



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 27 967 T2 2007.01.04**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 072 759 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 27 967.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 304 470.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.05.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.01.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F01D 5/20 (2006.01)**

F01D 5/18 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
363727 29.07.1999 US

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

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

(72) Erfinder:
Correia, Victor Hugo Silva, Milton Mills, Hampshire 03852, US

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: **Turbinenschaufel mit thermisch isolierter Spitze**

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] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Gasturbinentreibwerke und bezieht sich insbesondere auf Turbinenschaufelkühlung.

[0002] In einem Gasturbinentreibwerk wird die Luft in einem Kompressor komprimiert und mit einem Brennstoff vermischt und in einer Brennkammer zur Erzeugung heißer Verbrennungsgase gezündet. Die Gase strömen durch Turbinenstufen, die den Gasen Energie entziehen, um den Kompressor anzutreiben und um nützliche Arbeit zu verrichten, wie z.B. ein Gebläse in einem Turbofan-Gasturbinentreibwerk eines Flugzeugs anzutreiben.

[0003] Jede Turbinenstufe beinhaltet eine Leitdüse, die Leitschaufeln aufweist, die die Verbrennungsgase gegen eine entsprechende Reihe von Turbinenschaufeln leitet, die sich radial nach außen von einer stützenden Läuferscheibe aus erstrecken. Die Leitschaufeln und Laufschaufeln enthalten Schaufelblätter, die im Wesentlichen konkave Druckseitenwände und im Wesentlichen konvexe Saugwände aufweisen, die sich axial zwischen Vorder- und Hinterkanten erstrecken, über die die Verbrennungsgase während des Betriebs strömen.

[0004] Die Turbinenschaufeln sind an der Läuferscheibe über entsprechende Schwalbenschwänze befestigt, die in komplementäre Schwalbenschwanznuten eingreifen, die in dem Umfangsbereich der Scheibe ausgebildet sind. Jedes Schaufelblatt beinhaltet eine innen liegende Plattform, die die radial innere Grenze des Strömungspfades der Verbrennungsgase definiert, wobei sich das Schaufelblatt von einem Fuß an diesem bis zu einer radial außen liegenden Spitze erstreckt. Die Schaufelspitzen sind im Abstand zu einem sie umgebenden stationären Mantel, zu diesem eng benachbart angeordnet, um eine Leckage der Verbrennungsgase in dem dazwischen befindlichen Spalt während des Betriebs zu reduzieren.

[0005] Aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnung und Kontraktion zwischen den Laufschaufeln und dem diese umgebenden Mantel während des Betriebs unterliegen die Schaufelspitzen jedoch einem gelegentlichen Anstreifen der Spitze an dem Mantel.

[0006] Um die Schaufelspitzen zu schützen, werden diese typischerweise in Form einer Anstreifrippenverlängerung der Druck- und Saugseitenwände konfiguriert, die sich radial nach außen von einem Spitzenende bzw. Spitzenverschluss oder Spitzenboden erstreckt, das bzw. der das radial äußere Ende des Schaufelblatts verschließt. Das Schaufelblatt ist hohl unterhalb des Spitzenendes und beinhaltet im Innern diverse Kühlkanäle oder -kreisläufe für die Kanalisierung von von dem Kompressor abgezapfter Luft, um

diese als Kühlmittel gegen die Aufheizwirkung der heißen Verbrennungsgase zu nutzen.

[0007] In dieser Konfiguration ergeben die Anstreifrippen kurze Fortsetzungen der Schaufelblattseitenwände zur Aufrechterhaltung deren aerodynamischen Profils und stellen eine Fläche minimalen Kontaktes mit dem Mantel bereit, wenn die Spitze an diesem anstreift. Das darunter liegende Spitzenende liegt deshalb von dem Mantel weiter entfernt und wird während der Anstreifvorgänge der Spitze geschützt, um die Unversehrtheit des Schaufelblattes und der sich in diesem befindenden Kühlkanäle sicherzustellen.

[0008] Während des Betriebs sind die Anstreifrippen direkt den heißen Verbrennungsgasen ausgesetzt, die darüber hinweg durch den mit dem Turbinenmantel gebildeten Spalt strömen. Sie werden deshalb an ihren drei exponierten Seiten der Aufheizung ausgesetzt und sind entsprechend schwierig zu kühlen. Ein Betrieb der Anstreifrippen bei hohen Temperaturen beeinträchtigt in nachteiliger Weise ihre nutzbare Lebensdauer. Die Anstreifrippen werden durch Wärmeleitung radial nach innen über die Schaufelblattseitenwände gekühlt, wobei die Hitze durch das innerhalb des Schaufelblattes geführte Kühlmittel abgeführt wird. Das Schaufelblatt kann auch geneigte Spitzenlöcher beinhalten, die radial im Innern in Bezug auf die Anstreifrippe angeordnet sind, um eine Filmkühlgrenze der Luft typischerweise entlang der Druckseite des Schaufelblatts zum Schutz des druckseitigen Anstreifrippenteils zu bilden.

[0009] Da die Anstreifrippen sich auf beiden Seiten des Schaufelblatts über dem Spitzenende befinden, bilden sie dazwischen einen offenen Spitzenhohlraum, in dem heiße Verbrennungsgase zirkulieren und die Innenseiten der Anstreifrippe erhitzen können. Das Spitzenende kann durch ihn hindurchführende Löcher enthalten, um einen Teil des Kühlmittels durch den Spitzenhohlraum austreten zu lassen, wobei dennoch die Anstreifrippe immer noch an ihren drei Seiten der Hitze ausgesetzt ist.

[0010] Entsprechend ist es erwünscht, ein Turbinenschaufelblatt mit verbesserter Spitzenkühlung bereitzustellen, um seine Lebensnutzungsdauer zu verlängern oder um einen Betrieb mit Verbrennungsgasen höherer Temperatur zu erlauben.

[0011] Bekannte Turbinenschaufeln mit Schaufelblättern sind z.B. in US-1 335 002, US-5 733 102 und US-4 411 597 beschrieben.

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Turbinenschaufelblatt mit einer Anstreifrippe geschaffen, die sich von einem Spitzenende oder -verschluss nach außen erstreckt, um auf der Oberseite

des Schaufelblattes einen Spitzenhohlraum zu bilden, der einen innerhalb des Endes angeordneten inneren Kühlkanal zum Führen eines Kühlmittels und sich durch das Ende hindurch in Strömungsverbindung mit dem Kühlkanal erstreckende mehrere Spitzenlöcher aufweist, um das Kühlmittel in den Spitzenhohlraum zu leiten, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner aufweist:

einen in dem Spitzenhohlraum auf der Oberseite des Spitzenendes angeordneten Wärmeisolator, wobei der Isolator zu der Anstreifrippe im Abstand angeordnet ist, um einen Schlitz zu bilden, wobei sich die Spitzenlöcher durch das Ende hindurch in den Schlitz hinein erstrecken, um das Kühlmittel darin abzuführen.

[0013] Die Erfindung gemäß bevorzugter und beispielhafter Ausführungsformen ist zusammen mit ihren weiteren Aufgaben und Vorteilen genauer in der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

[0014] **Fig. 1** eine teilweise aufgeschnittene isometrische Ansicht einer beispielhaften Turbinenschaufel, die sich von einem Teil einer Läuferscheibe aus nach außen erstreckt, gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0015] **Fig. 2** eine teilweise aufgeschnittene isometrische Ansicht eines Teils der in **Fig. 1** veranschaulichten Schaufelblattspitze, geschnitten entlang der Linie 2-2, unter Veranschaulichung eines Spitzenisolators gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0016] **Fig. 3** eine der **Fig. 2** ähnliche, teilweise aufgeschnittene isometrische Ansicht der Schaufelspitze gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0017] In **Fig. 1** ist eine von mehreren Turbinenlaufschaufeln **10** eines Gasturbinentriebwerks veranschaulicht, wie sie an dem zum Teil dargestellten Umfang einer Läuferscheibe **12** befestigt ist. Die Laufschaufel weist ein Schaufelblatt **14** auf, über dem während des Betriebs heiße Verbrennungsgase **16** strömen, die von einem (nicht gezeigten) Brenner erzeugt werden. Das Schaufelblatt erstreckt sich von dem Außenumfang der Läuferscheibe aus radial nach außen und weist eine Plattform **18** und einen Schwalbenschwanz **20** auf, die gewöhnlich im gleichen Gießvorgang gebildet werden. Der Schwalbenschwanz ist herkömmlich ausgebildet und als ein zur axialen Einführung vorgesehener Schwalbenschwanz dargestellt, der in einer komplementären Schwalbenschwanznut **22** festgehalten ist, die in dem äußeren Umfangsbereich der Scheibe ausgebildet ist.

[0018] Das Schaufelblatt **14** enthält eine im Wesentlichen konkave erste oder Druckseitenwand **24** und eine in Umfangsrichtung oder in Seitenrichtung gegenüberliegende zweite oder Saugseitenwand **26**, die im Wesentlichen konvex ist. Die Seitenwände erstrecken sich in Längsrichtung entlang der Spanweite des Schaufelblatts von einem Fuß **28** an der Verbindung mit der Plattform **18** zu einem radial äußeren Spitzenende bzw. -verschluss oder Spitzenboden **30**. Eine Anstreifspitze oder -rippe **32** erstreckt sich von dem Spitzenende **30** radial nach außen entlang beider Seitenwände **24, 26**, um auf der Oberseite einen radial nach außen offenen Spitzenhohlraum **34** zu definieren.

[0019] Die zwei Seitenwände erstrecken sich in Axialrichtung oder in Sehnenrichtung zwischen einer Vorder- und einer Hinterkante **36, 38** und sind in einem Abstand zueinander angeordnet, um einen seitlich dazwischen verlaufenden internen Kühlkanal oder -kreislauf **40** zu definieren, der zur Durchleitung eines Kühlmittels **42**, wie z.B. von einem (hier nicht dargestellten) Kompressor des Triebwerks abgezweigter Druckluft, dient.

[0020] Der Kühlkanal **40** kann eine beliebige herkömmliche Anordnung bzw. Ausgestaltung aufweisen und erstreckt sich durch die Plattform und den Schwalbenschwanz hindurch, um ein Zweitluftkühlmittel **42** zu erhalten, das in einer herkömmlichen Weise zu diesem geführt wird. Die Innenseite des Schaufelblatts wird in einer beliebigen herkömmlichen Weise, einschließlich mehrkanaliger Serpentinengrenzläufe, mit im Inneren angeordneten, den Wärmetransfer verstärkenden Turbulatoren und Reihen von Filmkühlköpfen gekühlt, die sich durch die Seitenwände des Schaufelblatts hindurch erstrecken, wie dies für eine Kühlung des Schaufelblatts und einen Schutz seiner exponierten Seitenwände erforderlich ist.

[0021] Die Schaufel **10**, die das Schaufelblatt **14**, wie oben beschrieben, aufweist, hat einen herkömmlichen Aufbau mit der Anstreifrippe **32**, die als integrale Fortsätze der Druck- und Saugseitenwände in einem Gießvorgang aus einem Stück ausgebildet ist. Wie oben angedeutet, ist die Anstreifrippe **32** der Erhitzung durch die heißen Verbrennungsgase **16** ausgesetzt, die über den Schaufelblattseitenwänden als auch über der Blattspitze strömen, die sich im Abstand zu und radial innen von einem (hier nicht gezeigten) umliegenden Turbinenmantel befindet.

[0022] Das Schaufelblatt **14** der Turbinenschaufel weist einen thermischen Isolator **44** auf, der in dem Spitzenhohlraum **34** auf der Oberseite des Spitzenendes angeordnet ist und der mit diesem passend, z.B. durch Hartlöten, verbunden ist. Der Isolator **44** nimmt einen zuvor leeren Raum in dem Spitzenhohlraum ein, um eine Umwälzung der heißen Verbren-

nungsgase darin zu verhindern, um die Schaufelblattspitze thermisch zu isolieren sowie eine verbesserte Kühlung derselben zu erzielen.

[0023] Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, ist der Kühlkanal **40** innen in Bezug auf das Spitzenende **30** angeordnet, wobei sich mehrere Spitzenlöcher **46** radial durch das Spitzenende in Strömungsverbindung mit dem Kühlkanal **40** erstrecken, um das Kühlmittel in den Spitzenhohlraum zu leiten.

[0024] Wie in [Fig. 2](#) detaillierter dargestellt, ist der Isolator **44** vorzugsweise seitlich von der Anstreifrippe **32** beabstandet an zumindest einer Seite des Schaufelblatts angeordnet, um einen Spitzenschlitz **48** zwischen diesen zu bilden.

[0025] In der bevorzugten Ausführungsform, wie sie in [Fig. 2](#) dargestellt ist, erstreckt sich der Spitzenschlitz **48** in Sehnenrichtung entlang beider Seitenwände **24, 26** und umgibt den Isolator **44** an seinem gesamten Umfang und an dem gesamten Umfang der Schaufelblattspitze. Auf diese Weise weist der Spitzenschlitz **48** Abschnitte auf, die sich entlang beider Seitenwände und zwischen der Vorder- und der Hinterkante des Schaufelblatts erstrecken.

[0026] In der bevorzugten Ausführungsform erstrecken sich die Spitzenlöcher **46** durch das Ende **30** hindurch und direkt in den Spitzenschlitz **48** hinein, um in diesen das Kühlmittel austreten zu lassen. Die Spitzenlöcher **46** verlaufen von der Vorderkante zu der Hinterkante vorzugsweise um ca. 45 Grad zur Spanachse der Öffnung geneigt, um das Kühlmittel in entsprechende Teile des Spitzenschlitzes austreten zu lassen. Auf diese Weise füllt das Kühlmittel den Spitzenschlitz **48** und wird von dort aus während des Betriebs in den mit dem gegenüberliegenden Turbinenmantel gebildeten Spitzenspalt ausgestoßen.

[0027] Der Wärmeisolator **44** nimmt einen Großteil des Volumens des Spitzenhohlraums ein und begrenzt den Kühlmittelfluss in dem Spitzenschlitz **48**, um die Anstreifrippe **32** entlang ihrer inneren Oberfläche, die den Spitzenhohlraum begrenzt, effektiver zu kühlen. Das aus dem Spitzenschlitz **48** ausgegebene Kühlmittel kühlt nicht nur die inneren Oberflächen der Anstreifrippe sondern verhindert auch eine Rezirkulation der heißen Verbrennungsgase entlang diesen.

[0028] Der Spitzenschlitz **48** erstreckt sich zwischen der Vorder- und der Hinterkante des Schaufelblatts entlang zumindest einer der Seitenwände, wie z.B. der Druckseitenwand **24**, die gewöhnlich während des Betriebs einer im Vergleich zu der Saugseitenwand **26** hohen Wärmelastung ausgesetzt ist. Der Spitzenschlitz **48** erstreckt sich vorzugsweise auch entlang der Saugseitenwand, um dort entlang eine effektive Kühlung der Anstreifrippe zu gewährleisten. In der beispielhaften Ausführungsform, wie sie in

[Fig. 2](#) dargestellt ist, ist der Spitzenschlitz **48** an der Oberseite der Anstreifrippe **32** offen, um von dort aus das Kühlmittel radial nach außen entlang des gesamten Umfangs des Isolators austreten zu lassen.

[0029] Der Isolator **44** kann eine beliebige passende Ausgestaltung und Anordnung aufweisen, um eine thermische Isolation an der Oberseite des Spitzenenden **30** zur Verfügung zu stellen und um den Kühlmittelfluss durch den Spitzenschlitz **48** zu kontrollieren. In der in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellten bevorzugten Ausführungsform weist der Isolator **44** eine Honigwabenstruktur mit Zellen **50** von irgendeiner passenden Gestalt, wie z.B. Hexagon, Rechteck, Dreieck, etc., auf. Ein Honigwabenisolator ist leichtgewichtig, wobei er dennoch den Großteil des Volumens des Spitzenhohlraums ausfüllt, um den Wiederumlauf der heißen Verbrennungsgase in ihm zu reduzieren oder zu verhindern. Das Gas oder die Luft in den Honigwabenzellen kann während des Betriebs bewegungslos bleiben, um eine thermische Isolation zu bewirken.

[0030] Wie in [Fig. 2](#) veranschaulicht, ist der Isolator **44** vorzugsweise kürzer als die Anstreifrippe **32** und ist in der Höhe leicht unter ihrem radial äußersten Ende eingelassen, um den Isolator zu schützen, wenn die Anstreifrippe **32** anfänglich während eines Betriebs in der Einlaufphase anstreift. Die Zellen **50** erstrecken sich in Längsrichtung oder in Radialrichtung nach außen von dem Spitzenende **30** aus im Wesentlichen senkrecht hierzu. Die Zellen **50** sind zur Reduktion von Gewicht und zur Erzielung einer Wärmeisolation vorzugsweise leer und können an ihren innen liegenden Enden mit dem Spitzenende **30** hart verlötet sein.

[0031] Auf diese Weise verhindern die vertikalen Zellen jeglichen Querstrom von Fluid von Zelle zu Zelle und können durch Wärmeleitung durch das Spitzenende **30** gekühlt und von unten durch das Kühlmittel **42** gekühlt werden. Das durch die Spitzenschlitz **48** austretende Kühlmittel bewirkt während des Betriebs eine weitere Kühlung des Isolators selbst.

[0032] Die thermische Masse des Honigwabenisolators **44** kann durch Benutzung von dünnwandigen Zellen mit hoher Dichte von Zellen pro Flächeneinheit minimiert werden, wobei die Zellen aus einem passenden Metall hergestellt werden, um der aggressiven Umgebung der Gasturbine zu widerstehen. Ein beispielhaftes Material ist Haynes **214** (Handelsmarke), das gegen Oxidation resistent ist und gewöhnlich in Gasturbinentriebwerken verwendet wird. Es kann auch eine Aluminid-Beschichtung hinzugefügt werden, um, falls erwünscht, eine zusätzliche Oxidationsresistenz zu erhalten.

[0033] Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, sind die Zellen **50**,

an ihren radial nach außen gerichteten Enden leer und offen, um eine Gewichtsreduzierung zu erhalten und dennoch in ihnen eine Fluidstagnation für eine effektive thermische Isolation zu erzielen. Der Isolator **44** füllt vorzugsweise den gesamten Spitzenhohlraum **34**, ausgenommen entlang des umliegenden Spitzenschlitzes **48**, der sich entlang beider Seitenwände von der Vorderkante zu der Hinterkante erstreckt.

[0034] Falls erwünscht, können die Zellen **50** für eine erhöhte thermische Isolation an ihren außen liegenden Enden einen Wärmesperrüberzug (engl. thermal barrier coating, TBC) **52** enthalten. Wärme- sperr- bzw. Wärmebarrierefbeschichtungen sind herkömmlich bekannt und weisen gewöhnlich eine durch Plamaspritzauflagung aufgebrachte Keramik auf.

[0035] [Fig. 3](#) veranschaulicht eine modifizierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei der Wärmeisolator in der Form einer Honigwabenstruktur ausgebildet ist; die mit **44b** bezeichnet ist und Zellen **50** aufweist, die sich parallel zu dem Spitzenende **30** oder seitlich zwischen der Druck- und der Saugseitenwand **24**, **26** erstrecken. Der Honigwaben-Isolator **44b** ist wieder vorzugsweise von der Anstreifrippe **32** entlang beider Seitenwände **24**, **26** beabstandet angeordnet, so dass der Spitzenschlitz **48** den gesamten Isolator entlang seines Umfangs umgibt.

[0036] Die Honigwabenzellen **50** können, wie oben dargestellt, eine beliebige passende Konfiguration haben, wobei die meisten Zellen an ihren beiden gegenüberliegenden Enden leer und offen sind, um ein Kühlmittel von den Spitzelnlöchern **46** aus durch sie hindurch zwischen entsprechenden Teilen des Spitzenschlitzes **48** an gegenüberliegenden Seitenwänden zu leiten.

[0037] Wie in [Fig. 3](#) veranschaulicht, ist der Isolator **44b** seitlich von den inneren Flächen der Anstreifrippe **32** beabstandet an gegenüberliegenden Seitenwänden des Schaufelblatts angeordnet, um entsprechende druckseitige und saugseitige Spitzenschlitz zu definieren. Ein Ablenk- bzw. Leiblech oder Deckel **54** ist auf der Oberseite des Isolators angeordnet und erstreckt sich vorzugsweise zu der saugseitigen Anstreifrippe, wobei er mit dieser z.B. durch Hartlöten dicht verbunden ist. Das Ablenkblech ist im Abstand zu der druckseitigen Anstreifrippe angeordnet, um entlang dieser den Spitzenschlitz offen zu lassen.

[0038] Das Ablenkblech **54** verschließt auf diese Weise die Oberseite des saugseitigen Spitzenschlitzes an dem oberen Ende der entsprechenden Anstreifrippe. Die Spitzelnlöcher **46** sind vorzugsweise nur an dem saugseitigen Spitzenschlitz und nicht an dem druckseitigen Spitzenschlitz vorgesehen. Das Ablenkblech **54** verschließt den Spitzenschlitz außen in Bezug auf die Spitzelnlöcher **46**, um das Kühlmittel

42 zu begrenzen, damit dieses zur Speisung des druckseitigen Spitzenschlitzes durch die Honigwabenzellen **50** strömt.

[0039] Wie ferner in [Fig. 3](#) dargestellt, können einige der Zellen **50** mit einem geeigneten Material, z.B. Drahteinsätzen, verschlossen sein, um einen Kühlmittelfluss durch sie zu verhindern, um die Geschwindigkeit des Kühlmittels beim Durchgang durch die leeren Zellen zu steigern. Auf diese Weise kann die Geschwindigkeit der Prallsprühstrahlen von den leeren Zellen erhöht werden, um die Prallkühlung zu verbessern. Und die Zellen können selektiv verschlossen werden, um den Kühlbedarf entlang der Länge der Anstreifrippe **32** wunschgemäß anzupassen.

[0040] Auf diese Weise, strömt das Kühlmittel **42** in Seitenrichtung durch die Honigwabenzellen **50** hindurch, um die Honigwaben selbst zu kühlen und um deren thermische Isolation zu verbessern. Das Kühlmittel **42** wird dann aus den Auslassenden der Zellen senkrecht zu der Innenfläche der Anstreifrippe **32** entlang der Druckseitenwand **24** zur Erzielung einer Prallkühlung der Anstreifrippe ausgegeben. Die druckseitige Anstreifrippe wird auf diese Art durch Prallkühlung effektiver gekühlt. Die saugseitige Anstreifrippe wird einfach durch Konvektion von dem aus den Spitzelnlöchern **46** austretenden Kühlmittel gekühlt. Da die Schaufelblattdruckseite typischerweise einer größeren Wärmebelastung als die Saugseite ausgesetzt ist, erzielt eine Prallkühlung der druckseitigen Anstreifrippe einen maximalen Kühleffekt, der entlang dieser einwirkenden höheren Wärmebelastung entspricht.

[0041] Die vorstehend beschriebenen verschiedenen Formen des thermischen Isolators bewirken eine effektive Wärmeisolation der Schaufelblattspitze, indem sie den Spitzenhohlraum größtenteils oder vollständig mit thermisch isolierendem Material füllen. Ein Wiederumlauf der heißen Verbrennungsgase wird deshalb in dem Spitzenhohlraum verhindert, um einen Wärmeeintrag in diesen zu reduzieren. Das durch die Spitzelnlöcher **46** ausströmende Kühlmittel bewirkt eine effektive Konvektions- und Filmkühlung der inneren Oberflächen der Anstreifrippe. In der in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform bewirkt das Kühlmittel eine gesteigerte Kühlung unter Verwendung von Prallsprühstrahlen des Kühlmittels, die gegen die Innenfläche der druckseitigen Anstreifrippe wirken. Und die offenen Spitzenschlitz lassen das Kühlmittel in einem Film über die äußere Oberfläche des Isolators selbst ausströmen, um während des Betriebs einen Filmkühlschutz für diesen zu schaffen.

[0042] Der Wärmeisolator weist vorzugsweise zur Reduktion des Gewichts und zur Reduktion der thermischen Masse eine Honigwabenstruktur auf, kann jedoch andere Ausgestaltungen haben. Der Isolator kann z.B. eine poröse metallische Wolle sein oder

aus keramischen Materialien ausgebildet sein.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufelblatt (14) mit einer Anstreifrippe (32), die sich von einem Spitzenden (30) nach außen erstreckt, um auf der Oberseite des Schaufelblattes einen Spitzenhohlraum (34) zu definieren, der einen innerhalb des Endes angeordneten Innenkühlkanal (40) zum Führen eines Kühlmittels und sich durch das Ende hindurch in Strömungsverbindung mit dem Kühlkanal erstreckende mehrere Spitzlöcher (46) aufweist, um das Kühlmittel in den Spitzenhohlraum zu führen, **dadurch gekennzeichnet**, dass es ferner aufweist:

einen in dem Spitzenhohlraum auf der Oberseite des Endes angeordneten Wärmeisolator (44), wobei der Isolator von der Anstreifrippe in Abstand angeordnet ist, um einen Schlitz (48) zu definieren, wobei sich die Spitzlöcher durch das Ende hindurch in den Schlitz erstrecken, um das Kühlmittel darin auszugeben.

2. Schaufelblatt nach Anspruch 1, welches ferner einen innerhalb des Endes (30) angeordneten inneren Kühlkanal (40), zum Führen eines Kühlmittels (42) und sich durch das Ende in einer Strömungsverbindung mit dem Kühlkanal erstreckende mehrere Spitzlöcher (46) aufweist, um das Kühlmittel in den Spitzenhohlraum (34) zu führen.

3. Schaufelblatt nach Anspruch 1, welches ferner sich mit der Anstreifrippe (32) in Längsrichtung erstreckende und in einem Stück mit dieser ausgebildete und sich in Sehnenrichtung zwischen den Vorder- und Hinterkanten (36, 38) erstreckende erste und zweite Seitenwände (24, 26) aufweist, wobei die Seitenwände voneinander beabstandet sind, um zwischen einander den Kühlkanal (40) zu definieren, wobei sich der Schlitz (48) zwischen den Vorder- und Hinterkanten entlang wenigstens einer von den Seitenwänden erstreckt.

4. Schaufelblatt nach Anspruch 3, wobei sich der Schlitz (48) entlang beider den Isolator (44) umgebenden Seitenwände (24, 26) erstreckt.

5. Schaufelblatt nach Anspruch 3, wobei der Schlitz (48) über der Anstreifrippe (32) offen ist.

6. Schaufelblatt nach Anspruch 3, wobei der Schlitz (48) über der Anstreifrippe (32) geschlossen ist.

7. Schaufelblatt nach Anspruch 3, wobei der Isolator (44) eine Honigwabenstruktur ist.

8. Schaufelblatt nach Anspruch 7, wobei der Isolator (44) Zellen (50) enthält, die sich in Längsrichtung von dem Ende (30) nach außen erstrecken.

9. Schaufelblatt nach Anspruch 7, wobei der Isolator (44b) Zellen (50) enthält, die sich parallel zu dem Ende (30) erstrecken.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

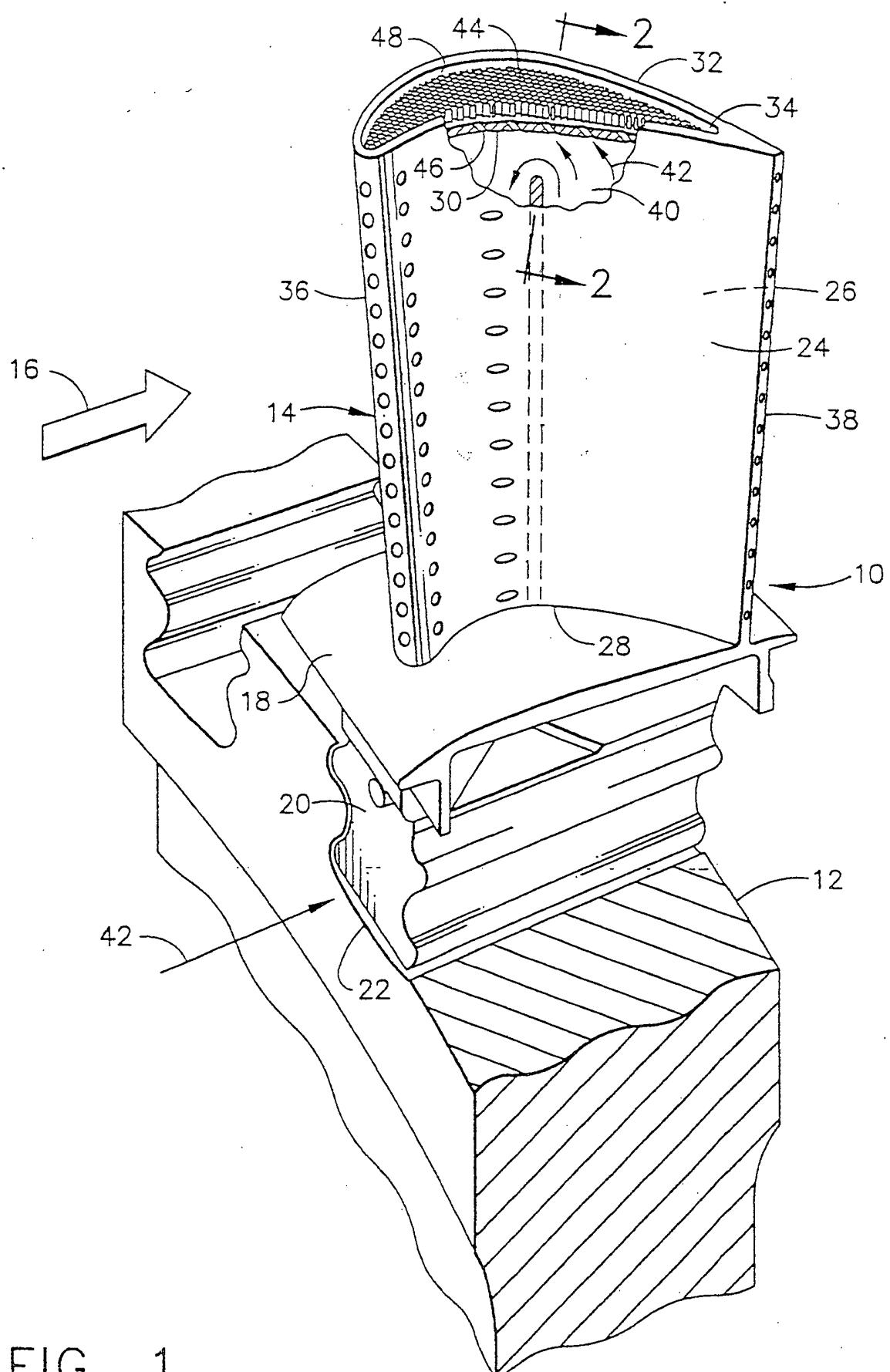


FIG. 1

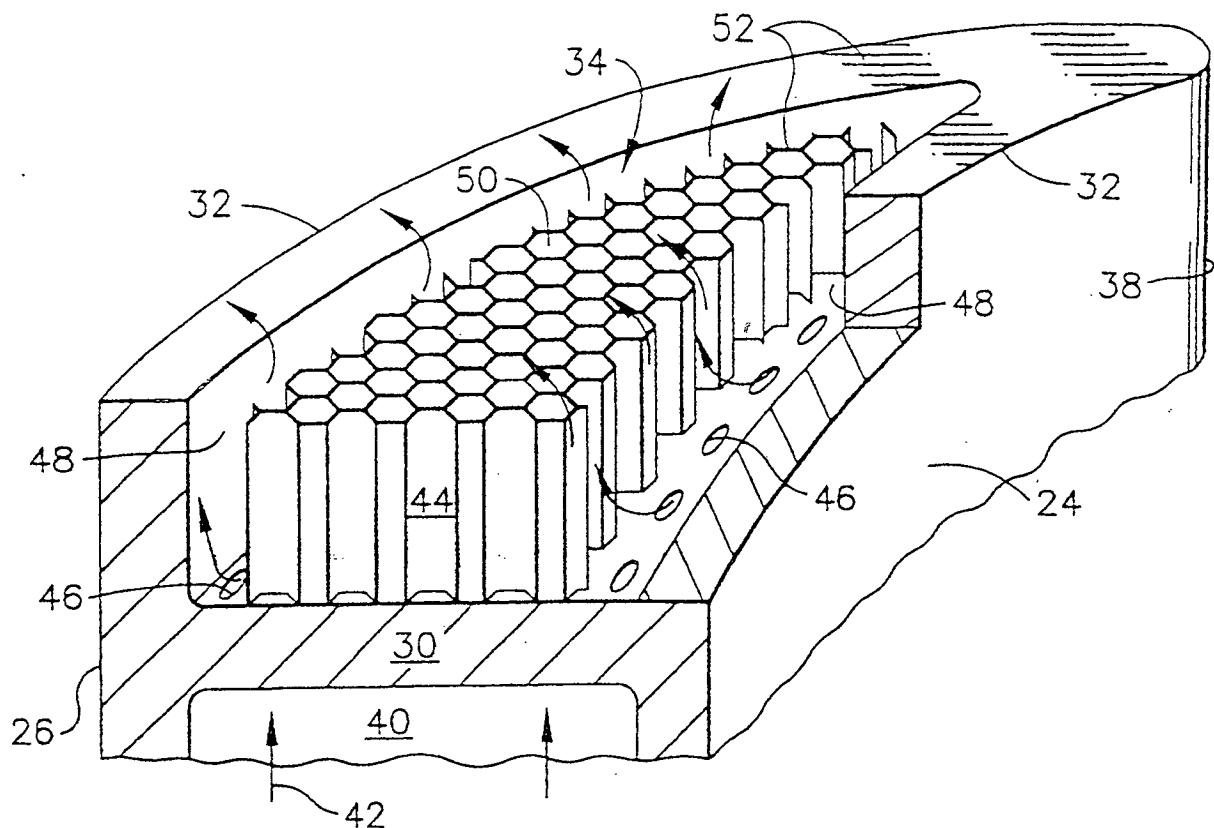


FIG. 2

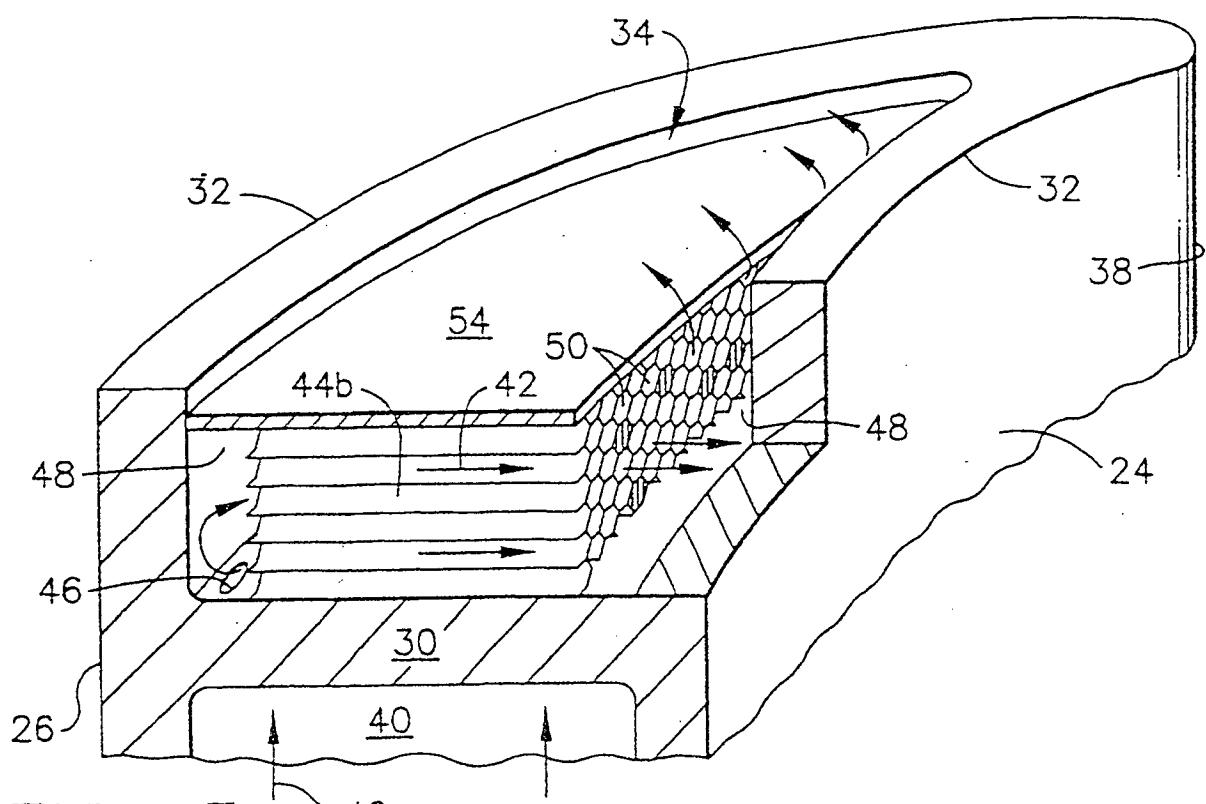


FIG. 3