



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 12 466 T2 2007.11.29**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 431 513 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 12 466.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 257 927.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.12.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.06.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **14.03.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.11.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01D 5/14 (2006.01)**

**F01D 9/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**325035 20.12.2002 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:  
**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

(72) Erfinder:  
**Brainch, Gulcharan S., West Chester, Ohio 45069-4529, US; Albrecht, Richard W., Fairfield, Ohio 45014, US; Heffron, Todd Stephen, Harrison, Ohio 45030, US; Miller, William, Fairfield, Ohio 45014, US; Stewart, David B., Cincinnati, Ohio 45241, US**

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

(54) Bezeichnung: **Gasturbinenleitschaufel sowie Gasturbine umfassend eine Gasturbinenleitschaufel**

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 eingeleitet, 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]** Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf Gasturbinentreibwerksleitapparate und insbesondere auf Verfahren und Vorrichtungen zur Montage von Gasturbinentreibwerksleitapparaten.

**[0002]** Gasturbinentreibwerke enthalten Brennkammern, die Treibstoff-Luft-Gemische zünden, welche dann durch eine Turbinendüsen- bzw. -leitapparatanordnung zu einer Turbine geleitet werden. Zumindest einige bekannte Turbinenleitapparatanordnungen enthalten mehrere Leitapparate, die in Umfangsrichtung angeordnet und als Dubletten konstruiert sind. Zumindest einige bekannte Turbinenleitapparate enthalten mehr als zwei in Umfangsrichtung zueinander in Abstand angeordnete ausgehöhlte Schaufelblätter, die durch integral ausgebildete Plattformen eines inneren und eines äußeren Deckbandes aneinander gekoppelt sind. Genauer gesagt, bildet das innere Deckband eine radial innere Strömungspfadbegrenzung, während das äußere Deckband eine radial äußere Strömungspfadbegrenzung bildet. Andere bekannte Turbinenleitapparate sind in einer freitragenden Anordnung montiert, bei der das innere Deckband radial und axial beweglich ist, während das äußere Deckband an Vorder- und Hinterhaken eingespannt ist.

**[0003]** Eine Ausbildung des Turbinenleitapparates mit mehr als zwei integral gebildeten Schaufelblättern ermöglicht eine Verbesserung der Verschleißfestigkeit und eine Reduktion von Leckagen im Vergleich mit Turbinenleitapparaten, die lediglich ein oder zwei Schaufelblätter enthalten. Entsprechend enthalten zumindest einige bekannte Turbinenleitapparate zumindest ein einzelnes Schaufelblatt, das zwischen einem Paar in Umfangsrichtung angeordneter äußerer Schaufelblätter positioniert ist. Im laufenden Betrieb können jedoch Temperaturgradienten und aerodynamische Belastungen zu thermischen Spannungen und thermischer Verbiegung bzw. Sehnenbildung (Chording) an einer Verbindungsstelle zwischen den Schaufelblättern und dem äußeren Deckband führen. Insbesondere können höhere Spannungen in den äußeren Schaufelblättern herbeigeführt werden als in den Schaufelblättern, die zwischen den äußeren Schaufelblättern positioniert sind. Mit der Zeit können die in dem Turbinenleitapparat hervorgerufenen lokalen Spannungen zu einem vorzeitigen Ausfall des Turbinenleitapparates führen.

**[0004]** Um eine Reduktion von Auswirkungen thermischer Gradienten und einer aerodynamischen Beanspruchung zu fördern, wird zumindest innerhalb einiger bekannter Turbinenleitapparate eine Verrundung mit variablen Radius zwischen jedem Schaufelblatt und dem äußeren Band gebildet. Wenigstens einige bekannte Turbinenleitapparate sind jedoch mit geringer aerodynamischer Konvergenz konstruiert,

um eine leichte Durchströmung für die Leitschaufelkühlung zu ermöglichen und um Kühl- und SpülLuft für die Niederdruckturbinenrotorhohlräume der Hochdruckturbine durchströmen zu lassen. Auf diese Weise kann die Erweiterung der Verrundungen entlang der Schaufelblätter in unerwünschter Weise die aerodynamische Konvergenz durch ein Turbinenleitapparat reduzieren. Darüber hinaus kann die reduzierte aerodynamische Konvergenz unter extremen Umständen dazu führen, dass sich die aerodynamische Verengung des Leitapparates von der Leitapparathinterkante nach vorne verschiebt, was somit eine instabile aerodynamischen Umgebung zur Folge hat.

**[0005]** Eine solche Anordnung ist in der EP-A-1 039 096 offenbart.

**[0006]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist ein Turbinenleitapparat für ein Gasturbinentreibwerk geschaffen. Der Leitapparat enthält ein äußeres Deckband, ein inneres Deckband und mehrere Schaufelblätter, die durch das äußere Deckband und das innere Deckband miteinander verbunden sind. Die mehreren Schaufelblätter enthalten zumindest ein erstes Schaufelblatt und ein zweites Schaufelblatt. Das erste Schaufelblatt enthält eine Verrundung mit variablem Radius, die sich zwischen dem äußeren Deckband und dem ersten Schaufelblatt erstreckt. Das zweite Schaufelblatt ist mit dem äußeren Deckband lediglich über eine Verrundung mit festem Radius verbunden.

**[0007]** In einer weiteren Ausführungsform enthält ein Gasturbinentreibwerk zumindest einen Turbinenleitapparat, der ein äußeres Deckband, ein inneres Deckband und mehrere Schaufelblätter enthält, die durch das äußere und das innere Deckband miteinander verbunden sind. Die mehreren Schaufelblätter enthalten ein erstes Schaufelblatt und ein zweites Schaufelblatt, das in Umfangsrichtung neben dem ersten Schaufelblatt positioniert ist. Das erste Schaufelblatt enthält zumindest eine Verrundung mit variablen Radius, die sich zwischen dem ersten Schaufelblatt und dem äußeren Deckband erstreckt. Das zweite Schaufelblatt weist lediglich eine einzelne Verrundung mit festem Radius auf, die sich zwischen dem äußeren Deckband und dem zweiten Schaufelblatt erstreckt.

**[0008]** Die Erfindung ist nun detaillierter anhand von Beispielen und unter Bezug auf Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

**[0009]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Gasturbinentreibwerks;

**[0010]** [Fig. 2](#) eine perspektivische Ansicht eines Turbinenleitapparats, der gemeinsam mit dem in [Fig. 1](#) veranschaulichten Gasturbinentreibwerk verwendet werden kann;

[0011] [Fig. 3](#) eine perspektivische Seitenansicht des in [Fig. 2](#) veranschaulichten Turbinenleitapparats; und

[0012] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittsansicht des in [Fig. 3](#) veranschaulichten Turbinenleitapparats, geschnitten entlang der Linie 4-4.

[0013] [Fig. 1](#) zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gasturbintriebwerks **10**, das eine Bläseranordnung **12**, einen Hochdruckverdichter **14** und eine Brennkammer **16** enthält. Das Triebwerk **10** enthält ferner eine Hochdruckturbine **18** und eine Niederdrukturbine **20**. Das Triebwerk **10** weist eine Einnahmeseite **28** und eine Ausnahmeseite **30** auf. In einer Ausführungsform ist das Triebwerk ein CF-34-10 Triebwerk, das kommerziell von General Electric Aircraft Engines, Cincinnati, Ohio erhältlich ist.

[0014] Im laufenden Betrieb strömt Luft durch die Bläseranordnung **12**, und komprimierte Luft wird zu dem Hochdruckverdichter **14** geliefert. Die hochkomprimierte Luft wird der Brennkammer **16** zugeführt. Die Luftströmung aus der Brennkammer **16** treibt die Turbinen **18** und **20** an, und die Turbine **20** treibt die Bläseranordnung **12** an. Die Turbine **18** treibt den Hochdruckverdichter **14** an.

[0015] [Fig. 2](#) zeigt eine perspektivische Ansicht eines Turbinenleitapparates **50**, der zusammen mit dem (in [Fig. 1](#) veranschaulichten) Gasturbintriebwerk **10** verwendet werden kann. [Fig. 3](#) zeigt eine perspektivische Seitenansicht des Turbinenleitapparates **50**. [Fig. 4](#) zeigt eine Querschnittsansicht des Turbinenleitapparates **50**, der entlang der (in [Fig. 3](#) veranschaulichten) Linie 4-4 geschnitten wurde. Der Leitapparat **50** enthält mehrere in Umfangsrichtung im Abstand zueinander angeordnete Schaufelblätter **52**, die mittels eines bogenförmigen radial äußeren Deckbandes oder einer Plattform **54** und eines bogenförmigen radial inneren Deckbandes oder einer Plattform **56** miteinander gekoppelt sind. Genauer gesagt, ist in der beispielhaften Ausführungsform jedes Deckband **54** und **56** in einem Stück, integral mit den Schaufelblättern **52** ausgebildet, und der Leitapparat **50** enthält vier Schaufelblätter **52**. In einer Ausführungsform ist jeder bogenförmige Leitapparat **50** als ein Vierblattsegment bekannt. In einer alternativen Ausführungsform sind die Leitapparatsschaufelblätter **52** in einer freitragenden Anordnung innerhalb des Leitapparates **50** montiert.

[0016] Das innere Deckband **56** enthält einen hinteren Flansch **60**, der sich von diesem aus radial nach innen erstreckt. Genauer gesagt, erstreckt sich der Flansch **60** radial von dem Deckband **56** in Bezug auf eine radial innere Oberfläche **62** des Deckbandes **56**. Das innere Deckband **56** enthält auch einen vorderen Flansch **64**, der sich von diesem aus radial nach innen erstreckt. Der vordere Flansch **64** ist zwischen

einer stromaufwärtigen Kante **66** des inneren Deckbandes **56** und dem hinteren Flansch **60** positioniert. In der beispielhaften Ausführungsform erstreckt sich der Flansch **64** radial nach innen von dem Deckband **56** aus.

[0017] Das äußere Deckband **54** enthält ein freitragendes Montagesystem **70**, das eine vordere Halterung **72**, eine mittlere Hakenanordnung **74** und eine hintere Hakenanordnung **76** enthält. Das freitragende Montagesystem **70** ermöglicht die Abstützung des Turbinenleitapparats **50** innerhalb des Triebwerks **10** von einem (nicht gezeigten) umgebenden ringförmigen Gehäuse aus. Die vordere Halterung **72** erstreckt sich von einer äußeren Fläche **80** des äußeren Deckbandes **54** aus radial nach außen und definiert einen Kanal **82**, der sich kontinuierlich in einer Umfangsrichtung quer über eine Vorderkante **84** des äußeren Deckbandes **54** erstreckt.

[0018] Die mittlere Hakenanordnung **74** ist hinter der vorderen Halterung **72** positioniert und enthält in der beispielhaften Ausführungsform mehrere in Umfangsrichtung im Abstand zueinander angeordnete und in Umfangsrichtung zueinander ausgerichtete Haken **90**. Alternativ erstreckt sich die mittlere Hakenanordnung **74** kontinuierlich quer über die Außenoberfläche **80** des äußeren Deckbandes.

[0019] Die hintere Hakenanordnung **76** ist hinter der mittleren Hakenanordnung **74** positioniert und befindet sich als solche zwischen einer Vorderkante **92** des Leitapparates **50** und der mittleren Hakenanordnung **74**. In der beispielhaften Ausführungsform erstreckt sich die Hakenanordnung **76** kontinuierlich in einer Umfangsrichtung quer über die äußere Oberfläche **80** des äußeren Deckbandes und ist im Wesentlichen parallel zu der mittleren Hakenanordnung **74** ausgerichtet.

[0020] Die Schaufelblätter **52** sind im Wesentlichen einander ähnlich, und jedes enthält eine erste Seitenwand **100** und eine zweite Seitenwand **102**. Die erste Seitenwand **100** ist konvex und definiert eine Saugseite eines jeden Schaufelblatts **52**, während die zweite Seitenwand **102** konkav ist und eine Druckseite jedes Schaufelblatts **52** definiert. Die Seitenwände **100** und **102** sind an einer Vorderkante **104** und an einer axial im Abstand angeordneten Hinterkante **106** eines jeden Schaufelblatts **52** miteinander verbunden. Genauer gesagt, ist jede Schaufelblattvorderkante **106** in Sehnenrichtung beabstandet und stromab von jeder zugehörigen Schaufelblattvorderkante **104** angeordnet. Die erste und die zweite Seitenwand **100** bzw. **102** erstrecken sich auch in Längsrichtung oder radial nach außen in der Spannweitenrichtung von dem radial inneren Deckband **56** aus zu dem radial äußeren Deckband **54**.

[0021] In der beispielhaften Ausführungsform ent-

hält jeder bogenförmige Leitapparateil **50** ein Paar in Umfangsrichtung innerer Schaufelblätter **110** und **112** und ein Paar in Umfangsrichtung äußerer Schaufelblätter **114** und **116**. Die inneren Schaufelblätter **110** und **112** sind zwischen den äußeren Schaufelblättern **114** und **116** eingekoppelt und sind in Umfangsrichtung in einem Abstand **120** zueinander angeordnet. Die Schaufelblätter **110**, **112**, **114** und **116** sind auch im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet. Der Abstand **120** und eine Orientierung der Schaufelblätter **110**, **112**, **114** und **116** werden variabel ausgewählt, um die Bildung eines stark divergenten Strömungspfads durch den Leitapparat **50** zu unterstützen und um eine Optimierung der aerodynamischen Konvergenz durch den Leitapparat **50** zu fördern.

**[0022]** Die Schaufelblätter **110**, **112**, **114** und **116** sind integral mit sowohl dem inneren als auch dem äußeren Deckband **56** bzw. **54** verbunden. Insbesondere ist jedes Schaufelblatt **52** mit dem inneren Deckband **56** über eine Verrundung **130** mit festem Radius verbunden, die jedes Schaufelblatt **52** begrenzt und einen sanften Übergang zwischen jedem entsprechenden Schaufelblatt **110**, **112**, **114** und **116** und dem inneren Deckband **56** schafft. Jedes innere Schaufelblatt **110** und **112** ist ferner mit dem äußeren Deckband **54** über eine Verrundung **132** mit konstantem Radius gekoppelt, die jedes Schaufelblatt **110** und **112** begrenzt und einen sanften Übergang zwischen jedem jeweiligen Schaufelblatt **110** und **112** und dem äußeren Deckband **56** schafft.

**[0023]** Jedes äußere Schaufelblatt **114** und **116** ist über eine Rundung **140** mit variablem Radius und über eine Rundung **142** mit konstantem Radius mit dem äußeren Deckband **54** verbunden. Insbesondere ist jede Verrundung **142** mit konstantem Radius zwischen dem jeweiligen in Umfangsrichtung inneren Schaufelblatt **110** bzw. **112** und jedem zugehörigen äußeren Schaufelblatt **114** bzw. **116** positioniert. Genauer gesagt, erstreckt sich die Verrundung **142** mit konstantem Radius, die einen Übergang zwischen dem Schaufelblatt **114** und dem äußeren Deckband **54** schafft, lediglich entlang der Saugseite des Schaufelblatts **114**, während sich die Verrundung **140** mit variablem Radius, die einen Übergang zwischen dem Schaufelblatt **114** und dem äußeren Deckband **54** schafft, lediglich entlang der Druckseite des Schaufelblatts **114** erstreckt. In ähnlicher Weise erstreckt sich die Verrundung **142** mit konstantem Radius, die von dem Schaufelblatt **116** zu dem äußeren Deckband **54** übergeht, lediglich entlang der Druckseite des Schaufelblatts **116**, und die Verrundung **140** mit variablem Radius, die von dem Schaufelblatt **116** zu dem äußeren Band **54** übergeht, erstreckt sich lediglich entlang der Saugseite des Schaufelblatts **116**.

**[0024]** Jede Verrundung **140** mit variablem Radius enthält einen ersten Radius **R1** und einen zweiten

Radius **R2**. Insbesondere ist der Radius **R1** kleiner als der zweite Radius **R2** und erstreckt sich zwischen dem zweiten Radius **R2** und dem äußeren Deckband **54**. Genauer gesagt, erstreckt sich der zweite Radius **R2** von einer äußeren Oberfläche **150** eines jeden jeweiligen Schaufelblatts **114** bzw. **116** aus und geht in den ersten Radius **R1** über, so dass sich der erste Radius **R1** seicht in eine innere Oberfläche **152** des äußeren Deckbandes **54** einfügt.

**[0025]** Da die Schaufelblätter **52** in einem Stück mit dem äußeren und dem inneren Deckband **54** bzw. **56** ausgebildet sind, können im laufenden Betrieb, wenn heiße Verbrennungsgase durch den Leitapparat **50** strömen, Temperaturgradienten und aerodynamische Lasten zu thermischen Spannungen und thermischer Verbiegung bzw. Sehnenbildung (Chording) zwischen den Schaufelblättern **52** und dem äußeren Deckband **56** führen. Die Verrundungen **140** mit variablem Radius erleichtern jedoch eine Reduktion lokaler thermischer Spannungen zwischen den Schaufelblättern **52** und dem äußeren Deckband **54**. Weil die Verrundungen **140** mit variablem Radius nicht jedes äußere Schaufelblatt **114** und **116** begrenzen und weil die inneren Schaufelblätter **110** und **112** keine Verrundungen **140** mit variablem Radius enthalten, wird darüber hinaus ermöglicht, die Wirkung auf die aerodynamische Konvergenz durch den Leitapparat **50** auf ein Minimum zu reduzieren. Weil jede einzelne Verrundung **142** mit konstantem Radius in ihrer Größe kleiner ist als eine Verrundung **140** mit variablem Radius, schränken insbesondere die Verrundungen **142** mit konstantem Radius den aerodynamischen Durchgang durch den Leitapparat **50** weniger ein. In Folge dessen fördern die Verrundungen **140** mit variablem Radius eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit des Leitapparates **50** und eine Verlängerung der Nutzungsdauer des Leitapparates **50**.

**[0026]** In einer alternativen Ausführungsform ist der Leitapparat **50** in Form einer freitragenden Montageanordnung ausgebildet, während das innere Deckband **56** radial und axial frei beweglich ist und das äußere Deckband **54** lediglich durch die Hakenanordnungen **74** und **76** festgehalten ist. Im Betrieb werden höhere Spannungen zwischen dem äußeren Deckband **54** und den Schaufelblättern **52** hervorgerufen, wobei, wie oben beschrieben, alle inneren Deckbänder und Schaufelblattverbindungsstellen eine einfache Verrundung **130** mit konstantem Radius verwenden. Die Verrundungen **140** mit variablem Radius werden lediglich entlang der in Umfangsrichtung äußeren Außenkanten des äußeren Bandes und der Schaufelblattverbindungsstellen verwendet. Falls erwünscht, können in dieser Ausführungsform und in den anderen beschriebenen Ausführungsformen zusätzliche Verrundungen **140** mit variablem Radius zunehmend in Richtung eines umfangsseitigen Zentrums des Mehrschaufelblattsegments verlängert werden.

**[0027]** Der vorstehend beschriebene Turbinenleitapparat enthält ein Paar äußerer Schaufelblätter, die jeweils eine Verrundung mit variablem Radius enthalten, die sich lediglich entlang einer einzigen Seite jedes Schaufelblattes erstreckt. Die inneren Schaufelblätter enthalten keine Verrundungen mit variablem Radius und sind an das äußere Deckband über eine herkömmliche Verrundung mit konstantem Radius angekoppelt. Die Verrundungen mit variablem Radius reduzieren Spannungskonzentrationen, die in dem Turbinenleitapparat hervorgerufen werden, ohne die aerodynamische Konvergenz durch den Turbinenleitapparat negativ zu beeinflussen. In Folge dessen wird eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit und Nutzungsdauer des Turbinenleitapparates durch den variablen Radius gefördert.

### Patentansprüche

1. Turbinenleitapparat (50) für ein Gasturbinen-triebwerk (10), wobei der Leitapparat Folgendes umfasst:

ein äußeres Deckband (54);  
ein inneres Deckband (56); und  
mehrere durch das äußere Deckband und das innere Deckband aneinander gekoppelte Schaufelblätter (52), wobei die mehreren Schaufelblätter wenigstens ein erstes Schaufelblatt (114) und ein zweites Schaufelblatt (110) umfassen und das erste Schaufelblatt eine sich zwischen dem äußeren Deckband und dem ersten Schaufelblatt erstreckende Verrundung (140) mit variablem Radius umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Schaufelblatt an das äußere Deckband nur durch eine Verrundung (132) mit konstantem Radius gekoppelt ist.

2. Turbinenleitapparat (50) nach Anspruch 1, wobei die Verrundung (140) mit variablem Radius einen ersten Radius (R1) und einen zweiten Radius (R2) umfasst, wobei der erste Radius kleiner als der zweite Radius ist.

3. Turbinenleitapparat (50) nach Anspruch 1, wobei der erste Radius (R1) zwischen dem zweiten Radius (R2) und dem äußeren Deckband (54) positioniert ist.

4. Turbinenleitapparat (50) nach Anspruch 1, wobei jedes der mehreren Schaufelblätter (52) eine erste Seitenwand (100) und eine zweite Seitenwand (102) umfasst, die an einer Vorderkante (104) und einer Hinterkante (106) miteinander verbunden sind, wobei die Verrundung (140) mit variablem Radius sich entlang nur einer der ersten und zweiten Seitenwände des ersten Schaufelblatts erstreckt.

5. Turbinenleitapparat (50) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Schaufelblätter (52) ferner ein drittes Schaufelblatt (112) umfassen, das zweite Schaufelblatt innerhalb des Turbinenleitapparats zwischen

dem ersten und dem dritten Schaufelblatt angekoppelt ist und das dritte Schaufelblatt durch eine zweite Verrundung (140) mit variablem Radius an das äußere Deckband gekoppelt ist.

6. Turbinenleitapparat (50) nach Anspruch 5, wobei jedes der mehreren Schaufelblätter (52) eine erste Seitenwand (100) und eine zweite Seitenwand (102) umfasst, die an einer Vorderkante (104) und einer Hinterkante (106) miteinander verbunden sind, wobei die Verrundung (140) mit variablem Radius sich nur entlang der ersten Seitenwand des ersten Schaufelblatts und entlang der zweiten Seitenwand des dritten Schaufelblatts erstreckt.

7. Turbinenleitapparat (50) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Schaufelblätter (52) durch eine Verrundung (130) mit konstantem Radius an das innere Deckband (56) gekoppelt sind.

8. Gasturbinentriebwerk (10), das wenigstens eine Turbinenleitapparatbaugruppe (50) mit einem äußeren Deckband (54), einem inneren Deckband (56) und mehreren Schaufelblättern (52) umfasst, die durch das äußere und innere Deckband aneinander gekoppelt sind, wobei die mehreren Schaufelblätter ein erstes Schaufelblatt (114) und ein in Umfangsrichtung neben dem ersten Schaufelblatt angeordnetes zweites Schaufelblatt (110) umfassen, und wobei das erste Schaufelblatt wenigstens eine sich zwischen dem ersten Schaufelblatt und dem äußeren Deckband erstreckende Verrundung (140) mit variablem Radius umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Schaufelblatt nur eine sich zwischen dem äußeren Deckband und dem zweiten Schaufelblatt erstreckende Verrundung (132) mit konstantem Radius umfasst.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

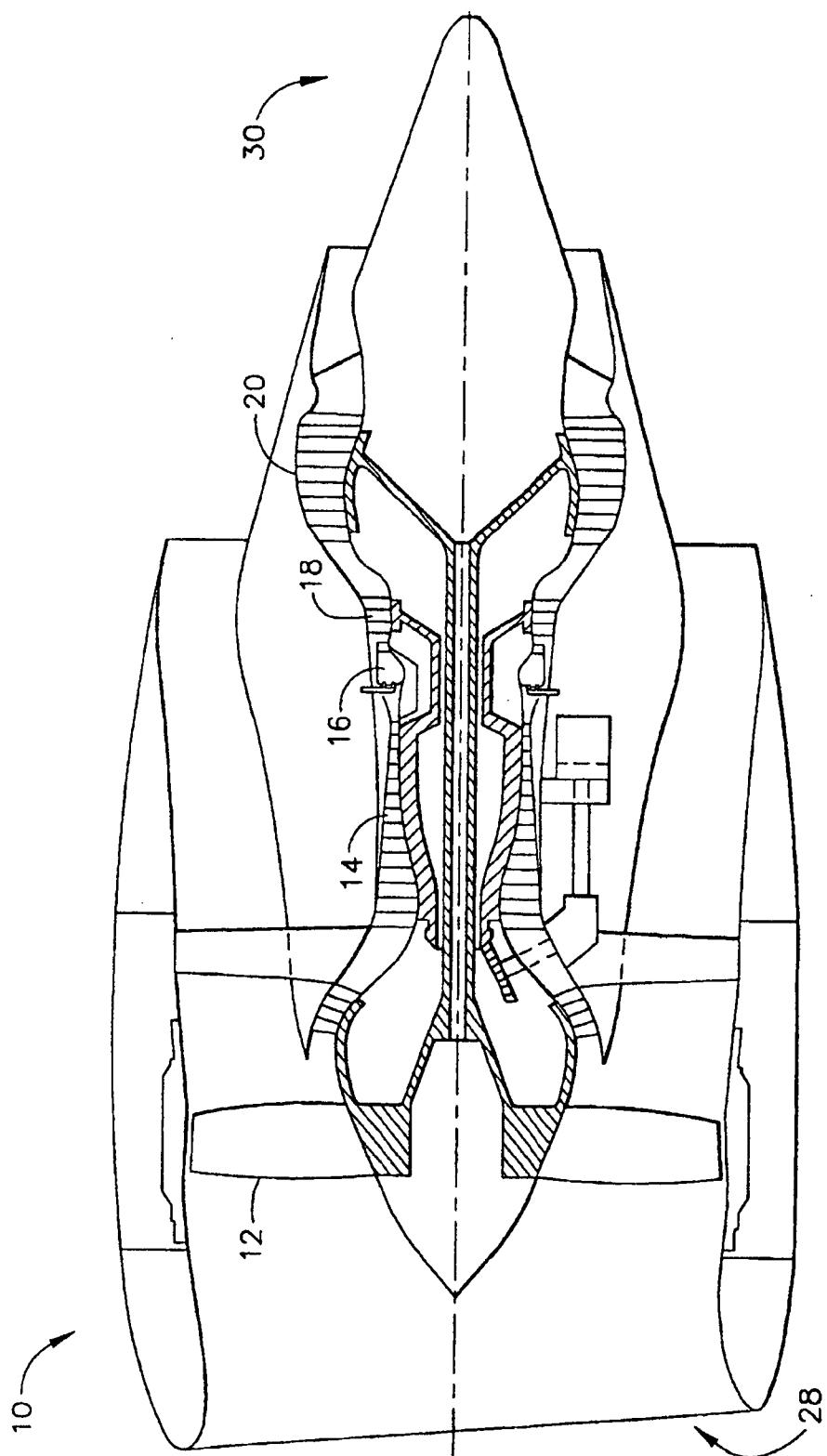


FIG. 1

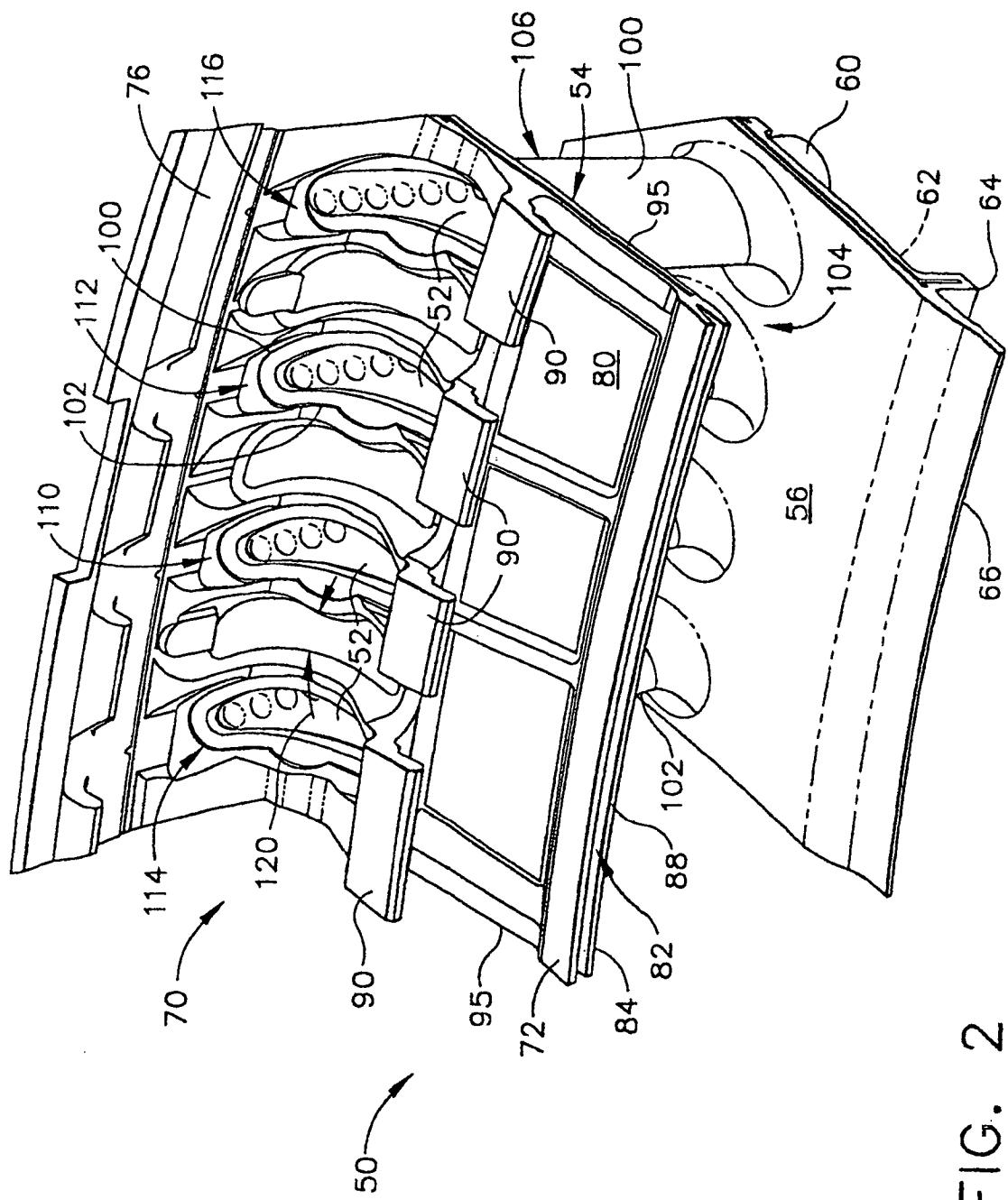


FIG. 2

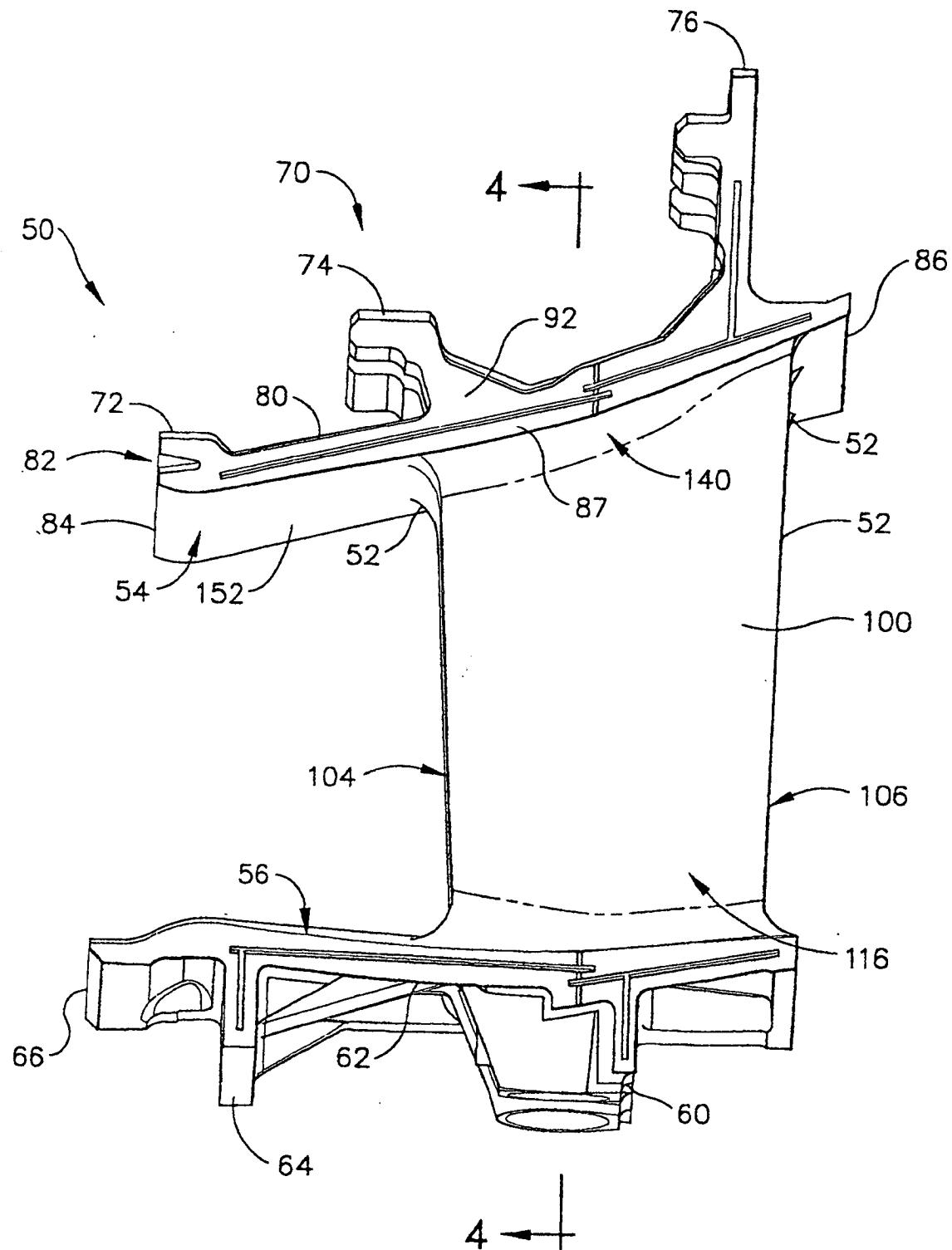


FIG. 3

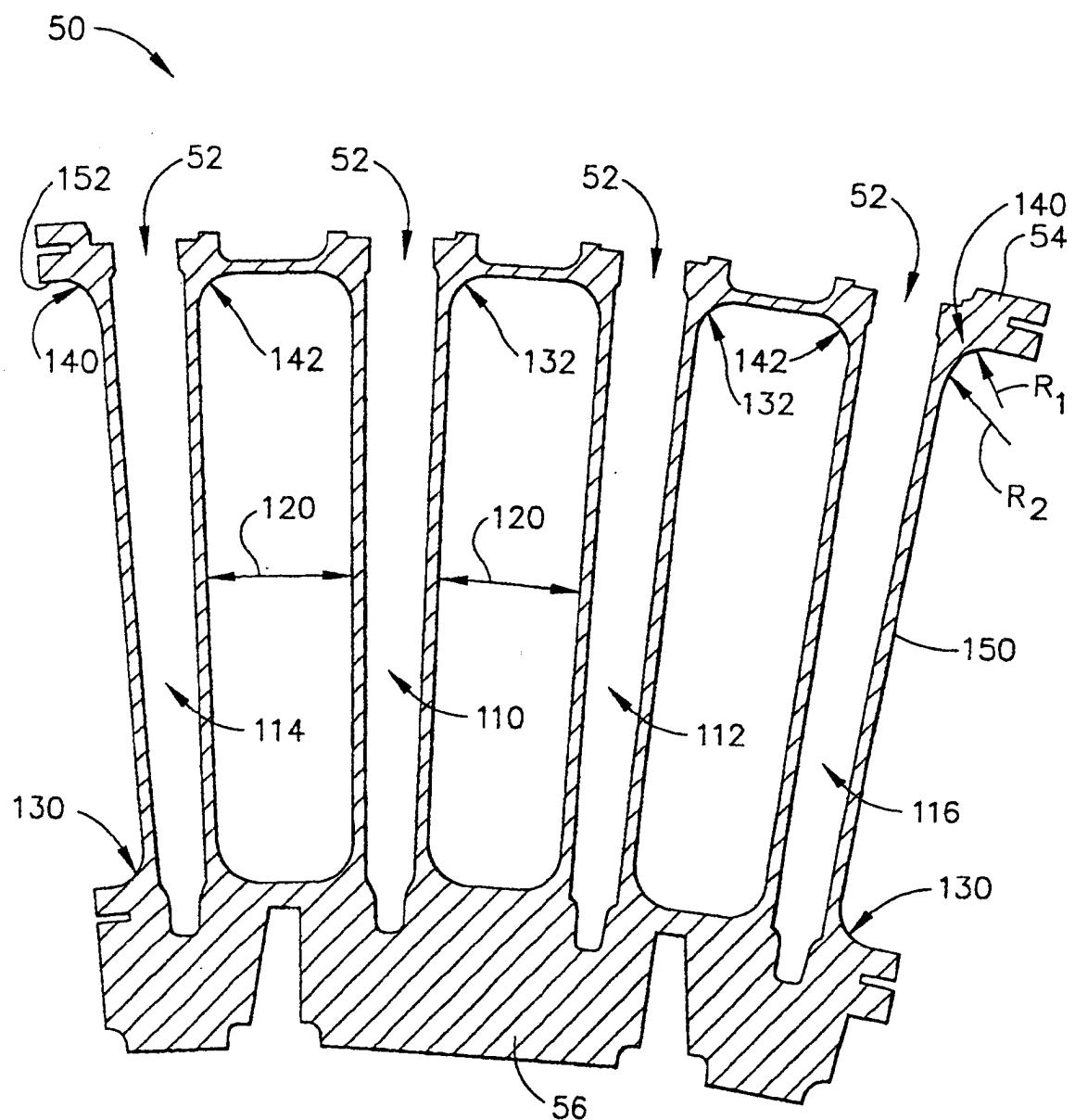


FIG. 4