schaufelblattes (46, 48) verbunden sind; wobei das äußere Band (44) vordere und hintere Haken (50, 52) enthält, die sich radial von diesem an axial gegenüberliegenden Enden nach außen erstrecken, wobei jeder Haken (50, 52) ein entsprechendes sich axial erstreckendes Profil (56, 58) hat; wobei das vordere Profil (56) eine in Umfangsrichtung konkave Innenoberfläche (60) enthält, und wobei das hintere Profil (58) eine in Umfangsrichtung konvexe Außenoberfläche (66) enthält; und die vorderen und hinteren Profile (56, 58) unterschiedlich sehnenartig vorgeformte Umfangskrümmungen haben.

2. Leitapparat nach Anspruch 1, wobei: sich die Innenoberfläche (60) des vorderen Profils (56) von ihrem Umfangsmittelpunkt radial nach innen wölbt, um in Umfangsrichtung gegenüberliegende Enden näher an dem äußeren Band (44) als an ihren Mittelpunkt zu positionieren; und sich die Außenoberfläche (66) des hinteren Profils (58) von ihrem Umfangsmittelpunkt radial nach innen wölbt, um in Umfangsrichtung gegenüberliegende Enden näher an dem äußeren Band (44) als an ihren Mittelpunkt zu positionieren.

3. Leitapparat nach Anspruch 2, wobei die Innenoberfläche (60) des vorderen Profils (56) und die Außenoberfläche (66) des hinteren Profils (58) zu

dem äußeren Band (44) nicht konzentrisch sind.

4. Leitapparat nach Anspruch 2, wobei die vorderen und hinteren Profile (56, 58) in der radialen Dicke entlang ihrem Umfang variieren.

5. Leitapparat nach Anspruch 4, wobei das hintere Profil (58) an seinem Umfangsmittelpunkt dicker als an seinen in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden ist.

6. Leitapparat nach Anspruch 5, wobei das vordere Profil (56) an seinem Umfangsmittelpunkt dünner als an seinen in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden ist.

7. Leitapparat nach Anspruch 2, wobei die vorderen und hinteren Profile (56, 58) im Wesentlichen eine konstante Dicke entlang ihrer Umfangsrichtung mit Ausnahme an einer integrierten lokalen Verdickung (76) haben.

8. Leitapparat nach Anspruch 7, wobei das hintere Profil (58) eine in Umfangsrichtung konkave Innenoberfläche (64) mit der Verdickung (76) an ihrem Umfangsmittelpunkt hat und dort dicker als an ihren in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden ist.

9. Leitapparat nach Anspruch 8, wobei das vordere Profil (56) eine in Umfangsrichtung konvexe Außenoberfläche (62) mit einem Paar von den Verdickungen (76) an in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden hat und in Umfangsrichtung zwischen den Verdickungen (76) dünner ist.

10. Leitapparat nach Anspruch 2, ferner aufweisend: vordere und hintere Aufhängungen (34, 36) mit sich in Umfangsrichtung darin erstreckenden entsprechenden Nuten (38, 40); wobei das vordere Profil (56) axial in der vorderen Nut (38) angeordnet ist, und das hintere Profil (58) axial in der hinteren Nut (40) angeordnet ist; wobei die Innenoberfläche (60) des vorderen Profils (56) in der vorderen Nut (38) nicht konzentrisch ist, um einen Mittelpunktsspalt (68) dazwischen zu erzeugen; und wobei die Außenoberfläche (66) des hinteren Profils (58) in der hinteren Nut (40) nicht konzentrisch ist, um in Umfangsrichtung gegenüberliegende Endspalte (70) dazwischen zu erzeugen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

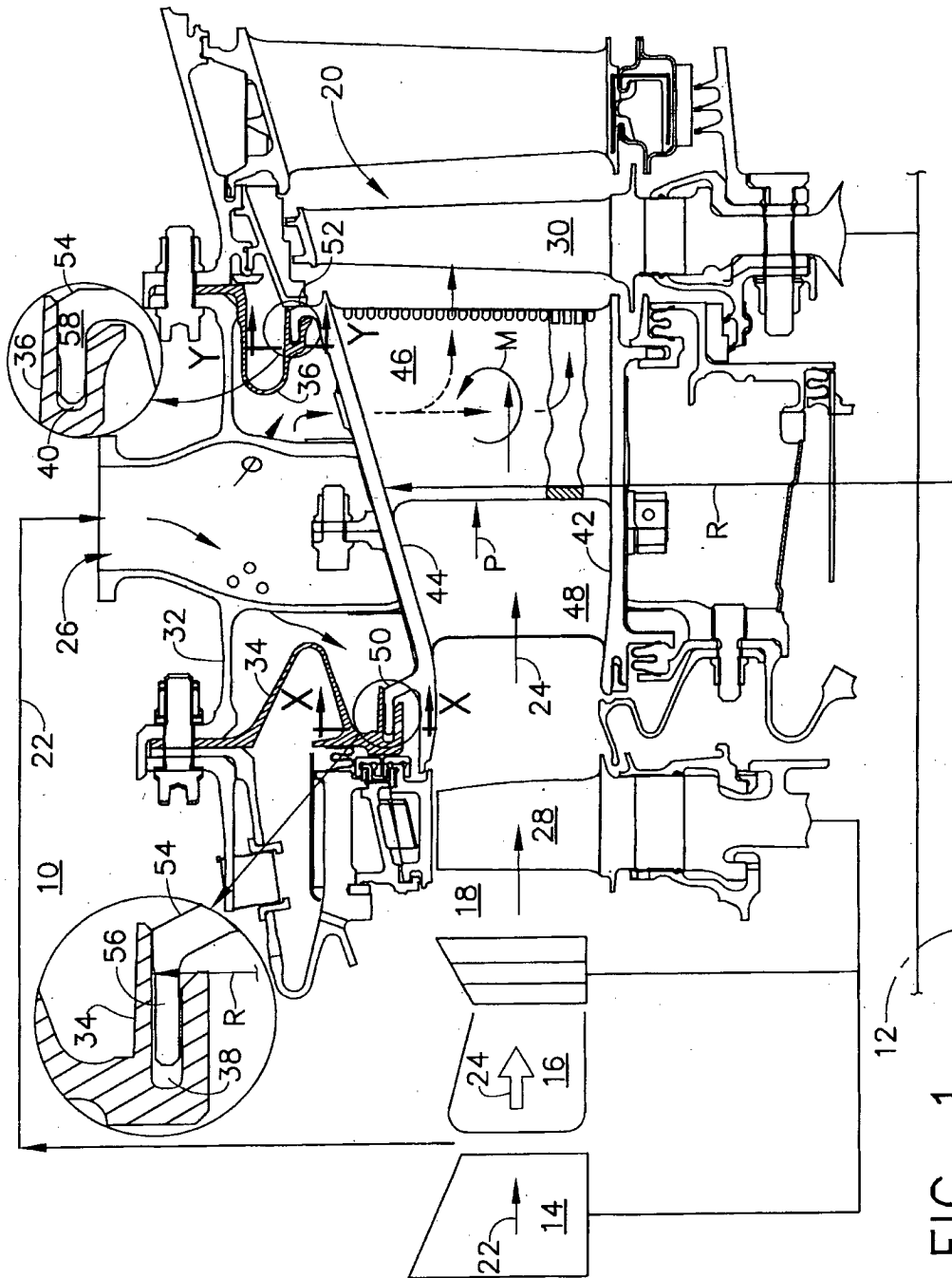


FIG. 1

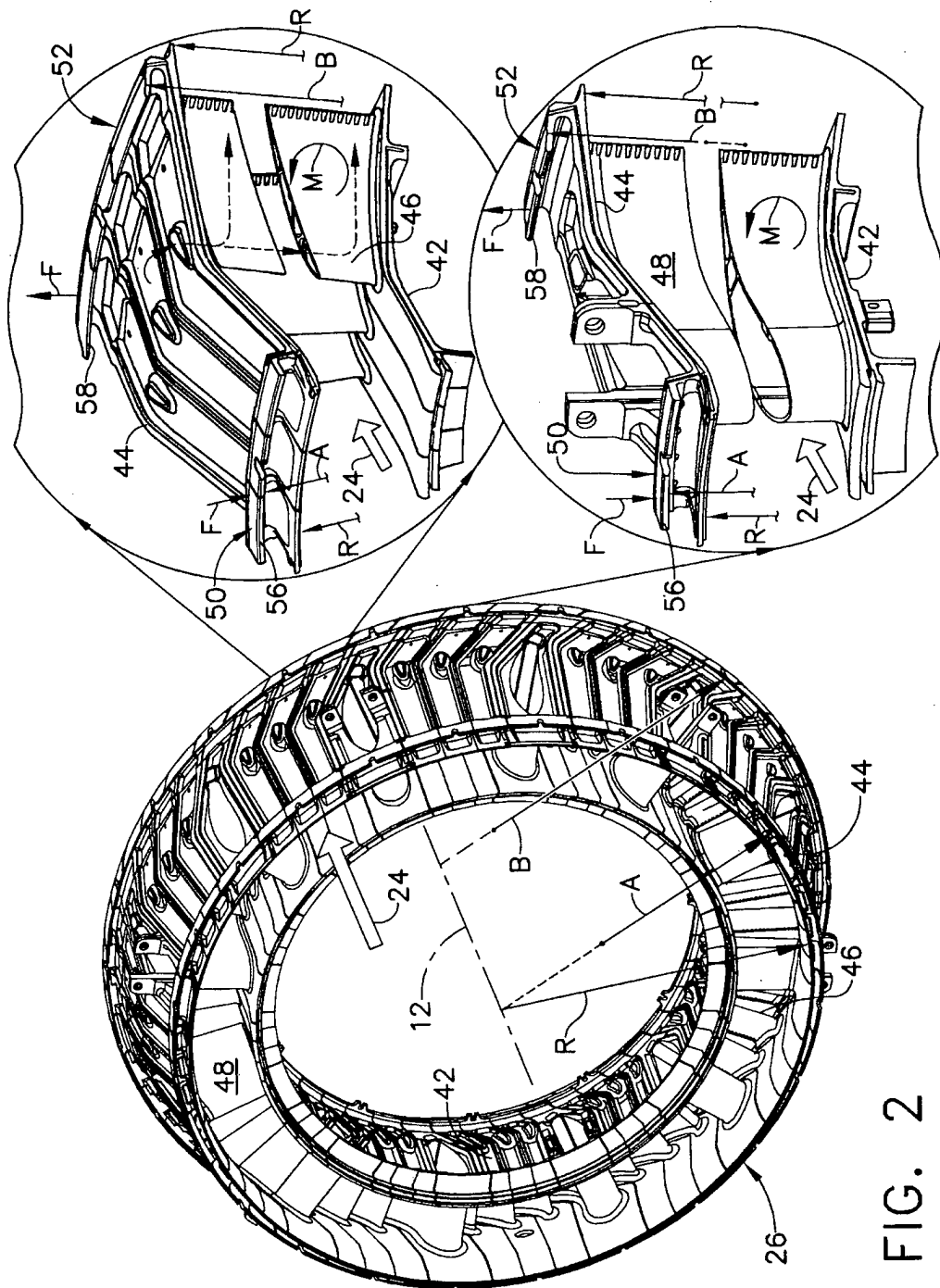


FIG. 2

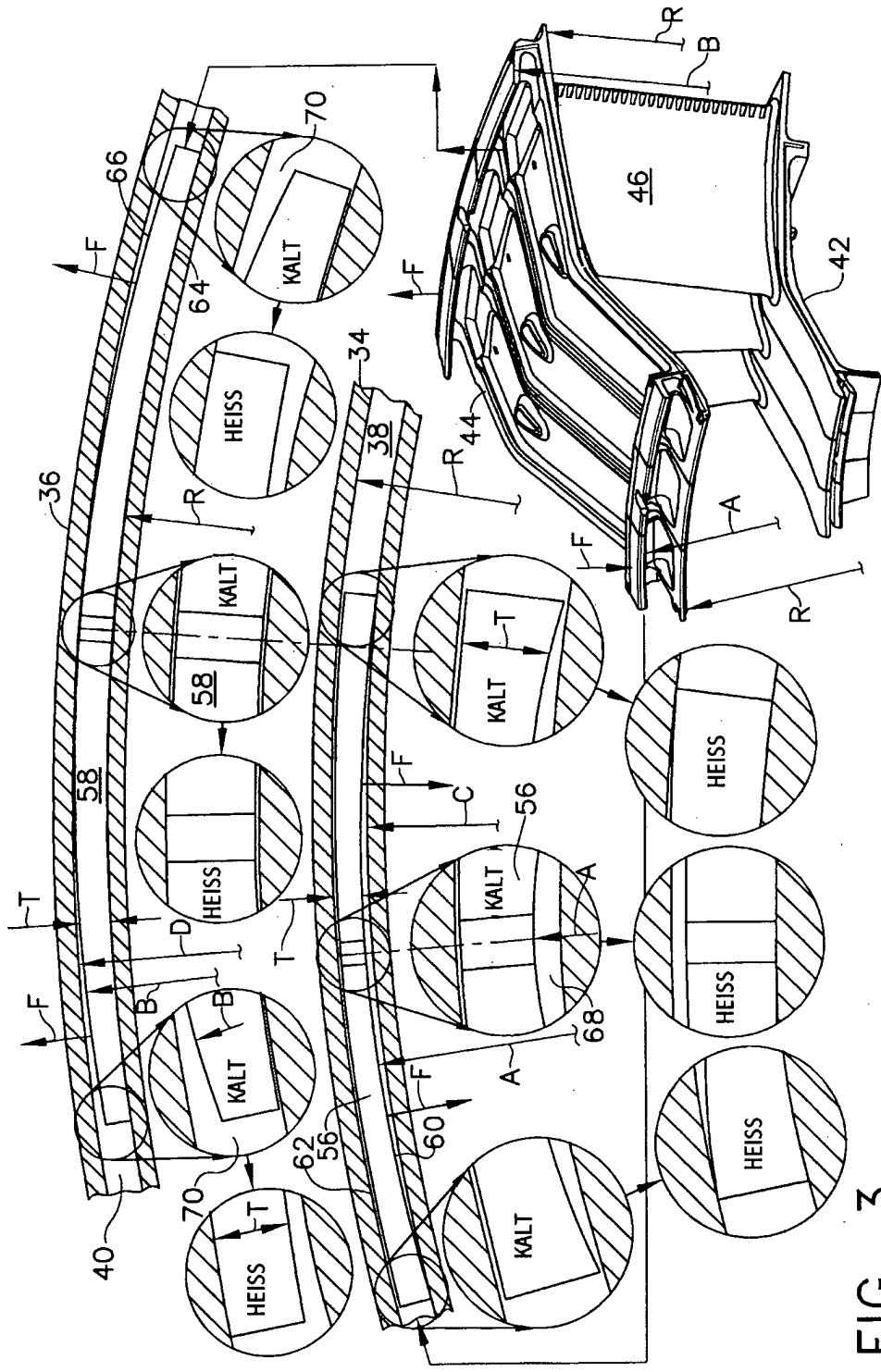


FIG. 3

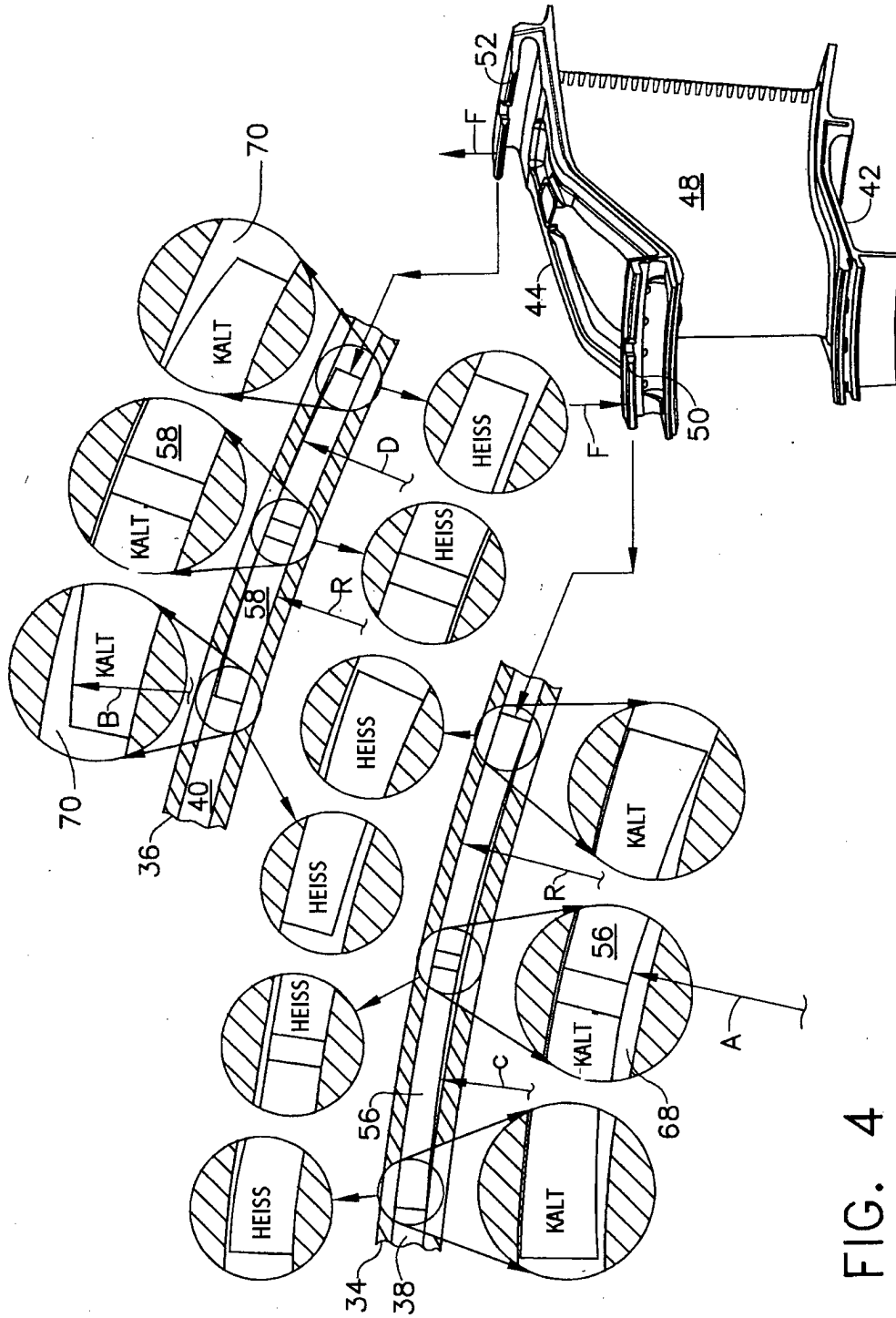


FIG. 4

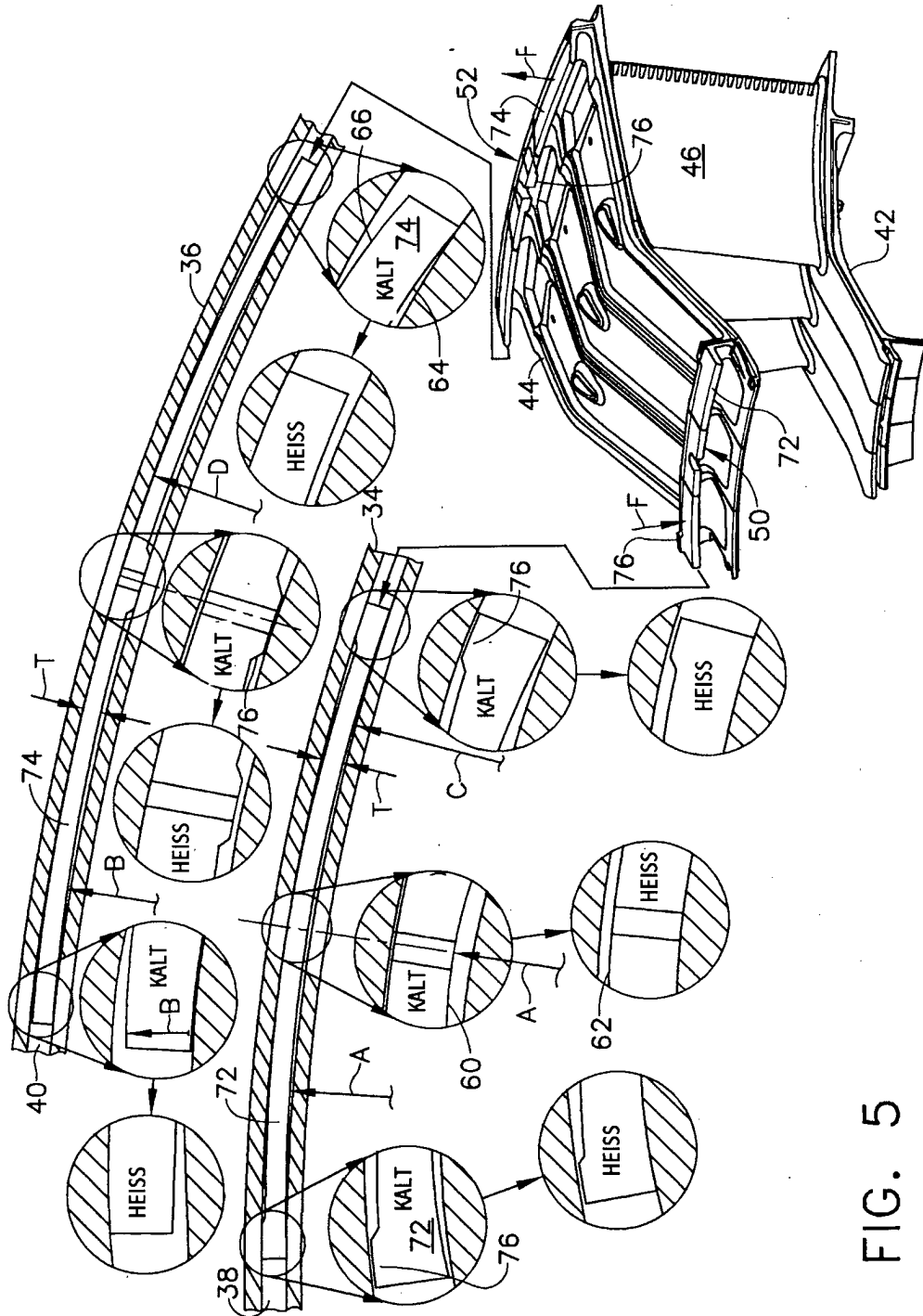


FIG. 5