



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 27 390 T2 2007.03.29

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 106 782 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 27 390.3

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 310 957.6

(96) Europäischer Anmeldetag: 08.12.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 13.06.2001

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 19.04.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 29.03.2007

(51) Int Cl.⁸: F01D 5/18 (2006.01)
F01D 9/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
457652 09.12.1999 US

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

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

(72) Erfinder:
Tsai, Gene Chen-Fu, Lexington, MA 02420, US;
Tung, Sung, Lexington, MA 02421, US; Flaherty,
Terence Carroll, Marblehead, MA 01945, US;
Manning, Robert Francis, Newburyport, MA 01950,
US

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: **Gekühlte Gasturbinenschaufel und deren Herstellungsmethode**

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 Erfindung bezieht sich allgemein auf Gasturbinentreibwerke und insbesondere auf Turbinendüseneitschaufeln, die in solchen Triebwerken verwendet werden.

[0002] Ein Gasturbinentreibwerk enthält einen Kompressor, der verdichtete Luft an eine Brennkammer liefert, in der die Luft mit Brennstoff gemischt und gezündet wird, um heiße Verbrennungsgase zu erzeugen. Diese Gase strömen stromabwärts zu einer oder mehreren Turbinen, die ihnen Energie entziehen, um den Kompressor anzutreiben und nutzbare Energie, wie z.B. zum Antrieb eines Flugzeugs beim Flug, abzugeben. In einem Mantelstromtriebwerk, das typischerweise einen Bläser enthält, der an der Vorderseite des Kerntriebwerks angeordnet ist, treibt eine Hochdruckturbine den Kompressor des Kerntriebwerks an. Eine Niederdruckturbine ist stromabwärts der Hochdruckturbine angeordnet, um den Bläser anzutreiben. Jede Turbinenstufe enthält gleichermaßen eine stationäre Turbinendüse, auf die jeweils ein Turbinenrotor folgt. Der Turbinenrotor weist eine Reihe von Rotorlaufschaufeln auf, die auf dem Umfang einer Rotorscheibe angebracht sind, die sich um die Zentralachse des Triebwerks dreht. Die Düse, die die Verbrennungsgase in einer solchen Weise in den Turbinenrotor leitet, dass der Turbinenrotor Arbeit leisten kann, enthält eine Vielzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Leitschaufeln, die mit den Rotorlaufschaufeln radial ausgerichtet sind. Turbinendüsen sind typischerweise um ihren Umfang herum in Segmente unterteilt, um eine thermische Expansion aufzunehmen bzw. zu beherrschen. Jedes Düsensegment enthält eine oder mehrere Düsenleitschaufeln, die zwischen einem Innen- und einem Außenband bzw. -bandabschnitt angeordnet sind, die die radialen Strömungspfadbegrenzungen für die heißen Verbrennungsgase bilden, die durch die Düse strömen.

[0003] Die Hochdruckturbanendüse ist an dem Austritt der Brennkammer angebracht und dadurch Verbrennungsgasen mit einer extrem hoher Temperatur ausgesetzt. Daher verwenden die Turbinenlaufschaufeln und die Düsenleitschaufeln typischerweise eine innere Kühlung, um ihre Temperaturen innerhalb bestimmter Auslegungsgrenzwerte zu halten. Die Turbinendüsen sind hohle Schaufelblätter bzw. Flügel, die eine Druckseitenwand und eine Saugseitenwand aufweisen, die an einer Vorderkante und einer Hinterkante miteinander verbunden sind. Zur Kühlung sowohl der Leitschaufeln als auch der Bänder existieren verschiedene konventionelle Anordnungen. Die gebräuchlichsten Arten der Kühlung enthalten die Prallkühlung und die Filmkühlung. Um eine Prallkühlung zu bewirken, enthält das Schaufelblatt ein oder mehrere perforierte hohle Einsätze, die in geeigneter Weise darin angebracht sind. Die Kühlluft

(,die gewöhnlich von dem Triebwerkskompressor abgezapft wird,) wird in die Einsätze hineingeleitet und trifft danach zur Prallkühlung der Innenoberfläche des Schaufelblattes auf diese auf. Eine Filmkühlung wird erreicht, indem die Kühlungsluft durch enge Filmkühllöcher geleitet wird, die so in dem Schaufelblatt ausgebildet sind, dass sie auf der Außenoberfläche des Schaufelblattes eine dünne Schicht von Kühlluft erzeugen.

[0004] Während des Betriebs strömen die heißen Verbrennungsgase zwischen dem Außen- und dem Innenband um jede der Düsenleitschaufeln herum. Dementsprechend dehnt sich die Turbinendüse beim Erhitzen thermisch aus und zieht sich zusammen, wenn die Temperaturen verringert werden. Dies kann insbesondere bei einem transienten Triebwerksbetrieb zu signifikanten Temperaturgradienten führen. Die Temperaturgradienten und eine differenzielle thermische Bewegung der Düsenkomponenten führen zu thermisch induzierten Spannungen und Beanspruchungen, die innerhalb angemessener Grenzwerte gehalten werden müssen, um die Lebensdauererwartung der Düse sicherzustellen.

[0005] Die Hinterkanten konventioneller Leitschaufeln sind besonders empfänglich für thermische Beanspruchungen. Weil die Hinterkante im Vergleich zu dem Rest des Schaufelblatts sehr dünn ist, reagiert sie schneller als das umliegende Schaufelblattmaterial auf eine heiße Verbrennungsgasströmung, was zu starken Temperaturgradienten führt, die eine hohe thermische Beanspruchung verursachen. Außerdem ist die Hinterkante typischerweise viel heißer als der Rest des Schaufelblattes. Selbst mit einer konventionellen Kühlung kann die thermische Beanspruchung genügend hoch sein, um Ermüdungsrisse in der Hinterkante zu hervorzurufen. Solche Risse haben eine nachteilige Auswirkung auf die Triebwerksleistungsfähigkeit und können sogar zu einem Triebwerksausfall führen, wenn es mehreren Rissen ermöglicht wird, sich zu vereinigen.

[0006] Die Belastung der Hinterkante kann verringert oder beseitigt werden, indem eine ausreichende Kühlung der Leitschaufelhinterkante bewirkt wird. US-A-3 515 499 beschreibt ein Turbinenschaufelblatt, bei dem die Hinterkante gekühlt wird, indem ein Kühlfluid von einem inneren Verteiler zu der Druck- und der Saugseite geführt wird. Die konventionelle Kühlung einer modernen Hochdruckturbanendüsenleitschaufel wird durch Filmkühlung von Druckseitenfilmkühlköchern aus und durch Druckseitenschlitzfilmkühlung erreicht. Zusätzlich helfen auch Saugseitenfilmkühlköcher beim Kühlen der Hinterkante. Die Aerodynamik des Schaufelblatts ist jedoch so, dass auf der Saugseite eingebrachte Kühlluft eine nachteilige Auswirkung auf die Turbineneffizienz hat. Insbesondere ist die Abgabe von Filmkühlluft auf der Saugseite gerade stromabwärts der Düseneingangsöffnungse-

bene in signifikanter Weise für die Leistungsfähigkeit nachteilig. Dementsprechend wird der größte Teil der Hinterkantenkühlung durch Druckseitenfilmschlitz bewirkt.

[0007] Gewöhnlich werden Wärmeschutzbeschichtungen verwendet, um die vorhandenen Mittel zur Prall- und/oder Filmkühlung zu ergänzen und dadurch ein Reißen der Hinterkante zu verhindern. Die bekannten Wärmeschutzbeschichtungen sind jedoch relativ teuer und erhöhen dadurch die Kosten der Düsenleitschaufel.

[0008] Dementsprechend besteht Bedarf an einem Turbinenschaufelblatt, das eine verbesserte Hinterkantenkühlung aufweist, die keine thermische Barrierenbeschichtung erfordert.

[0009] Der oben genannte Bedarf wird durch die vorliegende Erfindung befriedigt, die ein Schaufelblatt mit einer Druckseite und einer Saugseite schafft, die an einer Hinterkantenwand miteinander verbunden sind, die eine Hinterkante bildet. Das Schaufelblatt weist wenigstens ein Kühlungsschlitz auf, das sich so durch die Hinterkantenwand hindurch erstreckt, dass es Kühlfluid von der Druckseite des Schaufelblatts auf die Saugseite leitet.

[0010] Die vorliegende Erfindung und ihre Vorteile gegenüber dem Stand der Technik werden durch Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung und der beigefügten Ansprüche unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen deutlich:

[0011] [Fig. 1](#) zeigt eine teilweise im Querschnitt dargestellte Ansicht eines Gasturbinentriebwerks, das die stationären Strömungspfadkomponenten der vorliegenden Erfindung enthält.

[0012] [Fig. 2](#) zeigt eine Seitenansicht einer Turbinendüsenschaufel gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0013] [Fig. 3](#) zeigt eine entlang der Linie 3-3 aufgenommene Querschnittsansicht der Düsenleitschaufel aus [Fig. 2](#).

[0014] [Fig. 4](#) zeigt eine Seitenansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels einer Turbinendüsenschaufel.

[0015] Unter Bezug auf die Zeichnungen, in denen gleiche Bezugszeichen die gleichen Elemente in den verschiedenen Ansichten bezeichnen: [Fig. 1](#) zeigt einen Abschnitt eines Gasturbinentriebwerks **10**, das neben anderen Strukturen eine Brennkammer **12**, eine Hochdruckturbine **14** und eine Niederdruckturbine **16** enthält. Die Brennkammer **12** enthält einen im Wesentlichen ringförmigen, hohlen Körper, der darin eine Verbrennungskammer **18** bildet. Ein (nicht ge-

zeigter) Kompressor liefert verdichtete Luft, die in erster Linie in die Brennkammer **12** strömt, um die Verbrennung zu unterstützen, und teilweise um die Brennkammer **12** herumströmt, wo sie zur Kühlung sowohl der Flammrohre als auch der Turbinenanordnung weiter stromabwärts verwendet wird. In das vordere Ende der Brennkammer **12** wird Brennstoff hingeggeben und auf eine konventionelle Art mit der Luft gemischt. Das sich ergebende Brennstoff-Luft-Gemisch strömt in die Verbrennungskammer **18**, wo es zur Erzeugung heißer Verbrennungsgase gezündet wird. Die heißen Verbrennungsgase werden durch die Hochdruckturbine **14** abgegeben, die stromabwärts der Brennkammer **12** angeordnet ist, wobei sich die Gase ausdehnen, so dass ihnen Energie entzogen wird. Die heißen Gase strömen dann zu der Niederdruckturbine **16**, wo sie sich weiter ausdehnen.

[0016] Die Hochdruckturbine **14** enthält eine Turbinendüse **20** und einen Turbinenrotor **22**. Die Turbinendüse weist eine Vielzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Leitschaufeln **24** (von denen in [Fig. 1](#) nur eine gezeigt ist) auf, die zwischen einer Anzahl von bogenförmigen Außenbandabschnitten **26** und bogenförmigen Innenbandabschnitten **28** befestigt sind. Die Leitschaufeln **24**, die Außenbandabschnitte **26** und die Innenbandabschnitte **28** sind in einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung aneinander grenzenden Düsensegmenten aufgebaut, die gemeinsam eine vollständige, 360° umfassende Anordnung bilden. Vorzugsweise weist jedes Düsensegment zwei der Leitschaufeln **24** auf, die zwischen einem der Außenbandabschnitte **26** und einem der Innenbandabschnitte **28** angeordnet sind. Es sollte erkannt werden, dass die vorliegende Erfindung nicht auf Düsensegmente mit zwei Leitschaufeln beschränkt ist, da auch Düsensegmente mit anderen Anzahlen von Leitschaufeln bekannt sind. In jedem Fall sind die Leitschaufeln **24** so eingerichtet, dass sie die Verbrennungsgase optimal zu dem Turbinenrotor **22** leiten. Die Außen- und Innenbandabschnitte **26** und **28** der einzelnen Düsensegmente bilden jeweils die äußeren bzw. inneren radialen Begrenzungen des Gasstroms durch die Düse **20**.

[0017] Der Turbinenrotor **22** weist eine Vielzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Laufschaufeln **32** (von denen in [Fig. 1](#) nur eine gezeigt ist) auf, die sich von einer Rotorscheibe **34** aus radial auswärts erstrecken, die sich um die Zentralachse des Triebwerks dreht. Die Laufschaufeln **32** weisen einen Schaufelblattabschnitt auf, der sich in den Gasstrom hinein erstreckt. Eine Mehrzahl von bogenförmigen Deckbandabschnitten **36** ist in einer ringförmigen Reihe in Umfangsrichtung so angeordnet, dass sie die Rotorscheaufen **32** eng umgeben und dadurch die äußere radiale Strömungspfadbegrenzung für die heißen Verbrennungsgase bilden, die durch den Turbinenrotor **22** strömen. Die Deckbandabschnitte **36** sind sta-

tionäre Elemente, die von einem Deckbandträger **38** getragen werden, der in einer konventionellen Weise an dem Außengehäuse des Triebwerks befestigt sind.

[0018] Unter Bezug auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#): Eine der Düsenleitschaufeln **24** ist genauer gezeigt. Während eine Düsenleitschaufel zum Erleichtern der Offenbarung der vorliegenden Erfindung als Beispiel verwendet wird, sollte erkannt werden, dass die vorliegende Erfindung auf jede beliebige, ein Schaufelblatt enthaltende Komponente, die Kühlung erfordert, einschließlich Turbinenrotorlaufschaufeln, anwendbar ist. Die Leitschaufel **24** enthält ein hohles Schaufelblatt **40**, das eine konkave Druckseite **42** und eine konvexe Saugseite **44** aufweist, die an einer Vorderkante **46** und an einer Hinterkante **48** miteinander verbunden sind. Das Schaufelblatt **40** erstreckt sich in Längsrichtung oder radial von dem Innenband **28** zu dem Außenband **26**. Das Schaufelblatt enthält zwei innere Wände **50**, **52**, die das Innere des Schaufelblattes in drei sich radial erstreckende Hohlräume **54**, **56**, **58** unterteilen. Während zu Zwecken der Darstellung drei Innenhohlräume gezeigt sind, sollte erkannt werden, dass die vorliegende Erfindung nicht auf drei Hohlräume beschränkt ist, sondern auch weniger oder mehr Hohlräume geschaffen werden könnten. Der Abschnitt des Schaufelblatts, der sich in Sehnenrichtung über den hintersten Hohlraum **58** hinaus erstreckt, wird hierin als Hinterkantenwand **60** bezeichnet. Dementsprechend befindet sich die Hinterkante **48** hinten der Hinterkantenwand **60**.

[0019] Das Kühlfluid (gewöhnlich von dem Kompressor des Triebwerks abgezapfte Luft) wird jedem der Innenhohlräume **54**, **56**, **58** auf eine in der Fachwelt wohlbekannte Weise zugeführt. Das Kühlfluid tritt durch Filmkülllöcher **62** hindurch, die in der Druck- und in der Saugseite **42** und **44** ausgebildet sind, um eine Fluidverbindung zwischen den Hohlräumen **54**, **56**, **58** und ausgewählten Bereichen der Außenoberfläche des Schaufelblatts **40** herzustellen. Das durch die Filmkülllöcher **62** ausgetretene Kühlfluid strömt unter Bildung eines Filmes, der die Außenoberfläche kühl und sie von den Verbrennungsgasen mit hoher Temperatur isoliert, entlang der Außenoberfläche des Schaufelblatts.

[0020] In der Hinterkantenwand **60** ist auf der Druckseite **42** des Schaufelblattes **40** eine sich radial erstreckende Stufe **64** ausgebildet. Eine Mehrzahl von Kühlschlitzten **66** erstreckt sich von dem hintersten Hohlraum **58** zu der Stufe **64**, wodurch eine Fluidverbindung zwischen dem hintersten Hohlraum **58** und der Druckseite der Hinterkantenwand **60** geschaffen wird. Das (durch den Pfeil A in [Fig. 3](#) bezeichnete) Kühlfluid, das durch die Kühlschlitzte **66** abgegeben wird, kühl die Hinterkantenwand **60**. Die Kühlschlitzte **66** treten an der Stufe **64** aus, weil die Hinterkantenwand **60** im Allgemeinen zu dünn ist, um

Schlitzte aufnehmen zu können, die sich über die gesamten Länge bis zu der Hinterkante **48** erstrecken.

[0021] Um sicherzustellen, dass die Saugseite der Hinterkantenwand **60** angemessen gekühlt wird, ist in der Hinterkantenwand **60** eine Mehrzahl von Kühllöchern **68** ausgebildet. Konkret erstrecken sich die Kühllöcher **68** von der Druckseite **42** lateral durch die Hinterkantenwand **60** hindurch zu der Saugseite **44**. Die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** weisen auf der Druckseite **42** stromabwärts oder hinter der Stufe **64** und den Kühlschlitzten **66** angeordnete Einlässe auf. Folglich tritt ein Teil des aus den Kühlschlitzten **66** austretenden Kühlfluids durch die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** hindurch (wie es durch den Pfeil B in [Fig. 3](#) bezeichnet ist) und tritt auf der Saugseite der Hinterkantenwand **60** aus. Indem Kühlfluid zu der Saugseite der Hinterkantenwand **60** geleitet wird, reduzieren die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** die Temperaturgradienten und die thermische Beanspruchung in der Hinterkante **48**.

[0022] Wie in [Fig. 3](#) zu sehen ist, sind die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** vorzugsweise stromabwärts (d.h. gegenüber der Hinterkante **48**) angewinkelt, so dass das austretende Kühlfluid auf der Saugseite der Hinterkantenwand **60** entlang der Außenoberfläche strömt.

[0023] Wie in [Fig. 2](#) zu sehen ist, sind die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** vorzugsweise in einer radialen oder längs verlaufenden Reihe angeordnet, die sich im Wesentlichen entlang der Länge des Schaufelblattes **40** erstreckt. Alternativ können die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** in mehreren Längsreihen angeordnet sein, wie es in [Fig. 4](#) gezeigt ist. In diesem Falle sind die Kühlöcher **68** einer Reihe bezogen auf die Kühlöcher **68** der benachbarten Reihe versetzt, um das Kühlfluid bestmöglich über die Hinterkantenwand **60** zu verteilen. Die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** können fast jede beliebige Form einschließlich einer Oval- (wie es in den Figuren gezeigt ist), einer Kreis-, einer Rechteckform usw. aufweisen.

[0024] Die vorliegende Erfindung schafft ein Turbinenschaufelblatt **40**, bei dem die Kühlung der Hinterkante **48** durch das Hinzufügen eines hinteren Saugseitenfilms verbessert wird, der von dem Druckseitenschlitzfilm abgezapft wird. Aerodynamische Studien führen zu dem Schluss, dass das Einfügen einer Saugseitenfilmkühlung in dem äußersten hinteren Bereich des Schaufelblattes (im Gegensatz zu dem Bereich gerade stromabwärts der Düsenöffnungsebene) die Triebwerksleistungsfähigkeit nicht signifikant verringert. Eine Kühlungsanalyse zeigt, dass das Hinzufügen dieses Saugseitenkühlfilms über die die Wand durchdringenden Kühlöcher **68** zur Kühlung der Hinterkante **48** extrem wirksam ist. Tatsächlich verringern die die Wand durchdringenden

Kühllöcher **68** die Temperaturgradienten und die thermische Beanspruchung in der Hinterkante **48** so effektiv wie Wärmeschutzbeschichtungen. Folglich beseitigt die Verwendung der die Wand durchdringenden Kühllöcher **68** die Notwendigkeit der Verwendung einer teuren Wärmeschutzbeschichtung. Es sollte jedoch erkannt werden, dass die die Wand durchdringenden Kühllöcher **68** auch mit Wärmeschutzbeschichtungen vereinbar sind. Das heißt, dass die Wand durchdringende Kühllöcher auch in Verbindung mit einer Wärmeschutzbeschichtung verwendet werden können, um ein noch höheres Niveau an thermischem Schutz zu erzielen.

[0025] Im Vorangegangenen ist ein Turbinenschaufelblatt beschrieben worden, bei dem die Temperaturgradienten an der Hinterkante verringert werden, indem in der Hinterkantenwand durch die Wand hindurch Kühllöcher geschaffen werden.

Patentansprüche

1. Schaufelblatt (**40**) aufweisend:
eine Druckseite (**42**) und eine Saugseite (**44**), die an einer Hinterkantenwand (**60**) verbunden sind, die eine Hinterkante (**48**) ausbildet; gekennzeichnet durch
eine Einrichtung (**68**) in der Hinterkantenwand (**60**), um Kühlfluid von der Druckseite (**42**) der Hinterkantenwand (**60**) auf die Saugseite (**44**) der Hinterkantenwand (**60**) zu leiten.

2. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 1, wobei die zum Leiten des Kühlfluids vorgesehene Einrichtung (**68**) wenigstens ein Kühloch (**68**) aufweist, das sich durch die Hinterkantenwand (**60**) hindurch verlaufend erstreckt.

3. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 1, wobei die zum Leiten des Kühlfluids vorgesehene Einrichtung (**68**) mehrere Kühllöcher (**68**) aufweist, die sich durch die Hinterkantenwand (**60**) hindurch verlaufend erstrecken, wobei die Kühllöcher (**68**) in einer oder mehreren sich in Längsrichtung erstreckenden Reihen angeordnet sind.

4. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 2 oder 3, wobei das oder jedes Kühloch (**68**) in einem Winkel zu der Hinterkante (**68**) hin ausgerichtet ist.

5. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 2, welches ferner wenigstens einen Kühschlitz (**66**) aufweist, der in der Druckseite (**42**) der Hinterkantenwand (**60**) ausgebildet ist, wobei das wenigstens eine Kühloch (**68**) hinter dem wenigstens einen Kühschlitz (**66**) angeordnet ist.

6. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 2, welches wenigstens einen in der Druckseite (**42**) der Hinterkantenwand (**60**) ausgebildeten Kühschlitz (**66**) auf-

weist, wobei das wenigstens eine Kühloch (**68**) den wenigstens einen Kühschlitz (**66**) schneidet.

7. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 2, ferner aufweisend:
wenigstens einen Innenhohlraum (**58**);
eine in der Druckseite (**42**) der Hinterkantenwand (**60**) ausgebildete Stufe; und
wenigstens einen sich aus dem Innenhohlraum (**68**) heraus zu der Stufe erstreckenden Kühschlitz (**66**);
wobei das wenigstens eine Kühloch (**68**) hinter dem wenigstens einen Kühschlitz (**66**) angeordnet ist.

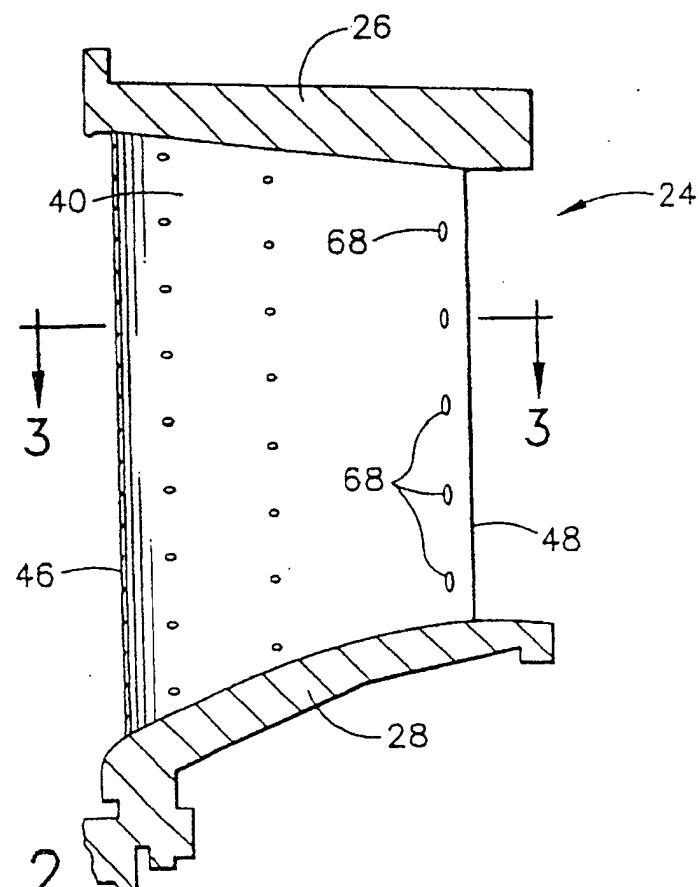
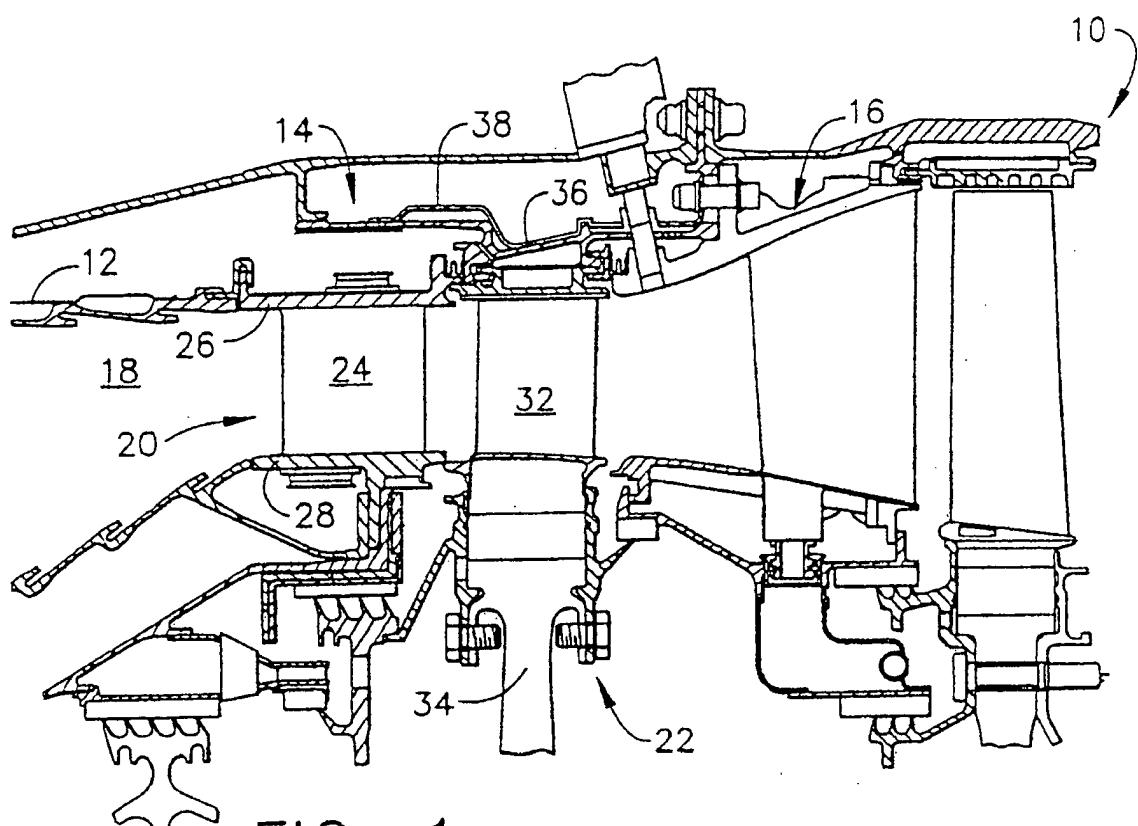
8. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 7, ferner mit zusätzlichen Kühllöchern (**68**), die sich durch die Hinterkantenwand (**60**) hindurch verlaufend erstrecken, wobei die Kühllöcher (**68**) in einer oder mehreren sich in Längsrichtung erstreckenden Reihen angeordnet sind.

9. Schaufelblatt (**40**) nach Anspruch 7, wobei das wenigstens eine Kühloch (**68**) in einem Winkel zu der Hinterkante (**48**) angeordnet ist.

10. Verfahren zum Herstellen eines Schaufelblattes (**40**) gemäß Anspruch 1, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass es wenigstens ein durch die Hinterkantenwand (**60**) hindurch verlaufendes Kühloch (**68**) ausbildet.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



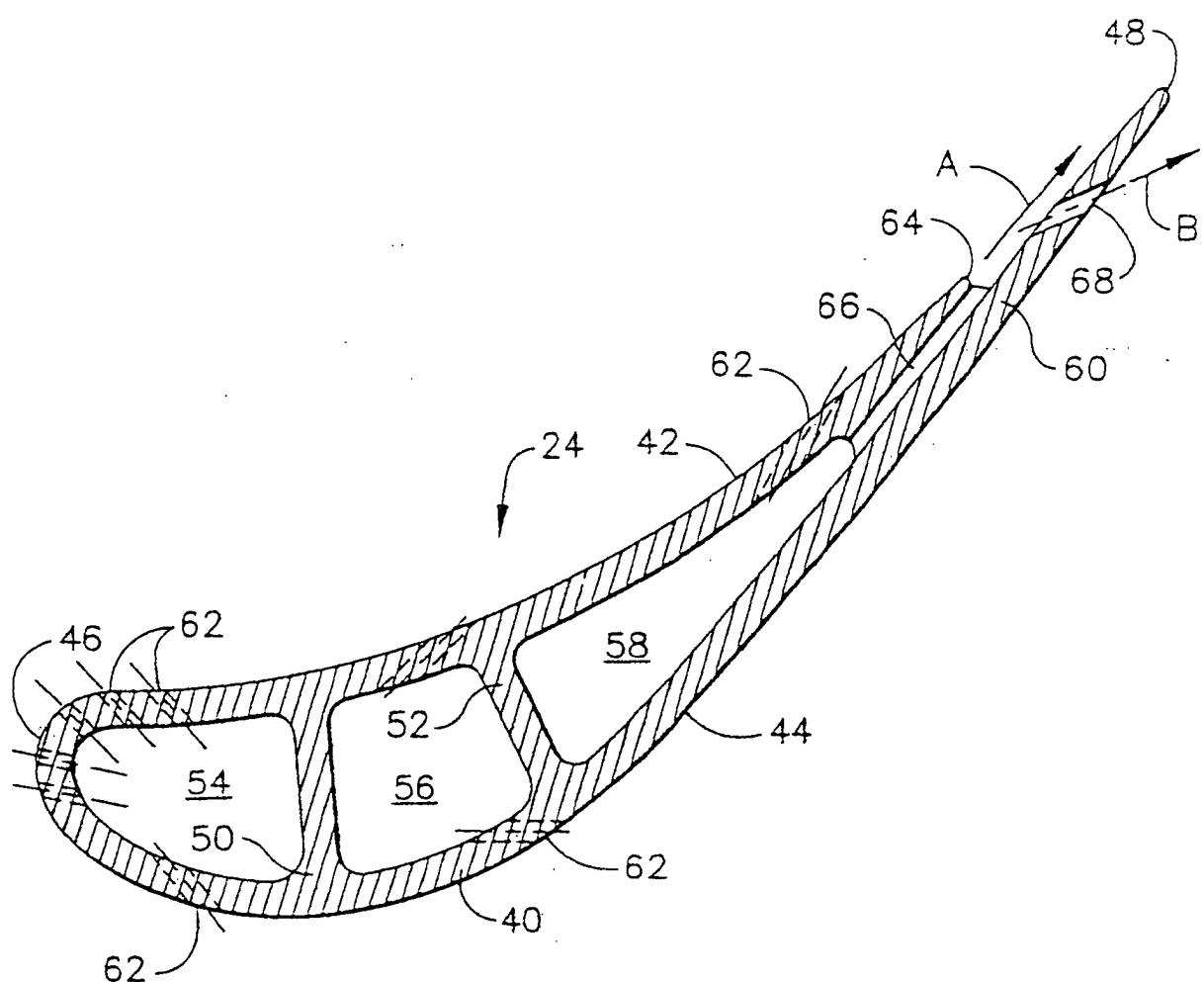


FIG. 3

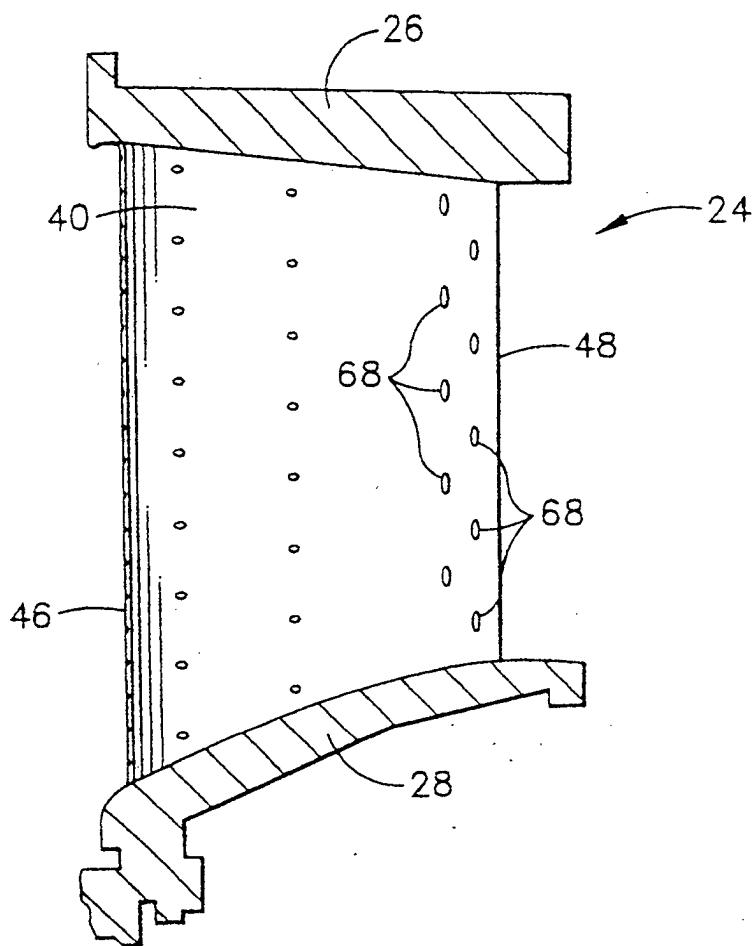


FIG. 4