



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 15 862 T2 2005.10.27

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 065 343 B1

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F01D 5/18

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 15 862.4

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 303 619.1

(96) Europäischer Anmeldetag: 28.04.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 03.01.2001

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 17.11.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 27.10.2005

(30) Unionspriorität:  
342822 29.06.1999 US

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

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

(72) Erfinder:  
Reddy, Bhanu Mahasamudram, Boxford,  
Massachusetts 01921, US

(74) Vertreter:  
Sieb, R., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 69514  
Laudenbach

(54) Bezeichnung: Kühlung der Anströmkante einer Turbinenschaufel

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 eingereicht, 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]** Der U.S. Regierung können laut Kontrakt Nr. DAAH-98-C-0023 bestimmte Rechte an dieser Erfindung zustehen.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen Gasturbinen-Triebwerke, und insbesondere Turbinenschaufelkühlung.

**[0003]** In einem Gasturbinen-Triebwerk wird Luft in einem Kompressor unter Druck gesetzt und mit Kraftstoff vermischt und in einer Brennkammer gezündet, um heiße Verbrennungsgase zu erzeugen. Die Gase strömen durch nachgeschaltete Turbinenstufen, welche daraus Energie zum Antreiben des Kompressors und Erzeugen von Nutzarbeit entziehen, wie z.B. den Antrieb eines Flügelgebläses, um ein Flugzeug im Flug anzutreiben.

**[0004]** Eine Hochdruckturbine ist unmittelbar der Brennkammer nachgeschaltet angeordnet und nimmt die heißesten Brenngase daraus auf. Die Rotorblätter der ersten Turbinenstufe besitzen hohle Schaufelflügel, welche mit einem Anteil aus dem Kompressor abgezweigter Luft zur Verwendung als ein Kühlmittel bei der Entfernung von Wärme aus den Schaufeln während des Betriebs versorgt werden.

**[0005]** Jeder Schaufelflügel hat an gegenüberliegenden Vorder- und Hinterkanten verbundene und sich vom Fuß zur Spitze erstreckende Druck- und Saugseitenwände. Eine Plattform ist an dem Schaufelflügelfuß angeordnet und definiert einen Abschnitt des radial inneren Strömungspfades für die Verbrennungsgase. Und ein Schwabenschwanz ist in einem Stück mit der Plattform verbunden, um die einzelnen Schaufeln in entsprechenden Schwabenschwanzschlitzen in dem Umfang einer Rotorscheibe zu befestigen.

**[0006]** Da die Schaufelflügelforderkante zuerst mit den heißen Gasen in Berührung kommt, benötigt sie eine erhebliche Kühlung, um eine brauchbare Schaufellebensdauer zu erzielen. Die Wärmeverteilung aus den Verbrennungsgasen variiert um die Außenoberfläche des Schaufelflügels von der Vorder- zu den Hinterkanten und entlang der Druck- und Saugseitenwände. Verschiedene Kühlkreise sind innerhalb des Schaufelflügels zum Kühlen von dessen unterschiedlichen Abschnitten vorgesehen. Die unterschiedlichen Abschnitte des Schaufelflügels arbeiten daher bei unterschiedlichen Temperaturen, was eine thermische Spannung darin induziert, die eine kurze Ermüdungsbereitschaft der Schaufel bewirkt.

**[0007]** Dokument DE 121 02 53 stellt einen Schaufelflügel mit Kühlkreisen gemäß dem Stand der Technik dar.

**[0008]** Eine Schaufelflügelkühlung kann durch Konvektionskühlung, Filmkühlung, oder Aufprallkühlung oder Kombinationen davon bewirkt werden. Die Vorderkante eines Schaufelflügels einer ersten Turbinenstufe enthält typischerweise Reihen oder Spalten von Filmkühlöffnungen, welche von einer bzw. einem gemeinsamen Vorderkantenströmungskammer oder -kanal gespeist werden. Weitere Filmkühlungslöcher und Hinterkantenlöcher können von entsprechenden internen Kanälen wie z.B. Mehrfachdurchlauf-Serpentinenkühlkanälen gespeist werden.

**[0009]** In einer herkömmlichen Konfiguration kann die Vorderkantenkammer durch einen einzelnen, dahinter angeordneten und davon durch eine dazwischenliegende kalte Rippe oder Brücke getrennten, Strömungskanal gespeist werden. Die kalte Brücke enthält eine Reihe von Aufpralllöchern, welche das Luftkühlungsmittel aufprallend gegen die Rückseite der Vorderkante für deren erhöhte Kühlung richten. Jedoch wird die durch den Aufprallzuführungskanal strömende Luft bei ihrer Strömung dadurch erhitzt, was dementsprechend den Aufprallkühlungswirkungsgrad an der Vorderkante reduziert.

**[0010]** Da die kalte Brücke innerhalb des Schaufelflügels angeordnet und selbst durch das Kühlmittel darin gekühlt wird, ist deren Temperatur wesentlich niedriger als die der Seitenwände des Schaufelflügels um die Vorderkante herum. Demzufolge wird eine erheblich unterschiedliche Wärmeausdehnung zwischen den Seitenwänden und der kalten Brücke bewirkt, was wiederum eine große thermische Spannung erzeugt, welche nachteilig die Ermüdungsbereitschaft beeinflusst.

**[0011]** Der Schaufelflügel kann zusätzliche Filmkühlungslöcher enthalten, die in jeder ihrer Seitenwände abstromseitig von der Vorderkante angeordnet sind, welche typischerweise als Kiemenlöcher bezeichnet werden. Da die Kiemenlöcher typischerweise aus einer gemeinsamen Kühlmittelquelle innerhalb des Schaufelflügels versorgt werden, und der Druck des Verbrennungsgases außerhalb des Schaufelflügels variiert, kann eine Rückströmungsgrenze quer zu den Kiemenlöchern an gegenüberliegenden Seiten des Schaufelflügels variieren.

**[0012]** Die Rückströmungsgrenze ist definiert als der Druck des Kühlmittels innerhalb des Schaufelflügels, dividiert durch den lokalen Druck der Brenngase außerhalb des Schaufelflügels, wie er von jedem der Kiemenlöcher erfahren wird. Eine ausreichende Rückströmungsgrenze muß aufrechterhalten werden, um ein Einsaugen von heißen Verbrennungsgasen in den Schaufelflügel zu verhindern, und um eine kontinuierliche Abgabe des Kühlmittels durch die Kiemenlöcher zu gewährleisten.

**[0013]** Da die minimale Rückströmungsgrenze an

der Schaufelflügelvorderkante festgelegt werden muß, kann die Rückströmungsgrenze auf der Niedrindrucksaugseitenwand des Schaufelflügels unerwünscht hoch sein.

**[0014]** Demzufolge ist es erwünscht, eine Turbinenschaufel für ein Gasturbinen-Triebwerke bereitzustellen, welche eine verbesserte Vorderkantenkühlung aufweist, welche sich mit einem oder mehreren dieser typischen Konstruktionsprobleme befaßt.

**[0015]** Gemäß der Erfindung enthält eine Turbinenschaufel einen Schaufelflügel mit einer Vorderkantenströmungskammer, die hinter einer Vorderkante in Strömungsverbindung mit einem dahinter angeordneten Trennströmungskanal angeordnet ist. Der Trennkanal ist auf gegenüberliegenden Seiten durch ein Paar von Seitenströmungskanälen begrenzt.

**[0016]** Die Erfindung wird gemäß bevorzugten und exemplarischen Ausführungsformen zusammen mit weiteren Aufgaben und Vorteilen davon insbesondere in der nachstehenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung beschrieben, in der:

**[0017]** [Fig. 1](#) eine isometrische Ansicht von einer von mehreren Turbinenrotorschaufeln ist, die auf den Umfang einer Rotorscheibe montiert ist, mit verbesserter Vorderkantenkühlung gemäß einer exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

**[0018]** [Fig. 2](#) eine Teilquerschnittsaufrißansicht durch die in [Fig. 1](#) dargestellte Turbinenschaufel und entlang der Linie 2-2 ist und die Vorderkanten-Aufprallkühlung darstellt, die durch einen Trennkanal gemäß einer exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zugeführt wird,

**[0019]** [Fig. 3](#) eine radiale Schnittansicht durch den in [Fig. 2](#) dargestellten Schaufelflügel und entlang der Linie 3-3 ist,

**[0020]** [Fig. 4](#) eine Aufrißschnittansicht der in [Fig. 2](#) dargestellten Turbinenschaufel und entlang der Linie 4-4 ist,

**[0021]** [Fig. 5](#) eine isometrische Aufriß- und Teilschnittansicht des Vorderkantenabschnittes der in [Fig. 2](#) dargestellten Turbinenschaufel und im allgemeinen entlang der Linie 5-5 ist.

**[0022]** In [Fig. 1](#) ist eine beispielhafte Hochdruckturbinenrotorschaufel **10** einer ersten Stufe eines Gasturbinen-Triebwerkes, wie z.B. eines Turbofanmotors für den Antrieb eines Flugzeugs im Flug, dargestellt. Eine von mehreren identischen Schaufeln ist auf dem Durchmesser einer im zutreffenden Teil dargestellten herkömmlichen Rotorscheibe **12** montiert.

**[0023]** Jede Schaufel enthält einen Schaufelflügel **14**, eine Plattform **16** und einen Schwabenschwanz **18**, welche als eine einheitliche oder einteilige Komponente, beispielsweise durch Gießen, ausgebildet sind. Der Schaufelflügel **14** besitzt ein geeignetes Profil, um Energie aus heißen Verbrennungsgasen **20** zum Drehen der Scheibe **12** um eine axiale Mittellinie während ihres Betriebs zu entziehen. Die Plattform **16** definiert einen Abschnitt des inneren Strömungspfades für die Verbrennungsgase **20**. Und der Schwabenschwanz **18** hat eine beliebige geeignete Konfiguration, welche mit einem in dem Umfang der Rotorscheibe für die Halterung darin ausgebildeten komplementären Schwabenschwanzschlitz übereinstimmt.

**[0024]** Der Schaufelflügel **14** ist hohl und nimmt Luft **22** auf, die in geeigneter Weise aus einem (nicht dargestellten) Kompressor abgezweigt und ihm durch die Schaufelschwabenschwänze **18** in einer beliebigen herkömmlichen Weise zugeführt wird.

**[0025]** Der Schaufelflügel **14** enthält eine erste oder Druckseitenwand **24**, welche im Allgemeinen konkav ist, und eine am Umfang gegenüberliegende zweite oder Saugseitenwand **26**, welche im Allgemeinen konvex ist. Die Seitenwände besitzen ein geeignetes aerodynamisch zunehmendes Profil, das an axialen oder in Sehnenrichtung bzw. chordal gegenüberliegenden Vorder- und Hinterkanten **28, 30** verbunden ist, und das dazwischen beabstandet ist. Die Seitenwände erstrecken sich radial oder in Längsrichtung aus einem Fuß **32** des Schaufelflügels zu einer radial äußeren Spitze **34**.

**[0026]** Der Schaufelflügel ist ausführlicher in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt und enthält eine Vorderkantenströmungskammer **36**, die zwischen den Seitenwänden und direkt hinter der Vorderkante angeordnet ist. Gemäß der vorliegenden Erfindung enthält der Schaufelflügel einen Trennströmungskanal **38**, welcher direkt hinter der Vorderkantenkammer **36** angeordnet ist, welche sowohl von den Druck- als auch den Seitenwänden **24, 26** des Schaufelflügels isoliert ist. Die Trennung wird bewirkt, indem der Kanal **38** auf gegenüberliegenden Umfangsseiten des Schaufelflügels durch ein Paar von Druck- und Saugseitenströmungskanälen **40, 42** begrenzt bzw. eingeschlossen wird.

**[0027]** Der Schaufelflügel enthält ferner vordere und hintere in Längsrichtung sich erstreckende Rippen oder Brücken **44, 46**, welche chordal den Trennkanal **38** und die zwei Seitenkanäle **40, 42** auf gegenüberliegenden chordalen Enden davon begrenzen. Die vordere Brücke **44** trennt die drei seitlich gestapelten Kanäle **38, 40, 42** von der Vorderkantenkammer **36** an deren vorderen Enden und die hintere Brücke **46** trennt die drei Kanäle von dem hinteren Abschnitt des Schaufelflügels.

**[0028]** Die vordere Brücke **44** enthält eine Vielzahl von Versorgungslöchern **48**, die sich in chordaler Richtung dadurch hindurch erstrecken und in einer Längsrichtung oder Spalte angeordnet sind. Die Versorgungslöcher **48** sind somit in Strömungsverbindung zwischen dem Trennkanal **38** und der Vorderkantenkammer **36** angeordnet, daß sie einen Teil der Kühlluft **22** dadurch hindurch kanalisieren.

**[0029]** Wie es am besten in [Fig. 3](#) dargestellt ist, erstrecken sich beide Endbrücken **44, 46** in Seiten- oder Umfangsrichtung zwischen den zwei gegenüberliegenden Seitenwänden **24, 26** in einem einteiligen Gußteil dazwischen. Eine Seite der vorderen Brücke **44** definiert das hintere Ende der Vorderkantenkammer **36**. Die gegenüberliegende Seite der vorderen Brücke **44** steht zum Teil mit jedem der drei Kanäle **38, 40, 42** in Eingriff.

**[0030]** In ähnlicher Weise liegt eine Seite der hinteren Brücke **46** der Hinterkante gegenüber und die gegenüberliegende Seite der hinteren Brücke steht zum Teil mit den hinteren Enden von jedem der drei Kanäle **38, 40, 42** in Eingriff. Ein Paar interner radialer Seitenrippen oder Brücken **50** begrenzen den Trennkanal **38** auf seinen Druck- und Saugseiten und begrenzen entsprechend die Seitenkanäle **40, 42** auf ihren Innenseiten, die an den mittigen Trennkanal **38** dazwischen angrenzen.

**[0031]** Demzufolge ist der Trennkanal **38** auf vier Seiten durch mehrere Brücken **44, 46, 50** begrenzt und in der Nähe der Mitte des Schaufelflügels isoliert. Die Seitenkanäle **40, 42** erstrecken sich über die volle chordale Länge des Trennkanals, um diesen Kanal von den Druck- und Seitenwänden zu trennen, um dessen thermische Isolation und Abtrennung davon sicherzustellen.

**[0032]** Gemäß Darstellung in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) erstreckt sich der Trennkanal **38** über die volle Längshöhe der Schaufel und enthält einen ersten Einlaß **52** an seinem unteren Ende an dem Eintritt zu dem Schwabenschwanz **18**. Der Druckseitenkanal **40** erstreckt sich in Längsrichtung über die volle radiale Höhe oder die Spannweite des Schaufelflügels und enthält an seinem unteren Teil einen bevorzugt in der Nähe der Plattform angeordneten zweiten Einlaß **54**. Und der Saugseitenkanal **42** erstreckt sich ebenfalls über die volle Längshöhe des Schaufelflügels und enthält an seinem unteren Teil einen ebenfalls in der Nähe der Plattform angeordneten dritten Einlaß **56**.

**[0033]** Die drei Einlässe **52, 54, 56** sind bevorzugt voneinander unabhängig, um getrennt entsprechende Anteile des Kühlmittels **12** in paralleler Strömung aufzunehmen.

**[0034]** Gemäß Darstellung in [Fig. 3](#) strömt das Kühlmittel **22** radial durch die drei Kanäle **38, 40, 42**

nach außen und wird in geeigneter Weise davon ausgegeben. Die Reihe der Versorgungslöcher **48** stellt entsprechende Auslässe für den Trennkanal **38** bereit, welcher das Kühlmittel in die Vorderkantenkammer **36** über ihre gesamte Längshöhe vom Fuß bis zur Spitze des Schaufelflügels einspeist.

**[0035]** Gemäß Darstellung in [Fig. 3](#) erstreckt sich eine Vielzahl von Filmkühllöchern **58** durch eine oder beide von den Seitenwänden **24, 26** in der Nähe oder um die Vorderkante **28** in einer oder mehreren Längsreihen, wie z.B. den dargestellten fünf Beispielreihen. Die Filmkühlungslöcher **58** können jede übliche Form besitzen und sind in einer Strömungsverbindung mit der Vorderkantenkammer **36** zur Ausgabe des Kühlmittels davon angeordnet, um entsprechende Filme von Kühlluft über der Außenoberfläche des Schaufelflügels zum Schutz gegen die heißen Brenngase **20** auszugeben, welche darüber während des Betriebs strömen.

**[0036]** Zusätzlich können Filmkühlungslöcher hinter der Schaufelflügelvorderkante vorgesehen sein, um eine zusätzliche Filmkühlung in irgendeiner geeigneten Weise bereitzustellen. Beispielsweise können eine Reihe von druckseitigen Filmkühlungs-Kiemenlöchern **60** durch die Druckseitenwand **24** hindurch in Strömungsverbindung mit dem Druckseitenkanal **40** zum Ausgeben des Kühlmittels daraus in einen Film von Kühlluft über die Außenoberfläche des Schaufelflügels angeordnet sein.

**[0037]** In ähnlicher Weise kann eine Reihe von saugseitigen kiemenartigen Filmkühlungslöchern **62** durch die Saugseitenwand **26** hindurch in Strömungsverbindung mit dem Sauseitenkanal **42** zum Ausgeben des Kühlmittels daraus in einen Film von Kühlluft entlang Saugseite des Schaufelflügels angeordnet sein.

**[0038]** In der in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform liegen die Versorgungslöcher **48** der Rück- oder Innenseite der Vorderkante **28** im Allgemeinen senkrecht dazu gegenüber, um das Kühlmittel für einen Aufprall gegen diese zu richten. Die Konfiguration der Vorderkantenkammer **36** mit Aufprall- und Filmkühlung auf der Vorderkante kann jede übliche Form annehmen. Jedoch können durch die Einführung des Trennkanals **38** und dessen thermisch isolierenden Seitenkanäle **40, 42** erhebliche Verbesserungen in der Leistung gegenüber herkömmlichen Aufprallkühlungen erzielt werden.

**[0039]** Insbesondere liefert es, da das innerhalb des Trennkanals **38** geführte Kühlmittel vor einer Erwärmung von den Druck- und Seitenseiten des Schaufelflügels aus geschützt ist, Kühlluft mit niedrigerer Temperatur für den Aufprall auf der Vorderkante zur Verbesserung von deren Kühlung.

[0040] Da das durch die zwei Seitenkanäle **40, 42** strömende Kühlmittel während des Betriebs durch Wärmeübertragung von den entsprechenden Druck- und Saugseitenwänden erwärmt wird, ist die Temperatur des Kühlmittels in den Seitenkanälen höher als die Temperatur des Kühlmittels in dem dazwischen angeordneten Trennkanal **38**.

[0041] Demzufolge kann das heißere Kühlmittel in den Seitenkanälen **40, 42** für den zusätzlichen Vorteil genutzt werden, die vordere Brücke **44** während des Betriebs zu erwärmen, trotzdem das Kühlmittel mit der niedrigeren Temperatur durch die Zuführungslöcher **48** geführt wird. Da beide Seitenkanäle **40, 42** direkt mit der vorderen Brücke **44** an ihren vorderen Enden in Eingriff stehen, erwärmen sie wirksam die vordere Brücke mit dem durch die Seitenkanäle hindurchgeführten erwärmten Kühlmittel. Dieses erzeugt eine effektive warme vordere Brücke **44**, was die Differenztemperatur zu dem Schaufelflügel um dessen Vorderkante herum verringert, um dementsprechend eine thermisch induzierte Spannung darin zu reduzieren, um die Ermüdungslbensdauer der Schaufel weiter zu verbessern.

[0042] Eine zusätzliche Erwärmung der vorderen Brücke **44** kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bewirkt werden, wie sie anfangs in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist. In dieser Ausführungsform ist ein serpentinenartiger mittlerer Strömungskanal **64** zwischen der hinteren Brücke **46** und der Hinterkante **30** angeordnet und endet in einer Strömungsverbindung mit den zweiten und dritten Einlässen **54, 56**, um in die entsprechenden Druck- und Saug-Seitenkanäle **40, 42** vorgewärmtes Kühlmittel, da es Wärme aus dem hinteren Abschnitt des Schaufelflügels während des Betriebs entzieht, abzugeben.

[0043] Der mittlere Kanal **64** ist bevorzugt ein mehrfach serpentinenartiger Kanal mit jeder beliebigen Konfiguration. Beispielsweise enthält der mittlere Kanal **64** einen ersten Durchgang oder Schenkel, welcher an der Unterseite des Schwalbenschwanzes **18** beginnt und sich in Längsrichtung zu der Schaufelflügelspitze erstreckt, und dann radial nach innen in einen zweiten Durchgang oder Schenkel dreht, welcher unterhalb des Schaufelflügelfußes in der Nähe der Schaufelplattform endet.

[0044] Der zweite Durchgang oder mittlere Kanal endet an dem unteren Bereich der hinteren Brücke **46** in einer Strömungsverbindung mit zwei Einlässen **54, 56** wie es detaillierter in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellt ist. Auf diese Weise wird das Kühlmittel vorgewärmt, sobald es durch den Schaufelflügel in den ersten zwei Durchgängen des serpentinenartigen Kanals strömt, um vorgewärmtes Kühlmittel an die zwei Seitenkanäle **40, 42** zu liefern.

[0045] Diese zwei Seitenkanäle definieren ein Paar paralleler, dritter Durchgänge oder Schenkel des serpentinenartigen Kanals, welche sich radial auswärts zu der Schaufelflügelspitze hin erstrecken. Das Kühlmittel aus dem zweiten serpentinenartigen Durchgang wird somit in zwei parallele Abschnitte zur Strömung durch die zwei Seitenkanäle **40, 42** aufgeteilt, sobald der letztere den serpentinenartigen Kreis durchläuft.

[0046] Demzufolge wird die Kühlmittelströmung in den zwei Seitenkanälen **40, 42** zusätzlich in dem serpentinenartigen Kanal vorgewärmt, um die vordere Brücke **44** weiter zu erwärmen, um die Differenztemperatur zu der Vorderkante zu reduzieren und demzufolge die thermische Spannung zu verringern. Da die Druck- und Saugseiten des Schaufelflügels hinter der Schaufelflügelseitkante eine kleinere Wärmelastung aus den Verbrennungsgasen erfahren, reicht das durch die zwei Seitenkanäle **40, 42** hindurch geführte wärmere Kühlmittel trotzdem für eine angemessenen Kühlung des Schaufelflügels in diesen Bereichen aus.

[0047] Und insbesondere begrenzt der getrennte Mittenkanal **38** die Erwärmung des Kühlmittels durch ihn, was kühlere Luft für die Aufprallkühlung der Vorderkante sicherstellt. Der Trennkanal **38** ist bevorzugt ein unabhängiger Kanal, welcher direkt das Kühlmittel **22** aus dem Eintritt in dem Schwalbenschwanz **18** gemäß Darstellung in den [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) empfängt, um das Külpotential des Kühlmittels, das durch die Zuführungslöcher **48** zum Aufprall gegen die Rückseite der Vorderkante ausgegeben wird, zu maximieren.

[0048] Ein weiterer Vorteil der Entkopplung der zwei Seitenkanäle **40, 42** von dem Mittenkanal **38** besteht darin, daß der Kühlmittelstrom dahin auf unterschiedliche Anforderungen zugeschnitten werden kann. Die durch den Trennkanal **38** und die vorgewärmte vordere Brücke **44** bewirkte verbesserte Kühlung sind vorstehend angesprochen worden. Da der Druck der Verbrennungsgase auf den Druck- und Saugseitenwänden **24, 26** des Schaufelflügels unterschiedlich ist, können die zweiten und dritten Einlässe **54, 56** für die entsprechenden Seitenkanäle **40, 42** vorteilhaft verwendet werden.

[0049] Insbesondere kann, da der Druck der Verbrennungsgase über der Druckseitenwand größer als der Druck der Gase über der Saugseitenwand ist, der in [Fig. 5](#) dargestellte dritte Einlaß **56** bevorzugt in der Strömungsfläche kleiner als der zweite Einlaß **54** gemacht werden, um das Kühlmittel zu dem Saugseitenkanal **40** mit einem reduzierten Druck zu dosieren, um den entsprechend den Rückströmungsgrenze des Kühlmittels auf den saugseitigen Kiemenlöchern **62** zu reduzieren.

**[0050]** Wenn sowohl die druck- als auch saugseitigen Kiemenlöcher **60, 62** aus einem gemeinsamen Kanal gespeist werden, würde die erforderliche Rückströmungsgrenze für die druckseitigen Kiemenlöcher entsprechend eine größere als erforderliche Rückstromgrenze für die saugseitigen Kiemenlöcher bewirken. Der dritte Einlaß **56** kann jedoch als ein Dosierungsloch zum Reduzieren des Druckes des Kühlmittels in dem saugseitigen Kanal **42** und somit zum Reduzieren des Druckabfalls und der Rückströmungsgrenze über den saugseitigen Kiemenlöchern **62** zur Verbesserung des Verhaltens bemessen werden. Dementsprechend ist der zweite Einlaß **54** bevorzugt so groß wie praktisch möglich, um Druckverluste dadurch zu minimieren, um eine maximale Rückströmungsgrenze über die druckseitigen Kiemenlöchern **60** hinweg sicherzustellen.

**[0051]** Ein zusätzlicher Vorteil kann aus der Verwendung des Trennkanals **38** wie er zuerst in [Fig. 2](#) dargestellt ist, erzielt werden. Die Schaufelflügelspitze **34** wird ebenfalls den heißen Verbrennungsgasen unterworfen, wenn sie während des Betriebs darüber strömen. Nahe am Ende der Schaufellebensdauer können Risse in der Schaufelflügelspitze entstehen und radial nach innen weiter wandern. Das Wachstum derartiger Risse kann aufgehalten oder minimiert werden, indem eine sich chordal erstreckende Spitzenkammer **66** direkt unterhalb oder der Schaufelflügelspitze **34** angeordnet wird, welche die die Spitze der Schaufelflügel einschließende Kappe definiert. Die Spitzenkammer ist zum Teil im unteren Teil durch eine axiale Rippe definiert, welche sich hinter der Brücke **46** zu der Hinterkante **30** erstreckt.

**[0052]** Die hintere Brücke enthält ein Auslaßloch **68** an ihrem radial äußeren Ende, das in einer Strömungsverbindung zwischen dem Trennkanal **38** und der Spitzenkammer **66** zum Weiterleiten des Kühlmittels dazu angeordnet ist.

**[0053]** Die Schaufelflügelspitze enthält bevorzugt eine Vielzahl von Spitzlöchern **70**, aus welchen ein Anteil des Kühlmittels aus der Spitzenkammer radial nach außen über die Schaufelflügel spitzen ausgegeben werden kann.

**[0054]** Gemäß Darstellung in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) liefert das Auslaßloch **68** Kühlmittel mit relativ niedriger Temperatur aus dem Trennkanal **38** zur Versorgung der Spitzenkammer **66** für die gesteigerte Kühlung dieses Bereichs. Die Spitzenkammer **66** und deren gesteigerte Kühlung halten wirksam das Rißwachstum auf, das radial nach innen aus der Schaufelflügelspitze während des Betriebs fortschreitet. Außerdem trennt die Spitzenkammer **66** die verschiedenen Kühlkanäle oder -kreise des Schaufelflügels von der Spitze ab, um einen Kurzschluß der Kühlmittelzufuhr zur Aufrechterhaltung einer effektiven Kühlung des Schaufelflügels trotz Spitzrissen

in diesem Bereich aufrechtzuerhalten.

**[0055]** Gemäß Darstellung in [Fig. 2](#) kann der Schaufelflügel auch einen unabhängigen Hinterkantenströmungskanal **72** enthalten, der sich radial von einem Einlaß an der Basis des Schwalbenschwanzes zu einem radial äußeren Ende unterhalb der Spitzenkammer **66** erstreckt. Eine Reihe herkömmlicher Hinterkantenauslaßlöcher **74** sind in Strömungsverbindung mit dem Kanal **72** zum Ausgeben des Kühlmittels dadurch zum Kühlen der Hinterkante des Schaufelflügels angeordnet.

**[0056]** Der Trennkanal **38** und die thermisch isolierenden Seitenkanäle **40, 42** bieten viele Vorteile in der Verbesserung des Verhaltens einer Gasturbinenmotorschaufl. Diese Kanäle können in ansonsten herkömmliche Turbinenschaufl. eingebracht werden, um einen oder mehrere der vielen Vorteile zu genießen, die diesen zuschreibbar sind. Diese Kanäle haben insbesondere Nutzen, wenn sie mit der Vorderkantenkammer **36** für eine Aufprallkühlung der Schaufelflügelvorderkante zusammenwirken. Eine verbesserte Schaufelflügelkühlung führt zu einer verbesserten Schaufellebensdauer und kann den Betrieb der Schaufel bei einer höheren Verbrennungsgastemperatur, falls dies gewünscht ist, ermöglichen.

## Patentansprüche

1. Turbinenschaufl. (**10**) enthaltend: stromlinienförmige Druck- und Saugseitenwände (**24,26**), die an Vorder- und Hinterkanten (**28,30**) miteinander verbunden sind und sich von einem Fuss (**32**) zu einer Spitze (**34**) erstrecken, eine Vorderkanten-Strömungskammer (**36**), die zwischen den Seitenwänden und hinter der Vorderkante angeordnet ist, Druck- und Saugseiten-Strömungskanäle (**40,42**), die einen Trennströmungskanal (**38**) dazwischen begrenzen und die von der Vorderkantenkammer durch eine vordere Brücke (**44**) dazwischen getrennt ist, wobei eine hintere Brücke (**46**) sich zwischen den Druck- und Saugseitenwänden (**24,26**) erstreckt und an jeweils dem Trennkanal (**38**) und den Seitenkanälen (**40,42**) angreift, und gekennzeichnet durch eine Reihe von Versorgungslöchern (**48**), die durch die vordere Brücke in Strömungsverbindung zwischen dem Trennkanal (**38**) und der Vorderkantenkammer (**36**) angeordnet sind zum Hindurchleiten eines Kühlmittels, und wobei der Trennkanal (**38**) und die Seitenkanäle (**40,42**) unabhängige erste, zweite und dritte Einlässe (**52,54,56**) zum parallelen Empfangen des Kühlmittels und einen Mittelströmungskanal (**64**) haben, der zwischen der hinteren Brücke (**46**) und der Hinterkante (**30**) angeordnet ist und in Strömungsverbindung mit den zweiten und dritten Einlässen (**54,56**) endet zum Abgeben des Kühlmittels.

2. Schaufel nach Anspruch 1, wobei die vordere Brücke (44) teilweise mit jeweils dem Trennkanal (38) und den Seitenkanälen (40,42) in Eingriff ist.

3. Schaufel nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Versorgungslöcher auf eine Rückseite der Vorderkante (28) gerichtet sind, um das Kühlmittel für einen Aufprall gegen diese zu richten.

4. Schaufel nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei ferner eine Reihe von Filmkühllöchern (58) vorgesehen ist, die sich durch eine der Seitenwände (24,26) nahe der Vorderkante (28) erstrecken und in Strömungsverbindung mit der Vorderkantenkammer (36) angeordnet sind zum Abgeben von Kühlmittel.

5. Schaufel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Mittelkanal (64) ein serpentinenförmiger Strömungskanal ist und die Seitenkanäle (40,42) parallele letzte Durchgänge davon bilden.

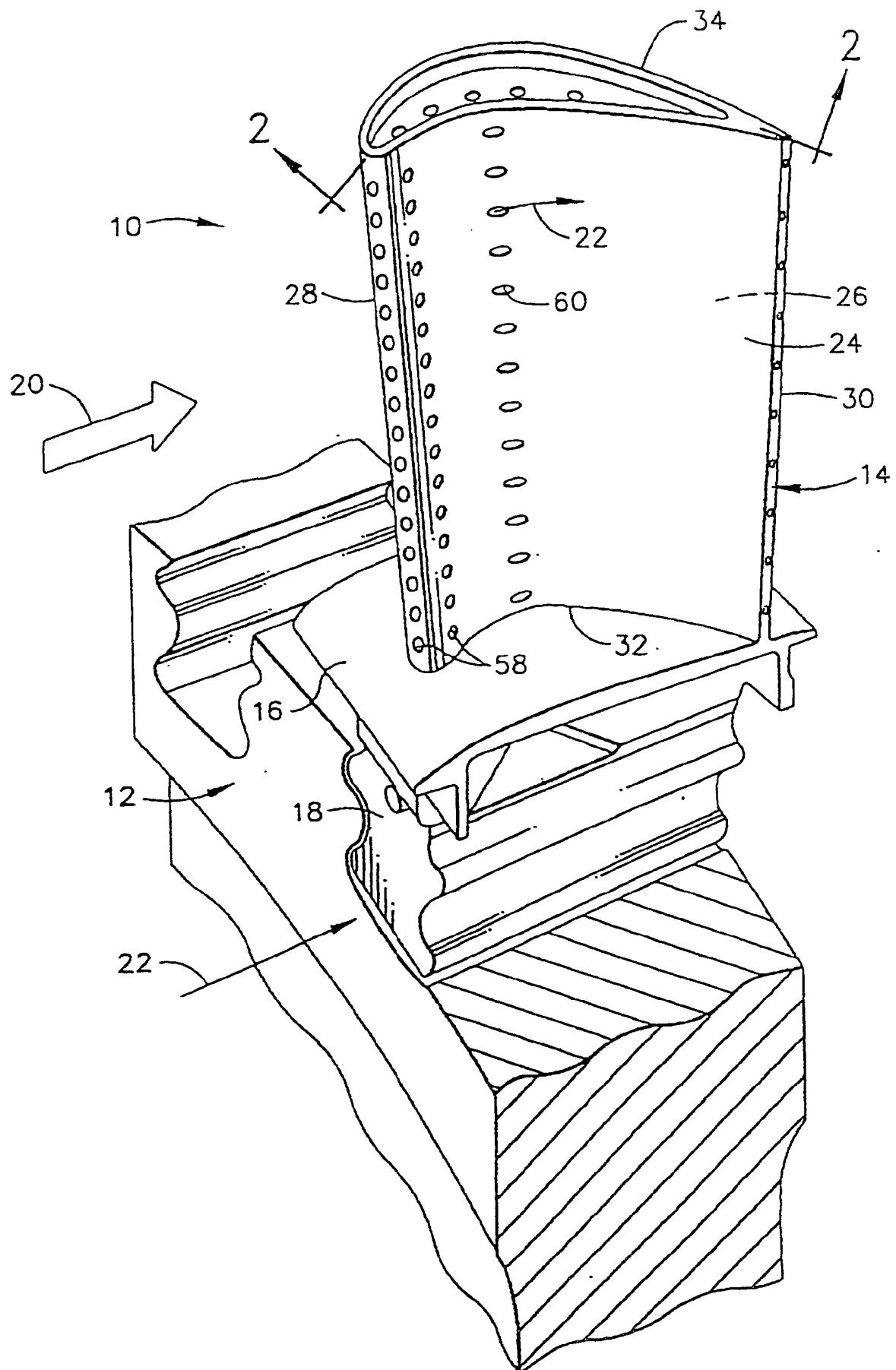
6. Schaufel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ferner eine Reihe kiemenartiger Filmkühllöchern (62) durch die Saugseitenwand (26) in Strömungsverbindung mit dem Saugseitenkanal (42) angeordnet ist, und wobei der dritte Einlass (56) kleiner ist als der zweite Einlass (54) zum Zumessen des Kühlmittels zum Saugseitenkanal (40) bei einem vermindernden Druck, um die Rückströmungsgrenze an den Kiemenlöchern (62) zu senken.

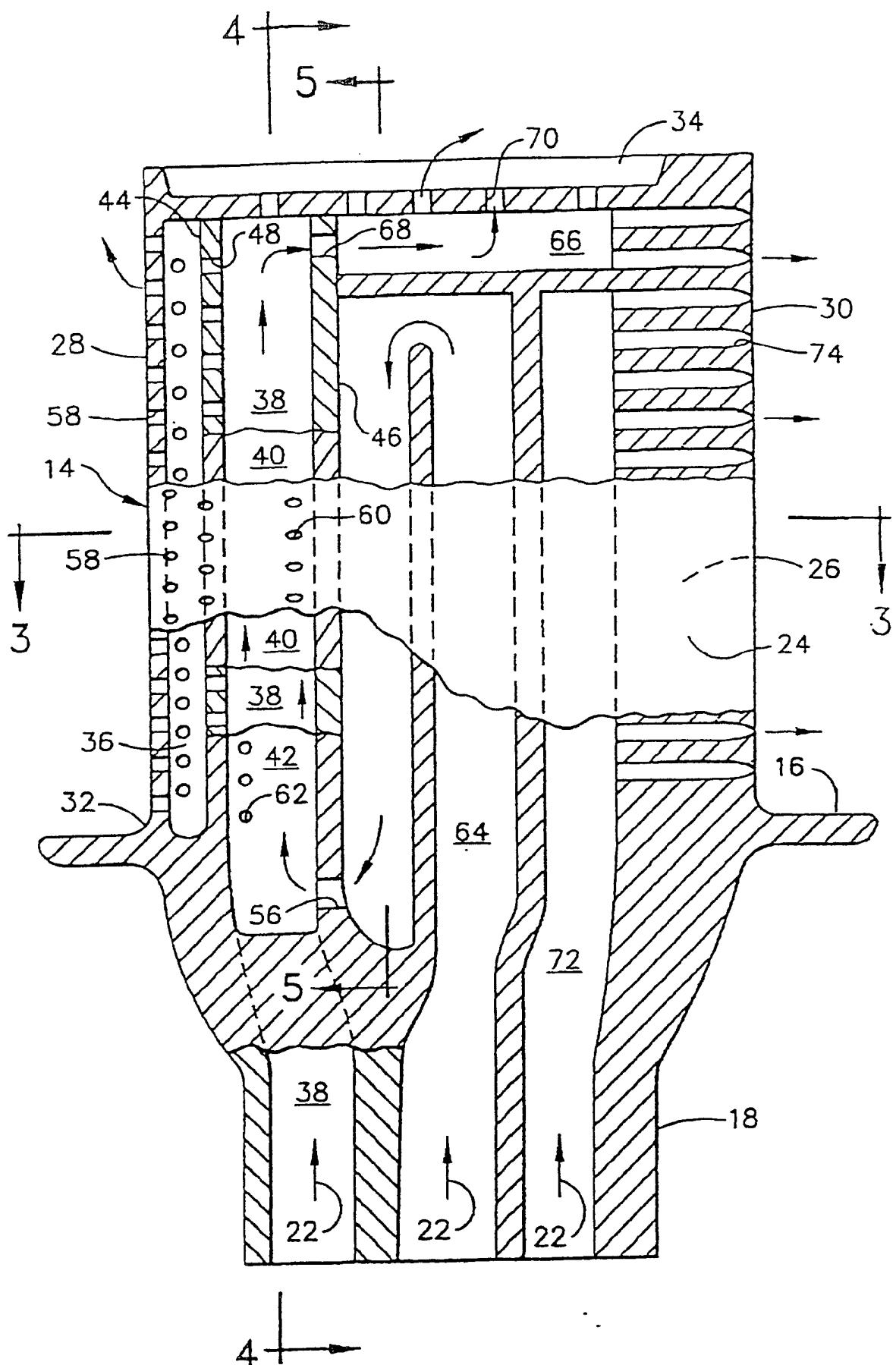
7. Schaufel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ferner eine Spitzenkammer (66) vorgesehen ist, die unter der stromlinienförmigen Spitze (34) angeordnet ist und sich von der hinteren Brücke (46) zur Hinterkante (30) erstreckt, wobei die hintere Brücke ein Auslassloch (68) aufweist, das in Strömungsverbindung zwischen dem Trennkanal (38) und der Spitzenkammer (66) angeordnet ist zum Zuführen von Kühlmittel.

8. Schaufel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vorderkante eine Reihe von Filmkühllöchern (58) aufweist zum Abgeben von Kühlmittel aus der Vorderkantenkammer (36).

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





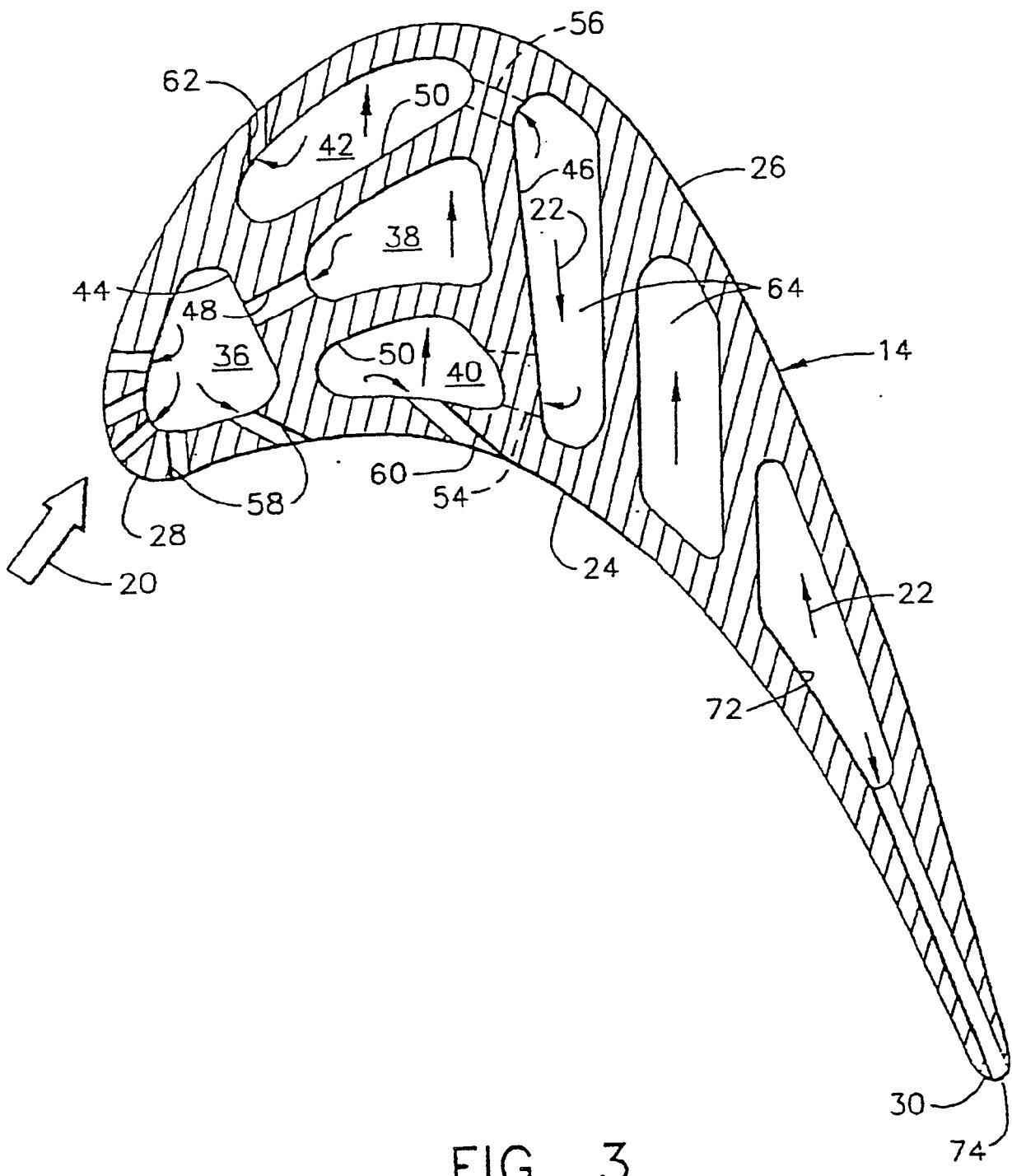


FIG. 3

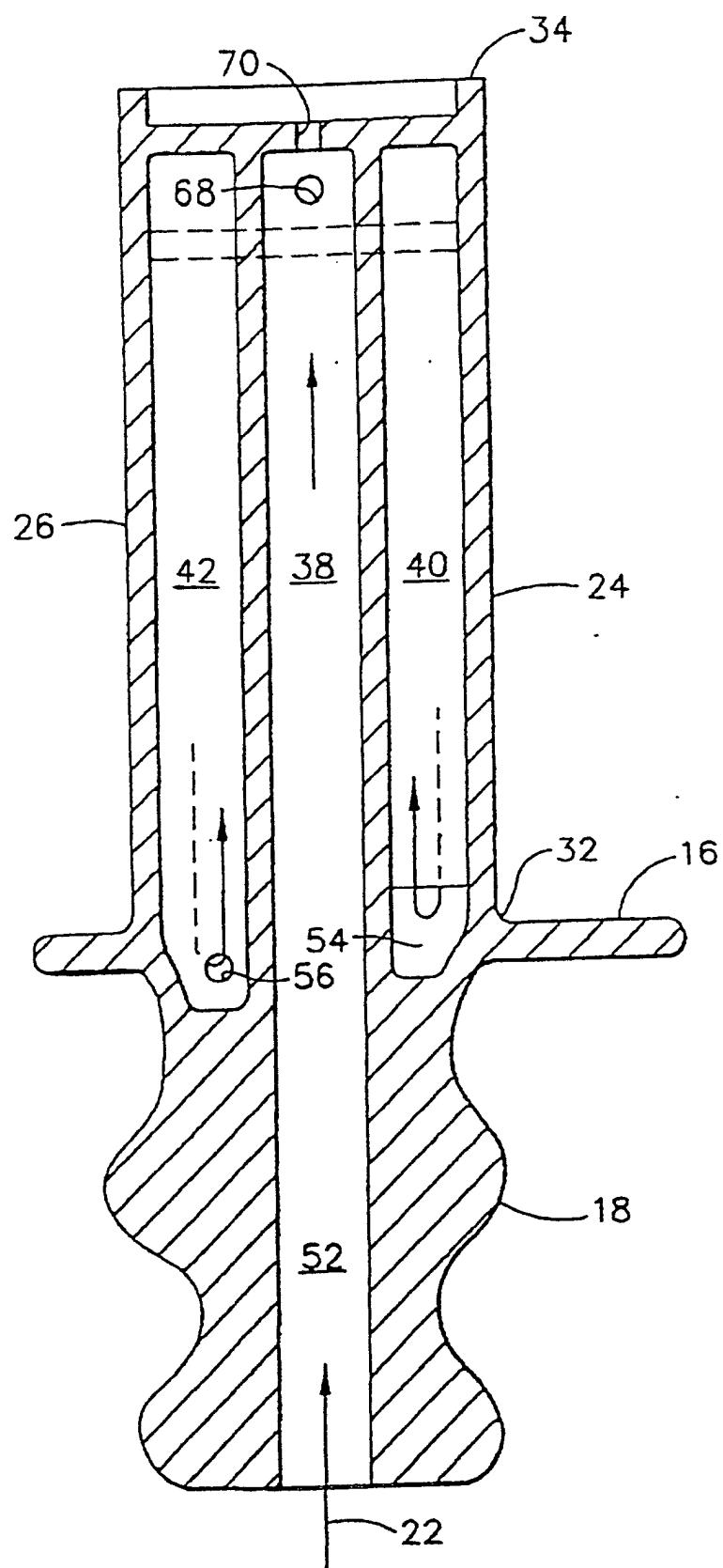


FIG. 4

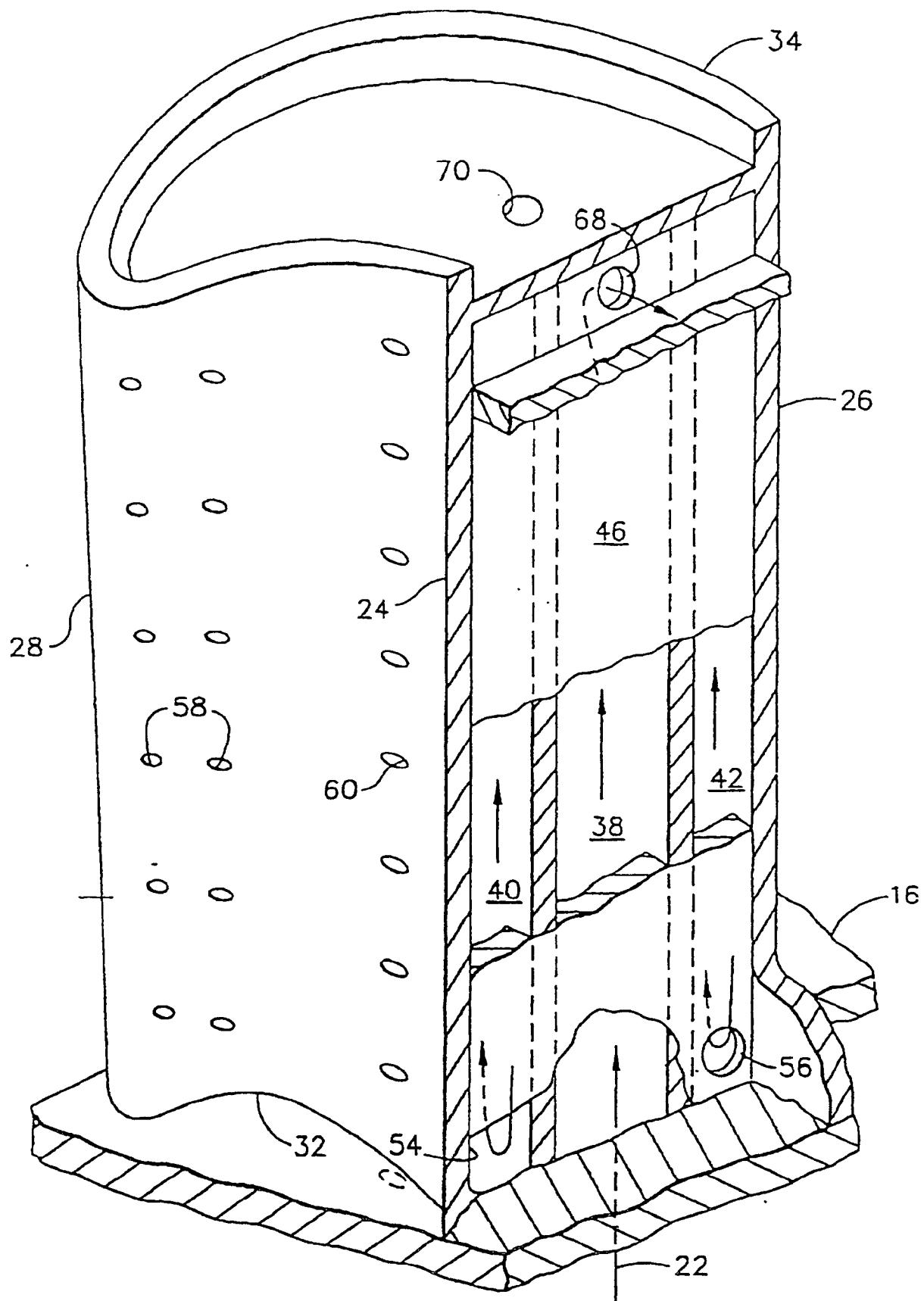


FIG. 5