

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 702 107 A2**

(51) Int. Cl.: **F01D 25/12** (2006.01)
F01D 5/18 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01344/10

(22) Anmeldedatum: 23.08.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 29.04.2011

(30) Priorität: 28.10.2009 US 12/607,586

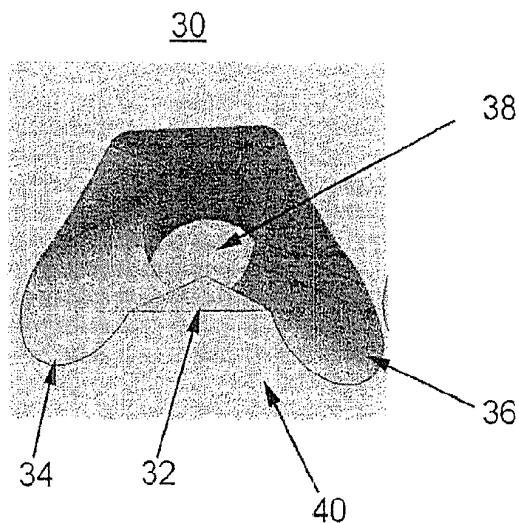
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Ronald Scott Bunker, Niskayuna, New York 12309 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneeggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) **Filmgekühlte Turbinenstruktur zum Kühlen von Schaufelblattflächen unter Anwendung asymmetrischer Winkel-Filmlöcher.**

(57) Eine filmgekühlte Turbinenstruktur ist mit einem oder mehreren asymmetrischen Winkel-Filmkühlungslöchern (30) zur Verbesserung der Filmkühlung für eine Vielfalt von Schaufelblattflächen oder Schaufelblattbereichen, insbesondere in Bereichen und Anwendungen, in welchen die Oberflächenfluid-Strömungslinienkrümmung erheblich ist, konfiguriert.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein filmgekühlte Teile und speziell ein Verfahren zum Filmkühlen üblicher Stellen auf Schaufelblattflächen unter Anwendung asymmetrischer Winkel-FilmLöcher.

[0002] Gasturbinen und andere bei hoher Temperatur arbeitende Geräte nutzen Filmkühlung extensiv für einen effektiven Schutz der Heissgaspfadkomponenten, wie z.B. Turbinenlaufschaufeln. Filmkühlung bezieht sich auf eine Technik zum Kühlen eines Teils, in welchem Kühlluft durch mehrere kleine Löcher in den Aussenwänden des Teils ausgegeben wird, um entlang der Aussenfläche des Teils eine dünne kühle Sperrschicht zu erzeugen und einen direkten Kontakt mit heissen Gasen zu verhindern oder zu reduzieren.

[0003] Übliche Stellen, die zum Filmkühlen der Schaufelblätter von Leitschaufeln und Laufschaufeln verwendet werden, umfassen u.a. die Filmkühlung der Vorderkante, Druckseite und Saugseite sowie der Endwand, einschliesslich der inneren und äusseren Leitschaufelendwände und der Laufschaufelplattformen. Filmkühlung für die Endwandbereiche von Turbinenlaufschaufeln unterscheidet sich von der der Laufschaufeln selbst dahin gehend, dass die Endwände den vollständigen Bereich statischer Druckverteilung erfahren, der sowohl von den Schaufelblattdruck- als auch Saugseitenflächen gesehen wird. Dieses vollständige Druckfeld erzeugt erhebliche die injizierte Filmkühlung beeinträchtigende sekundäre Strömungsmuster, die die Schaufelblattflächen nicht erreichen. Es liegt eine signifikante Migration der Filmkühlung quer zu dem Strömungskanal vor, was die Injektion und effiziente Kühlung sehr schwierig macht.

[0004] InjektionsfilmLöcher sind im Wesentlichen entweder rund oder diffusorartig geformt. Diese Löcher sind mit ihrer Injektion angenähert entlang der Richtung der lokalen Oberflächenströmungslinie ausgerichtet, um Mischungsverluste zu minimieren. Dieses führt oft zu einer Akkumulation der Filmkühlung in bestimmten Bereichen und dem entsprechenden Mangel an Filmkühlung in anderen.

[0005] Angesichts des Vorstehenden wäre es vorteilhaft, eine Struktur und ein Verfahren zur Injektion von Filmkühlung auf einer Oberfläche bei Vorliegen eines starken lateralen Druckgradienten, der versucht, die Filmkühlung von dem gewünschten zu schützenden Bereich wegzubewegen, bereitzustellen. Die Struktur und das Verfahren sollten das Filmkühlmittel ohne Erzeugung übermässiger Mischungsverluste, die durch einfache Injektion des Stroms quer zu dem Strom des Hauptheissgases verursacht werden, in dem gewünschten Bereich halten.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0006] Kurz gesagt wird gemäss einer Ausführungsform ein filmgekühltes Schaufelblatt oder ein Schaufelblattbereich mit einem oder mehreren asymmetrischen Winkel-Filmkühlungslöchern konfiguriert.

[0007] Gemäss einer weiteren Ausführungsform weist eine filmgekühlte Turbinenstruktur wenigstens ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch dergestalt auf, dass eine Seite des Winkels gegenüber der anderen Seite des Winkels in Bezug auf die Führung eines Teils des injizierten Kühlmittels auf eine Oberfläche der filmgekühlten Turbinenstruktur dominiert.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0008] Diese und weitere Merkmale und Verbesserungen der vorliegenden Erfindung werden besser verständlich, wenn die nachstehende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in welchen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile durchgängig durch die Zeichnungen bezeichnen, in welchen:

[0009] Fig. 1 eine Draufsicht ist, welche ein im Fachgebiet bekanntes Winkel-Filmkühlungsloch veranschaulicht;

[0010] Fig. 2 eine Seitenansicht des in Fig. 1 dargestellten Filmkühlungsloches ist;

[0011] Fig. 3 eine Vorderseitenansicht des in Fig. 1 dargestellten Filmkühlungsloches ist;

[0012] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht ist, die in dem Endwandbereich einer Turbinenleitschaufel angeordnete Filmkühlungslöcher veranschaulicht;

[0013] Fig. 5 eine perspektivische Ansicht ist, die in dem Endwandbereich einer Turbinenlaufschaufel angeordnete Filmkühlungslöcher veranschaulicht;

[0014] Fig. 6 InjektionsfilmLöcher veranschaulicht, die mit der Injektion angenähert entlang der Richtung der lokalen Oberflächenströmungslinie für den Endwandbereich einer Turbinenleitschaufel ausgerichtet sind;

[0015] Fig. 7 ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch darstellt, das zur Anwendung auf Schaufelblättern oder Endwänden geeignet ist; und

[0016] Fig. 8 zwei asymmetrische Winkelbereiche veranschaulicht, in welchen jeder Winkelbereich ein Paar von Flügel-durchgängen mit unähnlichen Geometrien in Bezug zueinander aufweist.

[0017] Obwohl die vorstehend beschriebenen Figuren alternative Ausführungsformen darstellen, werden auch weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wie in der Diskussion angegeben in Betracht gezogen. In allen Fällen präsentiert diese Offenbarung veranschaulichte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nur im Rahmen einer

Darstellung und nicht einer Einschränkung. Zahlreiche weitere Modifikationen und Ausführungsformen können von dem Fachmann auf diesem Gebiet erdacht werden, welche in den Schutzzumfang und Erfindungsgedanken der Prinzipien der Erfindung fallen.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0018] Winkel-FilmLöcher haben sich als nützlich für die Verbesserung der Filmeffektivität auf Schaufelblattflächen erwiesen. Derzeitige Winkel-FilmLöcher basieren immer auf symmetrischen Designs um die Filmlochmittellinie.

[0019] Filmkühlung für die Endwandbereiche von Turbinenschaufelblättern unterscheidet sich von der für die Schaufelblätter selbst dahin gehend, dass die Endwände den vollständigen Bereich einer statischen Druckverteilung erfahren, der sowohl von den Schaufelblatt-Druckseitenoberflächen als auch Schaufelblatt-Saugseitenoberflächen gesehen wird, wie es hierin festgestellt wird. Dieses vollständige Druckfeld erzeugt signifikante sekundäre Strömungsmuster, welche die injizierte Filmkühlung beeinflussen, dass die Schaufelblattflächen keine Kühlung erfahren. Die Schaufelblattflächen erfahren jedoch solche sekundäre Strömungseffekte, jedoch im Wesentlichen in einem wesentlich geringeren Umfang mit Ausnahme in Bereichen, in welchen die Schaufelblätter auf die Endwandbereiche treffen. Es liegt eine signifikante Migration der Filmkühlung über dem Strömungskanal vor, was die Injektion und effiziente Kühlung sehr schwierig macht.

[0020] InjektionsfilmLöcher sind im Wesentlichen entweder rund oder diffusorartig geformt. Diese Löcher sind üblicherweise mit ihrer Injektion angenähert entlang der Richtung der lokalen Oberflächenströmungslinie ausgerichtet, um Mischungsverluste zu minimieren. Dieses führt oft zu einer Akkumulation der Filmkühlung in bestimmten Bereichen und dem entsprechenden Mangel an Filmkühlung in anderen.

[0021] Asymmetrische Winkel-Filmlochausführungen, die ähnliche Fluidströmungsvorteile in Bereichen und Anwendungen erzielen, in welchen die Strömungslinienkrümmung des Oberflächenfluids erheblich ist, werden hierin beschrieben. Diese Ausführungsformen ändern, während sie nur ein rundes Durchgangsloch weiter verwenden, die zwei Hälften der Winkelgrundfläche, sodass sie unterschiedliche Abmessungen und Ausrichtungen der Durchgänge haben. Diese Asymmetrie macht vorteilhafterweise eine Seite des Winkels gegenüber der anderen Seite bezüglich der Führung eines Teils des injizierten Kühlmittels auf die zu kühlende Oberfläche dominant. Die dominante oder grössere Seite des Winkels sollte so gerichtet/orientiert sein, dass sie der von den heissen Gasen vorgegebenen Strömungslinienkrümmung entgegenwirkt.

[0022] Eine Diskussion symmetrischer Winkel-Filmkühlungslöcher wird hierin zuerst unter Bezugnahme auf die Fig. 1–3 präsentiert, um ein besseres Verständnis der hierin beschriebenen Prinzipien und Ausführungsformen der asymmetrischen Filmkühlungslöcher zu ermöglichen. Fig. 1 ist eine Draufsicht, die ein im Fachgebiet bekanntes symmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch 10 darstellt. Der Steg 12 ist nach aussen, konvex lateral in die Tiefe zwischen den zwei Flügel durchgängen 14 gerichtet, angeordnet. Der konvexe Steg 12 ist gekrümmt und im Wesentlichen im Profil dreieckig und divergiert in der Stromabwärtsrichtung zwischen der Einlassbohrung 16 und dem Übergang seines stromabwärts liegenden Endes zu der Aussenfläche 18. Die Hinterkante des Stegs 12 verbindet sich bündig mit der Aussenfläche 18 entlang einem seitlich gekrümmten stromabwärts liegenden Ende des Winkelauslasses, wobei der konvexe hintere Rand stromaufwärts zu dem Einlassloch 16 hingebogen ist. Die gekrümmte Form des zusammengesetzten Winkel-Filmkühlungsloches 10 hat die Vorteile der zusammengesetzten Neigungswinkel A, B, wie es detaillierter in Fig. 2 dargestellt ist, die eine Seitenansicht der Winkel-Filmkühlungslöcher 10 in Bezug auf den Strom des heissen Gases 20 darstellt, in welchem der Winkelauslass nach dem Einlassloch 16 anders in einem Neigungswinkel A geneigt divergiert. Insbesondere sind die Neigungswinkel A und B die zwei begrenzenden Winkel, einer entlang der Mittellinie und der andere in jedem Durchgang.

[0023] Fig. 3 ist eine Vorderseitenansicht des in Fig. 1 dargestellten symmetrischen Filmkühlungsloches 10. Diese Vorderseitenansicht liegt in der Richtung des in Fig. 2 dargestellten heissen Gases 20. Das Winkel-Filmkühlungsloch 10 basiert auf einem symmetrischen Design um die in Fig. 1 dargestellte Mittellinie des Filmkühlungsloches 10 und veranschaulicht weitere Details des Stegs 12 und der Flügeldurchgänge 14.

[0024] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht, die in den Endwandbereichen 22 einer Turbinenleitschaufel 24 angeordnete Filmkühlungslöcher veranschaulicht; während Fig. 5 eine perspektivische Ansicht ist, die in den Endwandbereich einer Turbinenlaufschaufel 28 angeordnete Filmkühlungslöcher 26 veranschaulicht. Wie vorstehend festgestellt, unterscheidet sich die Filmkühlung für die Endwandbereiche der Turbinenschaufelblätter von der der Schaufelblätter selbst dahin gehend, dass die Endwände den vollständigen Bereich der statischen Druckverteilung erfahren, der sowohl von den Schaufelblatt-Druck- und auch Saugseitenflächen wie hierin festgestellt, gesehen wird. Die Schaufelblattoberflächen erfahren jedoch derartige solche sekundären Strömungseffekte, aber im Wesentlichen in weitaus geringerem Umfang mit Ausnahme von Bereichen, wo die Schaufelblätter, wie vorstehend festgestellt, auf die Endwandbereiche treffen. Dieses vollständige Druckfeld erzeugt erhebliche die injizierte Filmkühlung beeinträchtigende sekundäre Strömungsmuster, die die Schaufelblattoberflächen nicht erfahren, was eine signifikante Migration der Filmkühlung quer zu dem Strömungskanal bewirkt, was die Injektion und effiziente Kühlung sehr schwierig macht.

[0025] Fig. 6 stellt runde InjektionsfilmLöcher dar, die mit ihrer Injektion entlang der ungefähren Richtung der lokalen Oberflächenströmungslinie für den Endwandbereich einer Turbinenleitschaufel 29 ausgerichtet sind. Obwohl in Fig. 6 runde InjektionsfilmLöcher dargestellt sind, sind die InjektionsfilmLöcher im Wesentlichen entweder rund oder diffusorartig geformt. Diese Löcher sind mit ihrer Injektionsrichtung entlang der ungefähren Richtung der lokalen Oberflächenströmungslinie

ausgerichtet, um Mischungsverluste zu minimieren. Dieses führt, wie vorstehend festgestellt, oft zu der Akkumulation der Filmkühlung in bestimmten Bereichen und dem entsprechenden Fehlen von Filmkühlung in anderen Bereichen.

[0026] Fig. 7 ist eine Draufsicht, die ein asymmetrisches Winkel-Filmloch 30 darstellt, das für die Verwendung in den Fig. 4 und 5 dargestellten Endwandbereichen gemäss einer Ausführungsform der Erfindung ist. Ein flacher Steg 32 nimmt seitlich in der Breite zwischen den zwei Flügeldurchgängen 34, 36 zu. Der Steg 32 ist eben und im Wesentlichen im Profil dreieckig und divergiert in der Stromabwärtsrichtung zwischen einer Einlassbohrung 38 und dem Übergang seines stromabwärts liegenden Endes zu der Aussenfläche 40. Der hintere Rand des Steges 32 verbindet sich bündig mit der Aussenfläche 40 entlang einem seitlich ebenen stromabwärts liegenden Ende des Winkelausschlusses. Die Grösse des Flügeldurchgangs 34 unterscheidet sich von der Grösse des Flügeldurchgangs 36 dergestalt, dass die Flügeldurchgänge 34, 36 jeweils in die umgebenden Abschnitte der Einlassbohrung 38 unterschiedlich in Bezug zueinander übergehen.

[0027] Eine gekrümmte Form des asymmetrischen Winkel-Filmkühlungsloches 30, die nicht dargestellt ist, mit zusammengesetzten Neigungswinkeln, in welchen der Winkelausschluss nach der Einlassbohrung 38 divergiert, hat ähnliche Vorteile, wie sie vorstehend für die in Fig. 2 dargestellten zusammengesetzten Neigungswinkel B, C für ein symmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch 10 beschrieben sind.

[0028] Das asymmetrische Winkel-Filmkühlungsloch 30 unterscheidet sich wesentlich von dem symmetrischen Filmkühlungsloch 10 dahin gehend, dass spezielle Ausführungsformen des asymmetrischen Filmkühlungsloches unterschiedliche Durchgangstiefen, unterschiedliche Durchgangsbreiten, unterschiedliche Durchgangsdiffusionswinkel, unterschiedliche Durchgangsformgebung usw. gemäss Darstellung in Fig. 8 enthalten können. Fig. 8 stellt zwei asymmetrische Winkelbereiche dar, in welchen jeder Winkelbereich ein Paar von Flügeldurchgängen mit unterschiedlichen Geometrien in Bezug zueinander aufweist.

[0029] Gemäss einer Ausführungsform besitzt der Flügeldurchgang 34 beispielsweise eine Tiefe, die sich von der Tiefe des Flügeldurchgangs 36 unterscheidet. Gemäss einer weiteren Ausführungsform hat der Flügeldurchgang 34 eine Breite, die sich von der Breite des Flügeldurchgangs 36 unterscheidet. Gemäss einer noch weiteren Ausführungsform hat der Flügeldurchgang 34 einen Diffusionswinkel B, der sich von einem Diffusionswinkel C des Flügeldurchgangs 36 unterscheidet. Gemäss noch einer weiteren Ausführungsform hat der Flügeldurchgang 34 eine Form, die sich von der Form des Flügeldurchgangs 36 unterscheidet.

[0030] Die vorgenannte Asymmetrie zwischen den Flügeldurchgängen 34, 36 wird zu einem ähnlichen Übergangsbereich wie bei der symmetrischen Winkelform, wobei spezielle Ausführungen eben, multiplanar oder asymmetrisch in der Form gekrümmt sind. Gemäss einer Ausführungsform verwendet ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch 30 nur eine einzige runde Durchgangslöcherzuführung, die das Kühlmittel zu dem Winkelbereich führt.

[0031] Zusammengefasst wird hierin ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch zum Verbessern der Filmkühlung für eine Vielzahl von Schaufelblattoberflächen, insbesondere in Bereichen und Anwendungen beschrieben, in welchen die Oberflächenfluid-Strömungslinienkrümmung erheblich ist. Die Verwendung dieser asymmetrischen Filmkühlungslöcher ermöglicht eine effizientere Injektion einer Filmkühlung auf eine Oberfläche bei Vorliegen eines starken lateralen Druckgradienten, der versucht, das Filmkühlungsmittel von dem gewünschten zu schützenden Bereich wegzubewegen, und hält das Filmkühlungsmittel in dem bzw. den gewünschten Bereich(en), ohne übermässige Mischungsverluste zu erzeugen. Höhere Mischungsverluste ergeben sich aus herkömmlichen Filmlöchern, die lediglich den Strom quer zu dem Hauptheissgas injizieren, um dem Druckgradienten entgegenzuwirken. Ein effizienterer Kühlungseinsatz führt zu Maschinen mit höheren Wirkungsgraden, wie z.B. industriellen Maschinen mit längerer Lebensdauer.

[0032] Asymmetrische Winkel-Filmkühlungslöcher bieten Vorteile über diejenigen hinaus, die mit Filmkühlungslöchern erzielbar sind, die unter Anwendung einer versuchsweisen Platzierung erreichbar sind, bis man einen Kompromiss aus angemessener Kühlung und Verlusten findet, oder diejenigen hinaus, die erreichbar sind, indem man einfach runden Filmlöchern eine Diffusorformung hinzufügt, und möglicherweise einen zusammengesetzten Winkel auf dem Diffusor, um dazu beizutragen, das Kühlmittel in die gewünschte Richtung zu lenken. Asymmetrische Winkel-Filmkühlungslöcher bieten ferner Vorteile über diejenigen hinaus, die lediglich durch Veränderung der Form der Endwand selbst zur Vermeidung sekundärer Strömungen und Druckgradienten beitragen, erzielbar sind, statt die Filmlöcher zu modifizieren.

[0033] Obwohl nur bestimmte Merkmale der Erfindung hierin dargestellt und beschrieben wurden, werden viele Modifikationen und Änderungen für den Fachmann auf diesem Gebiet ersichtlich sein. Es dürfte sich daher verstehen, dass die beigefügten Ansprüche alle derartigen Modifikationen und Änderungen, soweit sie in den tatsächlichen Erfindungsgedanken der Erfindung fallen, abdecken sollen.

[0034] Eine filmgekühlte Turbinenstruktur ist mit einem oder mehreren asymmetrischen Winkel-Filmkühlungslöchern zur Verbesserung der Filmkühlung für eine Vielfalt von Schaufelblattoberflächen oder Schaufelblattbereichen, insbesondere in Bereichen und Anwendungen, in welchen die Oberflächenfluid-Strömungslinienkrümmung erheblich ist, konfiguriert.

Bezugszeichenliste

[0035]

10 Symmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch

- 12 Steg des Winkel-Filmkühlungslochs
- 14 Durchgänge des Winkel-Filmkühlungslochs
- 16 Einlassbohrung des Winkel-Filmkühlungslochs
- 18 Aussenoberfläche des filmgekühlten Teils
- 20 Heissgasströmung
- 22 Endwandbereiche einer Turbinenleitschaufel
- 24 Turbinenleitschaufel
- 26 Filmkühlungslöcher
- 28 Turbinenlaufschaufel
- 29 Endwandbereich der Turbinenlaufschaufel
- 30 Asymmetrisches Winkel-Filmloch
- 32 Flacher Steg des asymmetrischen Winkel-Filmlochs
- 34 Flügeldurchgang des asymmetrischen Winkel-Filmlochs
- 36 Flügeldurchgang des asymmetrischen Winkel-Filmlochs
- 36 Flügeldurchgang des asymmetrischen Winkel-Filmlochs
- 38 Einlassbohrung des asymmetrischen Winkel-Filmlochs
- 40 Aussenfläche des filmgekühlten Teils
- 50 Paar asymmetrischer Filmkühlungslöcher

Patentansprüche

1. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40), die wenigstens ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch (30) dergestalt aufweist, dass eine Seite (34) jedes Winkels (30) gegenüber der anderen Seite (36) des Winkels (30) in Bezug auf die Führung eines Teils des injizierten Kühlmittels auf eine Oberfläche der filmgekühlten Turbinenstruktur (40) dominant ist.
2. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei die Grösse einer Seite (34) jedes Winkels (30) eine unterschiedliche Grösse in Bezug auf die gegenüberliegende Seite (36) des Winkels (30) ist.
3. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei die Ausrichtung einer Seite (34) jedes Winkels (30) unterschiedlich in Bezug auf die gegenüberliegende Seite (36) des Winkels (30) ausgerichtet ist.
4. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei die dominante Seite jedes Winkels (30) so ausgerichtet ist, dass sie einer Strömungslinienkrümmung entgegenwirkt, die durch heisse Gase vorgegeben ist, die über die Oberfläche der filmgekühlten Turbinenstruktur (40) strömen.
5. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei die Struktur (40) einen Endwandbereich der Turbinenleitschaufel oder Turbinenlaufschaufel aufweist.
6. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei die Struktur (40) ein Turbinenschaufelblatt aufweist.
7. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei wenigstens ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch (30) einen ersten Durchgangsbereich (34) und einen zweiten Durchgangsbereich (36) aufweist, wobei der erste Durchgangsbereich (34) und der zweite Durchgangsbereich (36) unterschiedliche Tiefen in Bezug zueinander aufweisen.
8. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei wenigstens ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch (30) einen ersten Durchgangsbereich (34) und einen zweiten Durchgangsbereich (36) aufweist, wobei der erste Durchgangsbereich (34) und der zweite Durchgangsbereich (36) unterschiedliche Breiten in Bezug zueinander aufweisen.
9. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei wenigstens ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch (30) einen ersten Durchgangsbereich (34) und einen zweiten Durchgangsbereich (36) aufweist, wobei der erste

Durchgangsbereich (34) und der zweite Durchgangsbereich (36) unterschiedliche Diffusionswinkel in Bezug zueinander aufweisen.

10. Filmgekühlte Turbinenstruktur (40) nach Anspruch 1, wobei wenigstens ein asymmetrisches Winkel-Filmkühlungsloch (30) einen ersten Durchgangsbereich (34) und einen zweiten Durchgangsbereich (36) aufweist, wobei der erste Durchgangsbereich (34) und der zweite Durchgangsbereich (36) unterschiedliche Geometrien in Bezug zueinander aufweisen.

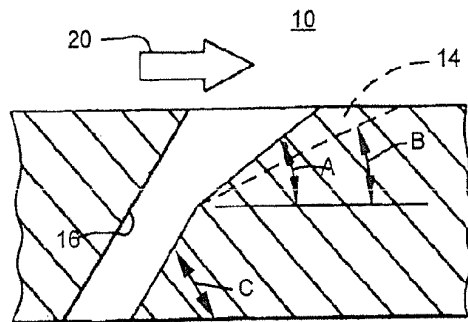


FIG. 2

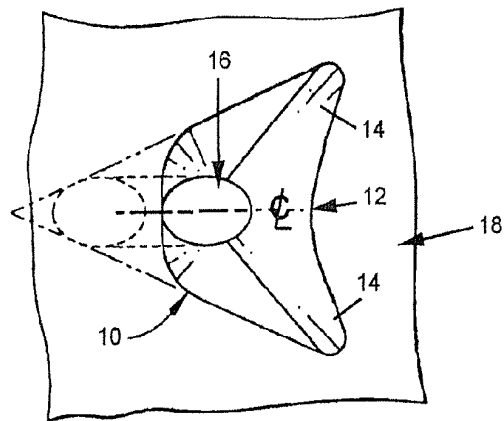


FIG. 1

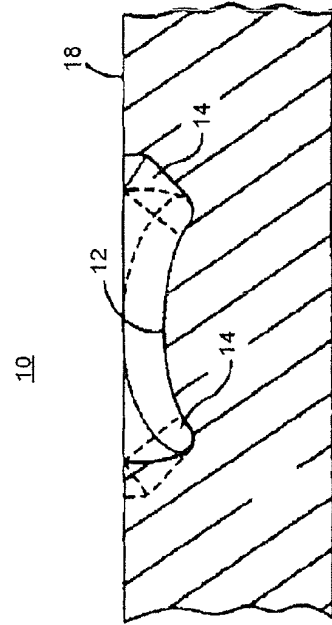


FIG. 3

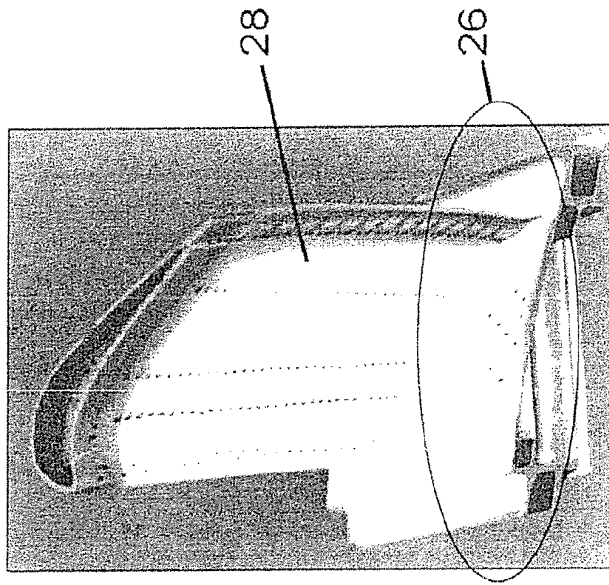


FIG. 5

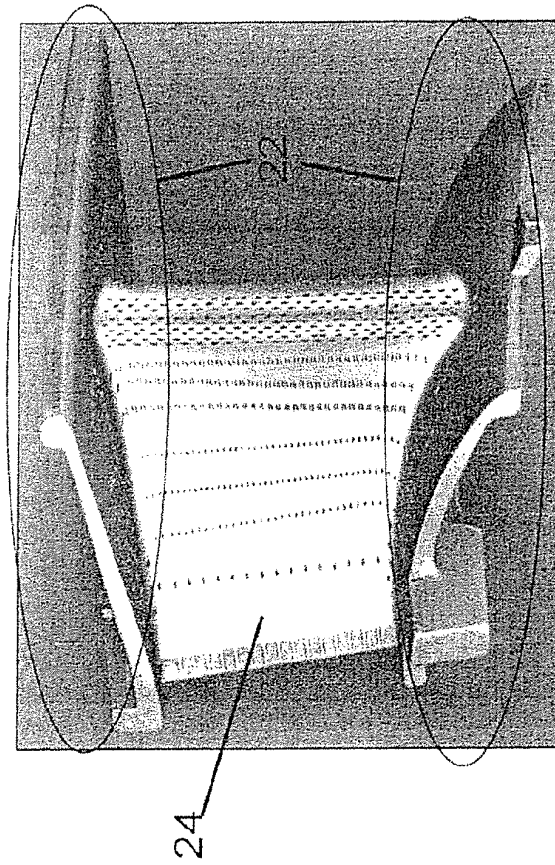


FIG. 4

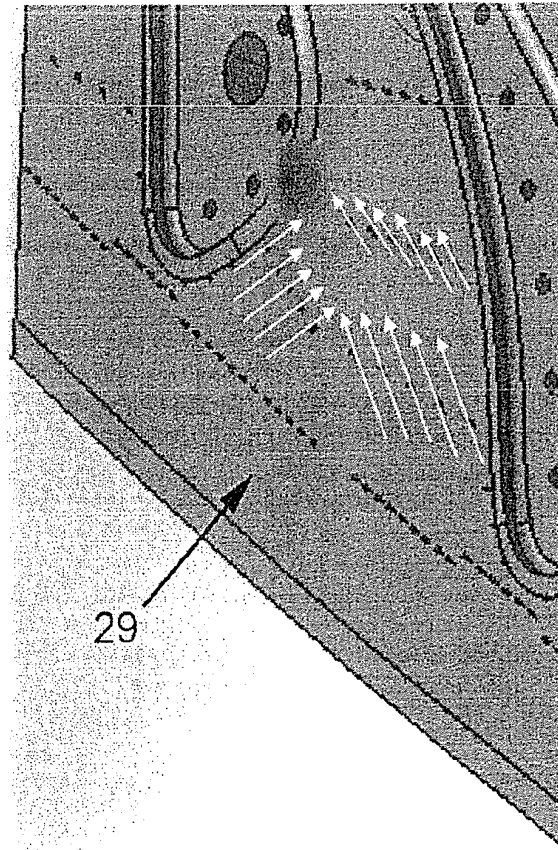


FIG. 6

