



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 602 11 963 T2 2007.01.25

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 221 537 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 602 11 963.4

(96) Europäisches Aktenzeichen: 02 250 143.1

(96) Europäischer Anmeldetag: 09.01.2002

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 10.07.2002

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 07.06.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 25.01.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: F01D 5/20 (2006.01)

F01D 5/18 (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
756902 09.01.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

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

(72) Erfinder:  
Lee, Ching-Pan, Cincinnati, Ohio 45243, US;  
Shelton, Monty Lee, Loveland, Ohio 45140, US;  
Prakash, Chander, Cincinnati, Ohio 45242, US;  
Starkweather, John Howard, Cincinnati, Ohio  
45241, US; Singh, Hardev, Mason, Ohio 45040, US;  
Rinck, Gerard Anthony, Cincinnati, Ohio 45242, US

(74) Vertreter:  
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: Methode und Einrichtung zur Kühlung von Turbinenschaufelspitzen

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 eingelebt, 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 Anmeldung betrifft allgemein Laufschaufeln eines Gasturbinentreibwerks und insbesondere Verfahren und eine Vorrichtung zur Reduktion von Temperaturen von Laufschaufel spitzen.

**[0002]** Laufschaufeln von Gasturbinentreibwerken enthalten gewöhnlich Schaufelblätter, die eine Vorderkante und eine Hinterkante, eine Druckseite und eine Saugseite aufweisen. Die Druckseite und die Saugseite sind an der Vorderkante und der Hinterkante des Schaufelblatts miteinander verbunden und erstrecken sich in radialer Richtung zwischen dem Schaufelblattfuß und der Spitze bzw. dem Kopf. Um eine Reduktion einer Verbrennungsgasleckage zwischen den Schaufelblattspitzen und den stationären Statorkomponenten zu unterstützen, enthalten die Schaufelblätter eine Spitzenregion, die sich von der Schaufelblattspitze aus radial nach außen erstreckt.

**[0003]** Ein Beispiel für ein Schaufelblatt nach dem Stand der Technik ist in der US-A-6 059 530 angegeben. Der Oberbegriff des Anspruchs 1 basiert auf der Beschreibung dieser Druckschrift.

**[0004]** Die Schaufelblatt spitzenregionen enthalten eine erste Spitzenwand, die sich von der Vorderkante des Schaufelblatts aus zu der Hinterkante erstreckt, und eine zweite Spitzenwand, die sich ebenfalls von der Schaufelblattvorderkante aus derart erstreckt, dass sie mit der ersten Spitzenwand an der Hinterkante des Schaufelblatts verbunden ist. Die Spitzenregion verhindert eine Beschädigung an dem Schaufelblatt, wenn die Laufschaufel an den Statorkomponenten anläuft.

**[0005]** Im Betrieb leiten Verbrennungsgase, die auf die rotierenden Laufschaufeln aufprallen, Wärme in die Schaufelblätter und Spitzenregionen ein. Im Laufe der Zeit kann ein dauerhafter Betrieb bei höheren Temperaturen dazu führen, dass die Schaufelblatt spitzenregionen thermisch ermüden. Um eine Verringerung der Betriebstemperaturen der Schaufelblatt spitzenregionen zu unterstützen, enthalten wenigstens einige bekannte Laufschaufeln Schlitze in den Spitzenwänden, um Verbrennungsgasen bei einer niedrigeren Temperatur zu ermöglichen, durch die Spitzenregionen hindurchzuströmen.

**[0006]** Zur Unterstützung der Minimierung einer thermischen Ermüdung der Laufschaufel spitzen enthalten wenigstens einige bekannte Laufschaufeln einen Absatz in der Nähe der Spitzenregion, um eine Reduktion von Betriebstemperaturen der Spitzenregionen zu unterstützen. Der Absatz ist innerhalb der Druckseite des Schaufelblatts festgelegt und spaltet eine Verbrennungsgasströmung, wenn die Laufschaufeln rotieren, wodurch ermöglicht wird, dass sich eine Kühlluftfilmschicht an der Druckseite des

Schaufelblatts ausbildet. Die Filmschicht isoliert die Laufschaufel gegenüber den eine höhere Temperatur aufweisenden Verbrennungsgasen.

**[0007]** In einer beispielhaften Ausführungsform enthält eine Laufschaufel für ein Gasturbinentreibwerk eine Spitzenregion, die eine Reduktion von Betriebstemperaturen der Laufschaufel ohne einen Verlust des aerodynamischen Wirkungsgrads des Triebwerks unterstützt. Die Spitzenregion enthält eine erste Spitzenwand und eine zweite Spitzenwand, die sich in Radialrichtung nach außen von einer Schaufelblattspitzenplatte aus erstrecken. Die erste Spitzenwand erstreckt sich von der Nähe einer Vorderkante des Schaufelblatts aus bis zu einer Hinterkante des Schaufelblatts. Die zweite Spitzenwand erstreckt sich ebenfalls von der Nähe der Schaufelblattvorderkante aus und ist mit der ersten Spitzenwand an der Schaufelblatt hinterkante verbunden, um einen Spitzenhohlräum mit offener Oberseite zu bilden. Weitestens ein Teil der zweiten Spitzenwand ist versetzt bzw. ausgespart, um einen Spitzenabsatz zu bilden. Eine Aussparung erstreckt sich von der Spitzenplatte aus und ist zwischen der ersten und der zweiten Spitzenwand an der Vorderkante des Schaufelblatts gebildet. Die Aussparung steht mit dem Spitzenhohlräum in Strömungsverbindung.

**[0008]** Im Betrieb, wenn die Laufschaufeln rotieren, strömen Verbrennungsgase bei einer höheren Temperatur in der Nähe jeder Laufschaufelvorderkante zu der Spitzenregion des Schaufelblatts ab. Weil sich die Spitzenwände von dem Schaufelblatt aus erstrecken, ist zwischen der Laufschaufel und stationären strukturellen Komponenten ein enges Spiel festgelegt, das eine Reduktion von Verbrennungsgasverlusten dadurch unterstützt. Wenn es zu einem Anstreifen zwischen den stationären Strukturkomponenten und den Laufschaufeln kommt, berühren die Spitzenwände die Komponenten, wobei das Schaufelblatt intakt bleibt. Wenn die Laufschaufel rotiert, strömen Verbrennungsgase bei niedrigeren Temperaturen in der Nähe der Vorderkante durch die Aussparung hindurch und rufen kältere Gastemperaturen in dem Spitzenhohlräum hervor. Die Verbrennungsgase auf einer Druckseite der Laufschaufel strömen auch über den Absatz der Spitzenregion und vermischen sich mit einer Filmkühlluft. Infolgedessen unterstützen die Aussparung und der Absatz eine Reduktion von Betriebstemperaturen der Laufschaufel in der Spitzenregion, ohne dass dabei zusätzliche Kühlung verbraucht wird, so dass der Turbinenwirkungsgrad verbessert ist.

**[0009]** Die Erfindung ist nachstehend in größeren Einzelheiten zu Beispielszwecken mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

**[0010]** [Fig. 1](#) eine schematisierte Darstellung eines Gasturbinentreibwerks;

[0011] [Fig. 2](#) eine perspektivische Teilansicht einer Laufschaufel, die im Zusammenhang mit dem in [Fig. 1](#) veranschaulichten Gasturbinentreibwerk verwendet werden kann;

[0012] [Fig. 3](#) eine Querschnittsansicht einer abgewandelten Ausführungsform der in [Fig. 2](#) veranschaulichten Laufschaufel und

[0013] [Fig. 4](#) eine perspektivische Teilansicht einer weiteren alternativen Ausführungsform einer Laufschaufel, die im Zusammenhang mit dem in [Fig. 1](#) veranschaulichten Gasturbinentreibwerk verwendet werden kann.

[0014] [Fig. 1](#) zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gasturbinentreibwerks **10**, das eine Bläseranordnung **12**, einen Hochdruckverdichter **14** und eine Brennkammer **16** enthält. Das Triebwerk **10** enthält ferner eine Hochdruckturbine **18**, eine Niederdruckturbine **20** und einen als Booster bezeichneten Niederdruckverdichter **22**. Die Bläseranordnung **12** enthält eine Anordnung von Bläserlaufschaufeln **24**, die sich von einem Laufrad **26** aus radial nach außen erstrecken. Das Triebwerk **10** weist eine Einlassseite **28** und eine Auslassseite **30** auf.

[0015] Im Betrieb strömt Luft durch die Bläseranordnung **12**, und es wird komprimierte Luft zu dem Hochdruckverdichter **14** geliefert. Die unter hohem Druck stehende Luft wird der Brennkammer **16** zugeführt. Eine (in [Fig. 1](#) nicht veranschaulichte) Luftströmung von der Brennkammer **16** treibt die Turbinen **18** und **20** an, während die Turbine **20** die Bläseranordnung **12** antreibt.

[0016] [Fig. 2](#) zeigt eine perspektivische Teilansicht einer Laufschaufel **40**, die im Zusammenhang mit einem Gasturbinentreibwerk, beispielsweise dem (in [Fig. 1](#) veranschaulichten) Gasturbinentreibwerk **10**, verwendet werden kann. In einer Ausführungsform bilden mehrere Laufschaufeln **40** eine (nicht veranschaulichte) Laufschaufelstufe einer Hochdruckturbine eines Gasturbinentreibwerks **10**. Jede Laufschaufel **40** enthält ein hohles Schaufelblatt **42** und einen (nicht veranschaulichten) integralen Schwalbenschwanz, der zur Befestigung des Schaufelblatts **42** an einem (nicht veranschaulichten) Laufrad in einer allgemein bekannten Weise verwendet wird.

[0017] Das Schaufelblatt **42** enthält eine erste Seitenwand **44** und eine zweite Seitenwand **46**. Die erste Seitenwand **44** ist konvex und definiert eine Saugseite des Schaufelblatts **42**, während die zweite Seitenwand **46** konkav ist und eine Druckseite des Schaufelblatts **42** definiert. Die Seitenwände **44** und **46** sind an einer Vorderkante **48** und an einer axial beabstandeten Hinterkante **50** des Schaufelblatts **42**, die stromabwärts von der Vorderkante **48** angeordnet ist, miteinander verbunden.

[0018] Die erste und die zweite Seitenwand **44** bzw. **46** verlaufen in Längsrichtung oder Radialrichtung nach außen, um sich von einem (nicht veranschaulichten) Schaufelfuß, der in der Nähe des Schwalbenschwanzes angeordnet ist, bis zu einer Spitzenplatte **54** zu erstrecken, die eine radial äußere Grenze einer (nicht veranschaulichten) inneren Kühlkammer definiert. Die Kühlkammer ist in dem Schaufelblatt **42** zwischen den Seitenwänden **44** und **46** gebildet. Eine innere Kühlung des Schaufelblatts **42** ist in der Technik bekannt. In einer Ausführungsform enthält die Kühlkammer einen serpentinenförmigen Durchgang, der mit Verdichterzapfluft gekühlt wird. In einer weiteren Ausführungsform enthalten die Seitenwände **44** und **46** mehrere (nicht veranschaulichte) Filmkühlöffnungen, die sich durch diese hindurch erstrecken, um eine zusätzliche Kühlung der Kühlkammer zu unterstützen. In einer noch weiteren Ausführungsform enthält das Schaufelblatt **42** mehrere (nicht veranschaulichte) Hinterkantenöffnungen, die verwendet werden, um Kühlluft aus der Kühlkammer abzuführen.

[0019] Eine Spitzenregion **60** des Schaufelblatts **42** wird manchmal als Anstreifkante bzw. -spitze bezeichnet und enthält eine erste Spitzenwand **62** und eine zweite Spitzenwand **64**, die mit dem Schaufelblatt **42** integral ausgebildet sind. Die erste Spitzenwand **62** erstreckt sich von der Nähe der Schaufelblattvorderkante **48** aus entlang der ersten Seitenwand **44** des Schaufelblatts bis zu der Hinterkante **50** des Schaufelblatts. Insbesondere erstreckt sich die erste Spitzenwand **42** von der Spitzenplatte **54** zu einer Außenkante **65** über eine Höhe **66** hinweg. Die Höhe **66** der ersten Wand ist entlang der ersten Spitzenwand **62** im Wesentlichen konstant.

[0020] Die zweite Spitzenwand **64** erstreckt sich von der Nähe der Schaufelblattvorderkante **48** aus entlang der zweiten Seitenwand **46**, um mit der ersten Spitzenwand **62** an der Schaufelblattunterkante **50** verbunden zu sein. Insbesondere ist die zweite Spitzenwand **64** in Seitenrichtung von der ersten Spitzenwand **62** beabstandet, so dass gemeinsam mit den Spitzenwänden **62** und **64** und der Spitzenplatte **54** ein Spitzenhohlraum **70** mit offener Oberseite gebildet ist. Die zweite Spitzenwand **64** erstreckt sich ebenfalls radial nach außen von der Spitzenplatte **54** zu einer Außenkante **72** über eine Höhe **74** hinweg. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Höhe **74** der zweiten Wand gleich der Höhe **66** der ersten Wand. In einer alternativen Ausführungsform ist die Höhe **74** der zweiten Spitzenwand nicht gleich der Höhe **66** der ersten Spitzenwand.

[0021] Zwischen der ersten Spitzenwand **62** und der zweiten Spitzenwand **64** ist eine Aussparung **80** entlang der Schaufelblattvorderkante **48** definiert. Insbesondere weist die Aussparung **80** eine Weite **82**, die zwischen der ersten und der zweiten Spitzenwand **62** und **64** verläuft, und eine Höhe **84** auf, die zwischen

einem Grund **86** der Aussparung **80**, der durch die Spitzenplatte **54** definiert ist, und den Außenkanten **65** bzw. **72** der ersten bzw. zweiten Spitzenwand gemessen wird.

**[0022]** In einer alternativen Ausführungsform erstreckt sich die Aussparung **80** nicht von der Spitzenplatte **54** aus, sondern verläuft stattdessen ausgehend von den Außenkanten **65** und **72** der ersten bzw. zweiten Spitzenwand in Richtung auf die Spitzenplatte **54** über einen (nicht dargestellten) Abstand hinweg, der kleiner ist als die Höhe **84** der Aussparung, so dass sich der Grund **86** der Aussparung dementsprechend in einem (nicht veranschaulichten) Abstand zu der Spitzenplatte **54** befindet.

**[0023]** Die Aussparung **80** steht mit dem eine offene Oberseite aufweisenden Spitzenhohlraum **70** in Strömungsverbindung und ermöglicht, dass ein Verbrennungsgas bei einer niedrigeren Temperatur zum Zwecke einer geringeren Aufheizung in den Hohlraum **70** eintritt. In einer Ausführungsform enthält die Aussparung **80** ferner eine (in [Fig. 2](#) nicht veranschaulichte) Führungswand, die dazu verwendet wird, die in den Spitzenhohlraum **70** mit offener Oberseite eintretende Strömung in Richtung auf die zweite Spitzenwand **64** zu leiten. Insbesondere erstreckt sich die Führungswand von der Aussparung **80** aus in Richtung auf die Schaufelblatthinterkante **50**.

**[0024]** Die zweite Spitzenwand **64** ist wenigstens zum Teil von der zweiten Seitenwand **46** des Schaufelblatts abgesetzt. Insbesondere ist die zweite Spitzenwand **64** von der zweiten Seitenwand **46** des Schaufelblatts in Richtung auf die erste Spitzenwand **62** abgesetzt, um einen radial nach außen weisenden ersten Spitzenabsatz **90** zu bilden, der sich im Wesentlichen zwischen der Schaufelblattvorderkante und der Schaufelblatthinterkante **80** und **50** erstreckt. Insbesondere enthält der Absatz **90** einen vorderen Rand **94** und einen hinteren Rand **96**. Der vordere Rand **94** und der hintere Rand **96** verjüngern sich jeweils, um mit der zweiten Seitenwand **46** bündig abzuschließen. Der vordere Absatzrand **94** ist um einen Abstand **98** stromabwärts von der Schaufelblattvorderkante **48** angeordnet, und der hintere Absatzrand **96** ist um einen Abstand **100** stromaufwärts von der Schaufelblatthinterkante **50** angeordnet.

**[0025]** Die abgesetzte zweite Spitzenwand **64** und der Absatz **90** bilden zwischeneinander eine im Wesentlichen L-förmige Rinne oder Vertiefung **102**. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Spitzenplatte **54** im Allgemeinen unperforiert und enthält lediglich mehrere Öffnungen **106**, die sich durch die Spitzenplatte **54** an dem Spitzenabsatz **90** erstrecken. Die Öffnungen **106** sind axial im Abstand zueinander entlang des Absatzes **90** und in Strömungsverbindung zwischen der Vertiefung **102** und der inneren Schaufelblattkühlkammer angeordnet. In einer Aus-

führungsform sind die Spitzenregion **60** und das Schaufelblatt **42** mit einer Wärmeschutzbeschichtung überzogen.

**[0026]** Im Betrieb sind die Anstreifspitzenwände **62** und **64** in enger Nähe zu einem (nicht veranschaulichten) herkömmlichen stationären Statormantel angeordnet und definieren einen (nicht veranschaulichten) schmalen Zwischenraum dazwischen, der eine Reduktion von Verbrennungsgasverlustströmen durch diesen unterstützt. Die Spitzenwände **62** und **64** erstrecken sich von dem Schaufelblatt **42** aus radial nach außen. Demgemäß stehen lediglich die Spitzenwände **62** und **64** mit dem Mantel in Kontakt, wenn es zwischen den Laufschaufeln **40** und dem Statormantel zu einem Anstreifen kommt, so dass das Schaufelblatt **42** unversehrt bleibt.

**[0027]** Weil die Verbrennungsgase beim Strömen durch einen Turbinenströmungsweg ein parabelförmiges Profil einnehmen, befinden sich Verbrennungsgase in der Höhe der Vorderkante **48** der Spitzenregion der Laufschaufel bei einer niedrigeren Temperatur im Vergleich zu Gasen in der Nähe der Hinterkante **50** der Spitzenregion der Laufschaufel. Da kühtere Verbrennungsgase in die Aussparung **80** einströmen, wird eine Wärmeverlastung der Spitzenregion **60** verringert. Insbesondere stehen Verbrennungsgase, die in die Aussparung **80** hineinströmen, unter einem höheren Druck und einer verringerten Temperatur im Vergleich zu Gasen, die von der Druckseite **46** der Laufschaufel durch den Spitzenzwischenraum zu der Saugseite **44** der Laufschaufel entweichen. Infolgedessen trägt die Aussparung **80** zu einer Reduktion von Betriebstemperaturen in der Spitzenregion **60** bei.

**[0028]** Da die Verbrennungsgase über den ersten Spitzenabsatz **90** des Schaufelblatts strömen, bildet die Vertiefung **102** eine Sprungstelle in der Schaufelblattdruckseite **46**, die dazu führt, dass sich die Verbrennungsgase von der zweiten Seitenwand **46** des Schaufelblatts lösen, wodurch eine Verringerung ihres Wärmeübergangs unterstützt wird. Außerdem stellt die Vertiefung **102** einen Bereich zur Verfügung, in dem sich Kühlluft ansammeln und einen Film an der Seitenwand **46** ausbilden kann. Die Öffnungen **106** des ersten Spitzenabsatzes lassen Kühlluft aus der inneren Kühlkammer des Schaufelblatts austreten, um eine Filmkühlenschicht an der Spitzenregion **60** zu bilden. Aufgrund der Schaufeldrehung strömen Verbrennungsgase außerhalb der Laufschaufel **40** an der Vorderkante **48** in der Nähe einer (nicht veranschaulichten) Schaufelteilungslinie in einer Radialströmung in Richtung auf die Schaufelblattspitzenregion **60** in der Nähe der Hinterkante **50** entlang der zweiten Seitenwand **46** ab, so dass Betriebstemperaturen an der Vorderkantspitze kleiner sind als Betriebstemperaturen an der Hinterkantspitze. Der erste Spitzenabsatz **90** wirkt wie eine nach hinten

weisende Stufe in der abströmenden Radialströmung und stellt ein Schutzschild für den KühlLuftfilm bereit, der sich an der Seitenwand **46** ansammelt. Infolgedessen unterstützt der Absatz **90** eine verbesserte Kühleffektivität des Films, um Betriebstemperaturen der Seitenwand **46** zu verringern.

[0029] [Fig. 3](#) zeigt eine Querschnittsansicht einer alternativen Ausführungsform einer Laufschaufel **120**, die im Zusammenhang mit einem Gasturbinentriebwerk, beispielsweise einem Gasturbinentriebwerk **10** (wie es in [Fig. 1](#) veranschaulicht ist), verwendet werden kann. Die Laufschaufel **120** ist der in [Fig. 2](#) veranschaulichten Laufschaufel **40** im Wesentlichen ähnlich, so dass Komponenten der Laufschaufel **120**, die mit den Komponenten der Laufschaufel **40** identisch ausgebildet sind, in [Fig. 3](#) unter Verwendung der gleichen Bezugszeichen, wie sie in [Fig. 2](#) verwendet worden sind, gekennzeichnet sind. Demgemäß enthält die Laufschaufel **120** ein Schaufelblatt **42** (wie es in [Fig. 2](#) veranschaulicht ist), Seitenwände **44** und **46** (wie sie in [Fig. 2](#) veranschaulicht sind), die sich zwischen der Vorderkante und der Hinterkante **48** bzw. **50** erstrecken, und eine Aussparung **80**. Außerdem enthält die Laufschaufel **120** eine zweite Spitzenwand **64** und einen ersten Spitzenabsatz **90**. Darüber hinaus enthält die Laufschaufel **120** eine erste Spitzenwand **122**. Die Aussparung **80** ist zwischen der ersten und der zweiten Spitzenwand **122** bzw. **64** definiert.

[0030] Die erste Spitzenwand **122** erstreckt sich von der Nähe der Schaufelblattvorderkante **48** aus entlang der ersten Seitenwand **44** zur Verbindung mit der zweiten Spitzenwand **64** an der Schaufelblathinterkante **50**. Insbesondere ist die erste Spitzenwand **122** in Seitenrichtung von der zweiten Spitzenwand **64** beabstandet, um einen offenen Oberseite aufweisenden Spitzenhohlraum **70** zu bilden. Die erste Spitzenwand **122** erstreckt sich auch über eine (nicht veranschaulichte) Höhe hinweg radial nach außen von der Spitzenplatte **54** zu einer Außenkante **126**. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Höhe der ersten Spitzenwand gleich der Höhe **74** der zweiten Spitzenwand. Alternativ kann die Höhe der ersten Spitzenwand ungleich der Höhe **74** der zweiten Spitzenwand sein.

[0031] Die erste Spitzenwand **122** ist wenigstens zum Teil von der ersten Seitenwand **44** des Schaufelblatts versetzt angeordnet. Insbesondere ist die erste Spitzenwand **122** von der ersten Seitenwand **44** des Schaufelblatts in Richtung auf die zweite Spitzenwand **64** abgesetzt, um einen radial nach außen weisenden zweiten Spitzenabsatz **130** zu bilden, der sich im Wesentlichen zwischen der Vorderkante und der Hinterkante **48** und **50** des Schaufelblatts erstreckt. Insbesondere enthält der Absatz **130** einen vorderen Rand **134** und einen hinteren Rand **136**. Der vordere Rand **134** und der hintere Rand **136** ver-

jüngern sich jeweils, um mit der ersten Seitenwand **44** glatt bzw. bündig abzuschließen. Der vordere Absatzrand **134** ist um einen Abstand **138** stromabwärts von der Schaufelblattvorderkante **48** angeordnet, während der hintere Absatzrand **136** um einen Abstand **140** stromaufwärts von der Schaufelblathinterkante **50** angeordnet ist.

[0032] Die abgesetzte erste Spitzenwand **122** und der zweite Spitzenabsatz **130** bilden zwischeneinander eine im Wesentlichen L-förmige Rinne bzw. Vertiefung **144**. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Spitzenplatte **54** im Wesentlichen unperforiert und enthält mehrere Öffnungen **106**, die sich durch die Spitzenplatte **54** an dem ersten Spitzenabsatz **90** hindurch erstrecken, und mehrere Öffnungen **146**, die sich durch die Spitzenplatte **54** an dem zweiten Spitzenabsatz **130** erstrecken. Die Öffnungen **146** sind axial im Abstand zueinander entlang des zweiten Spitzenabsatzes **130** und in Strömungsverbindung zwischen der Vertiefung **144** und der inneren Kühlkammer des Schaufelblattes angeordnet. In einer Ausführungsform sind die Spitzenregion **62** und das Schaufelblatt **42** mit einer Wärmeschutzbeschichtung beschichtet.

[0033] Im Betrieb sind die Anstreifspitzenwände **122** und **64** in enger Nähe zu einem (nicht veranschaulichten) herkömmlichen stationären Statormantel angeordnet und bilden dazwischen einen (nicht veranschaulichten) engen Zwischenraum, um eine Reduktion einer Verbrennungsgasleckage durch diesen zu unterstützen. Die Spitzenwand **122** funktioniert in identischer Weise wie die vorstehend beschriebene Spitzenwand **62** und erstreckt sich von dem Schaufelblatt **42** aus radial nach außen. Demgemäß kommen im Falle eines Anstreifens zwischen den Laufschaufeln **40** und dem Statormantel lediglich die Spitzenwände **122** und **64** mit dem Mantel in Berührung, so dass das Schaufelblatt **42** unversehrt bleibt.

[0034] Da die Laufschaufeln **40** rotieren und Verbrennungsgase über die Spitzenabsätze **90** und **30** strömen, bilden außerdem die Vertiefungen **102** bzw. **144** in der Schaufelblattdruckseite **46** bzw. der Schaufelblattsaugseite **44** jeweils eine Sprungstelle, die die Verbrennungsgase veranlasst, sich von der Schaufelblattseitenwand **46** bzw. **44** zu lösen, so dass ein verringelter Wärmeübergang von diesen unterstützt wird. Die Vertiefung **144** wirkt in ähnlicher Weise wie die Vertiefung **102**, um einen Filmkühllauf zu unterstützen.

[0035] [Fig. 4](#) zeigt eine perspektivische Teilansicht einer alternativen Ausführungsform einer Laufschaufel **200**, die im Zusammenhang mit einem Gasturbinentriebwerk, beispielsweise dem (in [Fig. 1](#) veranschaulichten) Gasturbinentriebwerk **10**, verwendet werden kann. Die Laufschaufel **200** ist im Wesentli-

chen der Laufschaufel **40**, wie sie in [Fig. 2](#) veranschaulicht ist, ähnlich, so dass für die Komponenten der Laufschaufel **200**, die mit den in [Fig. 4](#) gekennzeichneten Komponenten der Laufschaufel **40** identisch sind, die gleichen, in [Fig. 2](#) verwendeten Bezugssymbole verwendet werden. Demgemäß enthält die Laufschaufel **200** ein Schaufelblatt **42**, Seitenwände **44** und **46**, die sich zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante **48** bzw. **50** erstrecken, und eine Aussparung **80**. Ferner enthält die Laufschaufel eine erste Spitzenwand **62**, eine Aussparung **80** und eine zweite Spitzenwand **202**. Die Aussparung **80** ist zwischen der ersten und der zweiten Spitzenwand **62** bzw. **202** festgelegt.

**[0036]** Die zweite Spitzenwand **202** erstreckt sich von der Nähe der Schaufelblattvorderkante **48** entlang der ersten Seitenwand **44** des Schaufelblatts zu der Schaufelblathinterkante **50**. Insbesondere erstreckt sich die zweite Spitzenwand **202** von der Spitzenplatte **54** zu einer Außenkante **204** über eine (nicht veranschaulichte) Höhe hinweg. Die Höhe der zweiten Spitzenwand ist entlang der zweiten Spitzenwand **202** im Wesentlichen konstant. Die zweite Spitzenwand **202** ist in Seitenrichtung von der ersten Spitzenwand **62** beabstandet, um einen offenen Oberseite aufweisenden Spitzenhohlraum **70** zu bilden. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Höhe der zweiten Spitzenwand gleich der Höhe **66** der ersten Spitzenwand. Alternativ kann die Höhe der zweiten Spitzenwand ungleich der Höhe **66** der ersten Spitzenwand sein.

**[0037]** Die Aussparung **80** enthält eine Führungswand **210**, die sich von der ersten Spitzenwand **62** in Richtung auf die Schaufelblathinterkante erstreckt. Insbesondere krümmt sich die Führungswand **210**, um von der ersten Spitzenwand **62** derart vorzuragen, dass sie einen gebogenen Eintritt **212** für die Aussparung **80** bildet. Die Führungswand **210** weist eine Länge **214** auf, die gewählt ist, um eine Luftströmung, die in den Spitzenhohlraum **70** mit offener Oberseite eintritt, in Richtung auf die zweite Spitzenwand **202** zu lenken.

**[0038]** Die vorstehend beschriebene Laufschaufel ist kostengünstig und höchst zuverlässig. Die Laufschaufel enthält eine Vorderkantenaussparung, die zwischen Vorderkanten einer ersten und einer zweiten Spitzenwand definiert ist. Die Spitzenwände sind an einer Hinterkante der Laufschaufel miteinander verbunden und bilden eine Spitzenkavität. In der beispielhaften Ausführungsform weist eine der Spitzenwände eine Ausnehmung auf, um einen Spitzenabsatz zu bilden. Im Betrieb, wenn die Laufschaufel rotiert, verhindern die Spitzenwände, dass die Laufschaufel an stationären Strukturelementen anstreift. Wenn Verbrennungsgase an der Laufschaufel vorbeiströmen, unterstützt die Laufschaufelaussparung eine geringere Aufheizung der Spitzenkavität ohne

gesteigerten Kühlluftbedarf und ohne einen Verlust des aerodynamischen Wirkungsgrads der Laufschaufel. Außerdem spaltet der Spitzenabsatz Verbrennungsgase, die an dem Schaufelblatt vorbeiströmen, auf, um zu ermöglichen, dass an dem Absatz eine Kühlsschicht gebildet wird. Infolgedessen fördern kühlere Betriebstemperaturen in der Laufschaufel eine Verlängerung der Nutzdauer der Laufschaufeln auf eine kostengünstige und zuverlässige Weise.

## Patentansprüche

1. Schaufelblatt (**42**) für ein Gasturbinentriebwerk (**10**), wobei das Schaufelblatt aufweist:  
 eine Vorderkante (**48**);  
 eine Hinterkante (**50**);  
 eine Spitzenplatte (**54**);  
 eine erste Seitenwand (**44**), die sich in radialer Spannweitenrichtung zwischen einem Schaufelblattfuß und der Spitzenplatte erstreckt;  
 eine zweite Seitenwand (**46**), die mit der ersten Seitenwand an der Vorderkante und der Hinterkante verbunden ist, wobei sich die zweite Seitenwand in radialer Spannweitenrichtung zwischen dem Schaufelblattfuß und der Spitzenplatte erstreckt;  
 eine erste Spitzenwand (**62**), die sich von der ersten Spitzenplatte aus radial nach außen entlang der ersten Seitenwand erstreckt;  
 eine zweite Spitzenwand (**64**), die sich von der Spitzenplatte aus radial nach außen entlang der zweiten Seitenwand erstreckt;  
 eine Aussparung (**80**), die sich zwischen der ersten Spitzenwand und der zweiten Spitzenwand entlang der Schaufelblattvorderkante erstreckt; und **dadurch gekennzeichnet**, dass:  
 die erste Spitzenwand (**62**) mit der zweiten Spitzenwand (**64**) an der Hinterkante (**50**) verbunden ist.

2. Schaufelblatt (**42**) nach Anspruch 1, wobei die Aussparung (**80**) eine Führungswand (**210**) aufweist, die sich von der Aussparung aus in Richtung auf die Schaufelblathinterkante (**50**) erstreckt, um eine in die Aussparung (**80**) eintretende Strömung zu der zweiten Spitzenwand hin zu leiten.

3. Schaufelblatt nach Anspruch 1, wobei die erste Spitzenwand (**62**) wenigstens teilweise von der ersten Seitenwand (**44**) abgesetzt ist, um einen zweiten Spitzenabsatz (**130**) zu bilden.

4. Schaufelblatt nach Anspruch 1, wobei die zweite Spitzenwand (**64**) wenigstens teilweise von der zweiten Seitenwand (**46**) abgesetzt ist, um einen ersten Spitzenabsatz (**90**) zu bilden.

5. Schaufelblatt nach Anspruch 1, wobei die erste Spitzenwand (**62**) und die zweite Spitzenwand (**64**) eine im Wesentlichen gleiche Höhe aufweisen.

6. Schaufelblatt nach Anspruch 1, wobei die erste

Spitzenwand (**62**) sich von der ersten Spitzenplatte (**54**) aus über einen ersten Abstand hinweg erstreckt, während sich die zweite Spitzenwand (**64**) von der Spitzenplatte (**54**) aus über einen zweiten Abstand hinweg erstreckt.

7. Schaufelblatt nach Anspruch 6, wobei sich die Aussparung von der Spitzenplatte aus über wenigstens entweder den ersten Abstand oder den zweiten Abstand hinweg erstreckt.

8. Gasturbinentriebwerk mit mehreren Laufschaufeln, wobei jede Laufschaufel ein Schaufelblatt gemäß Anspruch 1 bis 7 aufweist.

9. Gasturbinentriebwerk nach Anspruch 8, wobei die erste Seitenwand (**44**) konvex und die zweite Seitenwand (**46**) konkav ausgebildet ist.

10. Gasturbinentriebwerk nach Anspruch 8, wobei sich die Aussparung des Schaufelblatts von der Schaufelblattspitzenplatte aus radial nach außen erstreckt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

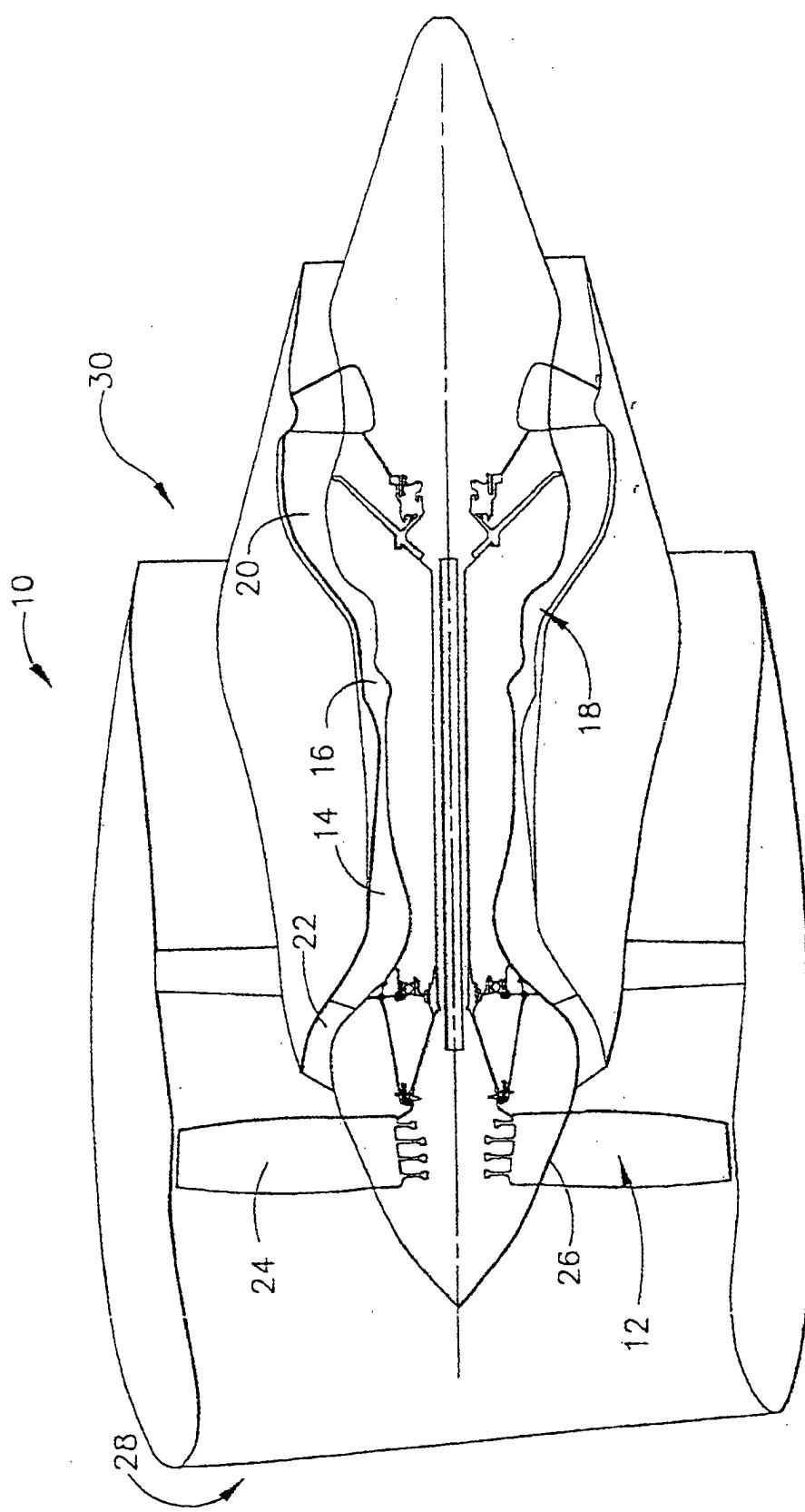


FIG. 1

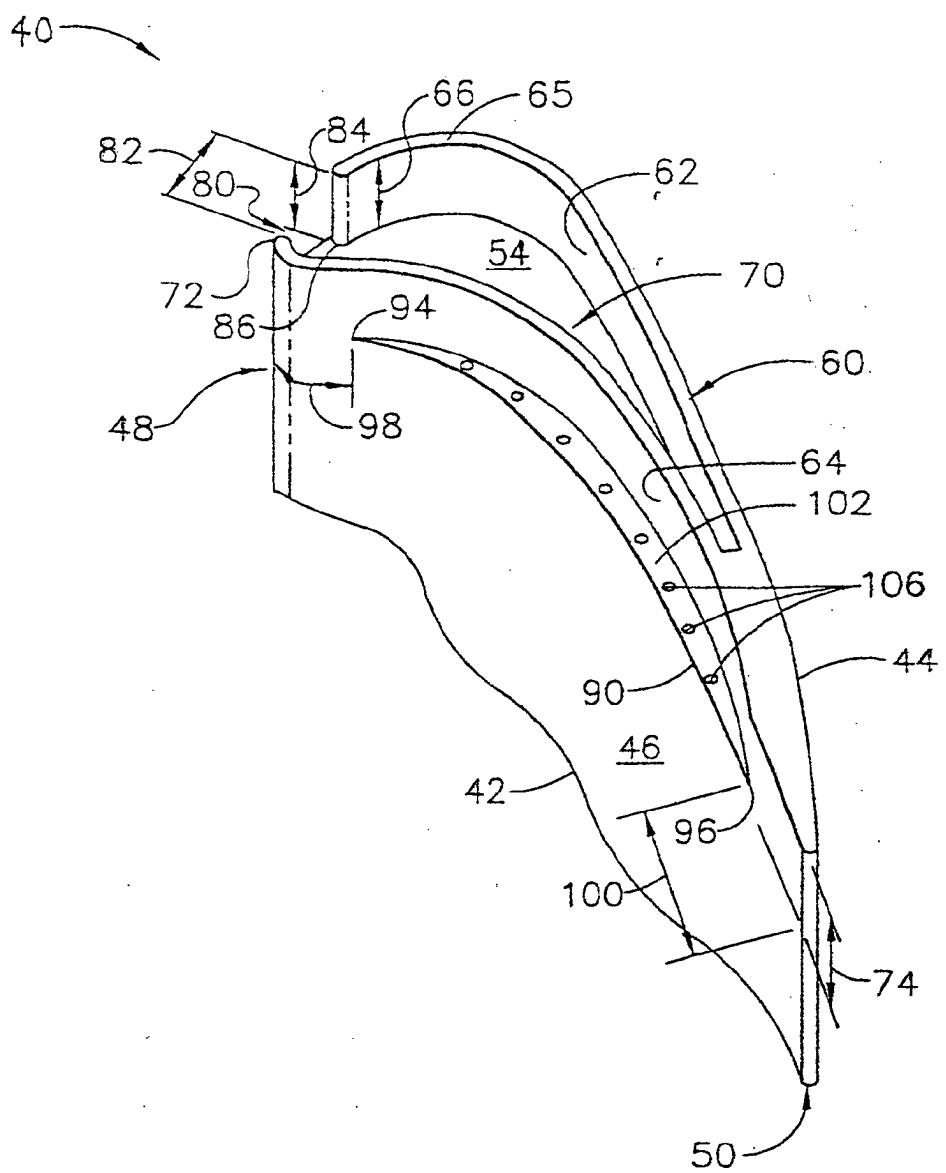
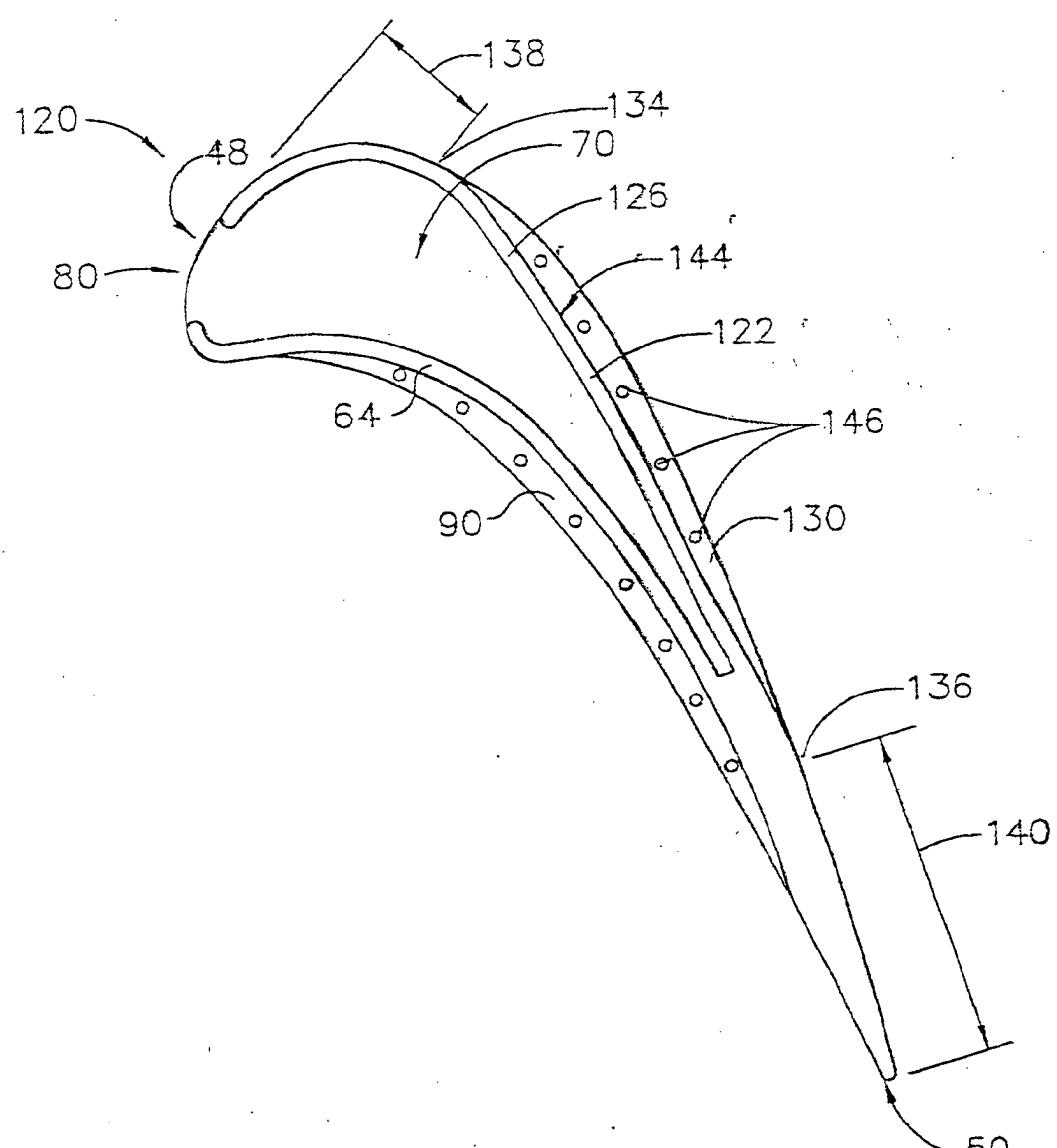


FIG. 2



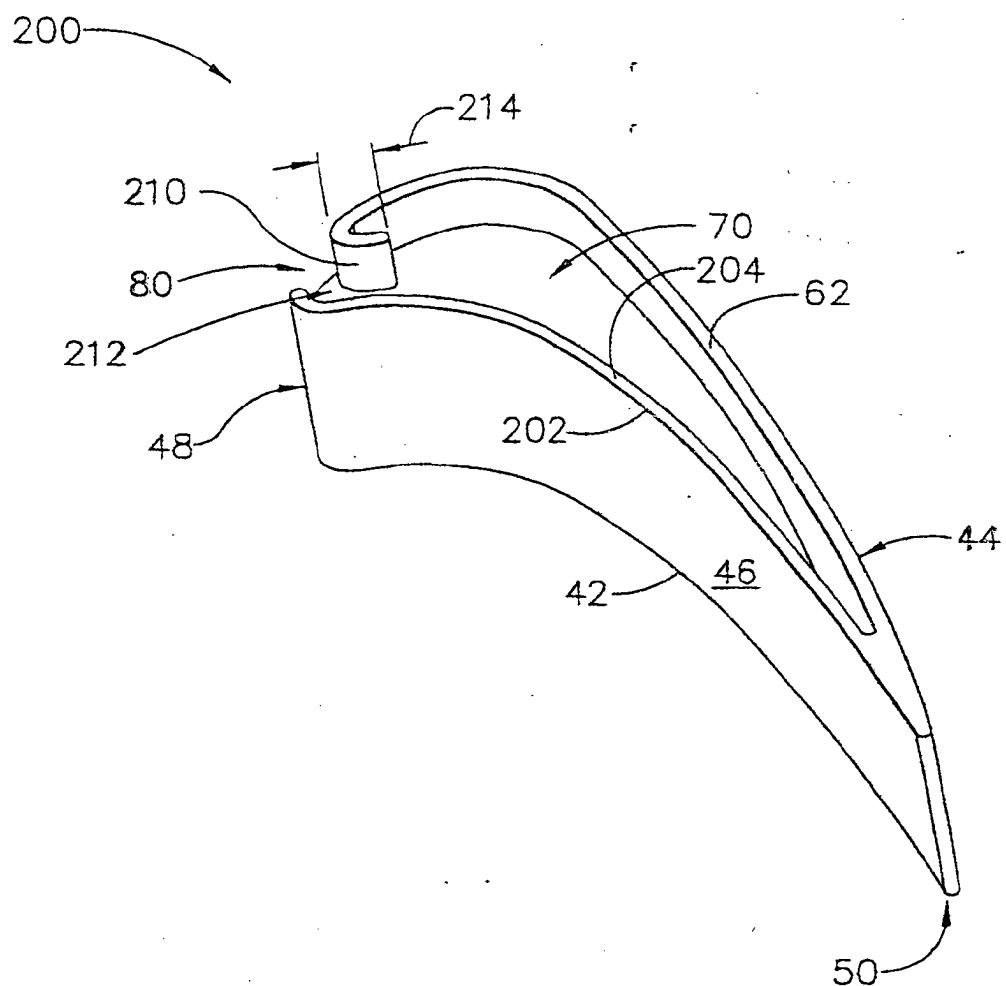


FIG. 4