(19) **Bundesrepublik Deutschland**
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 699 26 574 T2** 2006.05.18

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 974 733 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 26 574.6**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 305 572.2**
(96) Europäischer Anmeldetag: **14.07.1999**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.01.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **10.08.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.05.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***F01D 5/18*** (2006.01)
***F01D 9/04*** (2006.01)
***F01D 9/06*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
**119914** **22.07.1998** **US**

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

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

(74) Vertreter:
**Luderschmidt, Schüler & Partner, 65189 Wiesbaden**

(72) Erfinder:
**Rieck jr, Harold Paul, Middletown, Ohio 45044, US;**
**Kress, Jeffrey Allen, Evendale, Ohio 45241, US**

(54) Bezeichnung: **Turbinenleitgitter mit einem Kühlluftleitsystem**

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 eingelegt, 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 bezieht sich im Allgemeinen auf Gasturbinentriebwerke und insbesondere auf Rotorhohlraumspülung.

**[0002]** Bei einem Gasturbinentriebwerk wird Luft in Stufen in einem Mehrstufenverdichter mit Druck beaufschlagt und mit Treibstoff in einer Brennkammer zum Erzeugen von heißen Verbrennungsgasen gemischt, die stromabwärts durch mehrere Turbinenstufen strömen. Eine Hochdruckturbine (HPT = high pressure turbine) umfasst eine Turbinendüse an dem Brennkammerausgang, die die Verbrennungsgase zwischen den HTP-Rotorschaufeln kanalisiert, die Energie daraus zum Antreiben des Verdichters extrahieren.

**[0003]** Die HTP kann eine zweite Stufe mit einer entsprechenden Turbinendüse aufweisen, die stromabwärts von den Schaufeln der ersten Stufe angeordnet sind, die ihrerseits von einer zweiten Reihe von Turbinenschaufeln der zweiten Stufe gefolgt werden, die zusätzliche Energie aus den Verbrennungsgasen extrahieren, um ebenfalls den Verdichter anzutreiben. Eine Niederdruckturbine folgt typischerweise der HTP und extrahiert weitere Energie zum Antreiben eines Lüfters stromabwärts von dem Verdichter, der Antriebsschub zum Antreiben eines Flugzeugs im Flug erzeugt.

**[0004]** Wenn die Verbrennungsgase stromabwärts durch die Turbinenstufen strömen, wird deren Druck verringert, wenn Energie daraus extrahiert wird. Demgemäß wird eine Zwischenstufendichtung radial innen von der Turbinendüse der zweiten Stufe bereitgestellt, um die Verbrennungsgase mit höherem Druck stromabwärts von der Düse darin zu hindern, die Düse zu den Turbinenschaufeln der zweiten Stufe zu umgehen. Die Dichtung wird teilweise durch einen Dichtungsring mit vorderen und hinteren Enden definiert, die Schaufelhalter definieren, die an den entsprechenden Rotorscheiben der Schaufeln der ersten und zweiten Stufe befestigt sind.

**[0005]** Ein axialer Zwischenabschnitt des Dichtungsrings umfasst sich radial erstreckende Dichtungszähne, die mit einem ringförmigen Dichtungspolster, typischerweise in der Form einer Honigwabe, das an einem Innenband der Düse der zweiten Stufe befestigt ist, zusammenarbeiten. Die Dichtungszähne und das Polster definieren eine Labyrinthdichtung, die eine wesentliche Strömungsbeschränkung gegen die Strömung von Luft oder Verbrennungsgasen dahindurch bereitstellt.

**[0006]** Der vordere Abschnitt des Dichtungsrings definiert mit dem Turbinenrotor der ersten Stufe und dem vorderen Abschnitt des Innenbands der Düse der zweiten Stufe einen stromaufwärtigen oder vorderen Hohlraum, und der hintere Abschnitt des Dichtungsrings definiert mit dem hinteren Abschnitt des Innenbands und dem Turbinenrotor der zweiten Stufe einen stromabwärtigen oder hinteren ringförmigen Hohlraum.

**[0007]** Der Dichtungsring dreht sich mit den Rotoren der ersten und zweiten Stufe und wird damit während des Betriebs einer Erwärmung unterzogen. Die vorderen und hinteren Rotorhohlräume werden typischerweise mit einer Kühlluftquelle während des Betriebs zum Verringern deren Temperatur zum Aufrechterhalten einer wirksamen Nutzlebensdauer der angrenzenden Rotorkomponenten gespült. Die Hohlraumspülluft wird typischerweise durch Verwenden von Verdichterzapfluft bereitgestellt, die zuerst die Flügel der Düse der zweiten Stufe kühlt und dann in die vorderen und hinteren Hohlräume für deren Spülung abgeführt wird.

**[0008]** Die Flügel der zweiten Stufe umfassen typischerweise entsprechende perforierte Aufprallplatteneinsätze darin, die die Kühlluft von dem Verdichter zum Aufprallen gegen die innere Oberfläche des Flügels zur Flügelkühlung aufnehmen. Die verbrauchte Aufprallluft wird dann durch das Innenband der Düse durch jeweilige vordere und hintere Spülluftlöcher abgeführt, die in Strömungskommunikation mit den jeweiligen vorderen und hinteren Rotorhohlräumen angeordnet sind.

**[0009]** Die Nachaufprallspülluft weist eine begrenzte Kühlfähigkeit für die Rotorhohlräume auf, da ihre Temperatur aufgrund der Aufprallkühlung der Flügel erheblich angestiegen ist, und weist einen verringerten Druck auf, der verfügbar ist, um sie durch die Spüllöcher zu treiben. Da der vordere Hohlraum auf einem höheren Druck als der hintere Hohlraum ist, ist weniger Differenzdruck mit der gelieferten Spülluft in dem Ersteren verglichen mit dem Letzteren verfügbar.

**[0010]** Demgemäß sind die vorderen Spüllöcher typischerweise nicht durch das Innenband angesichts des Fehlens von verfügbarem Differenzdruck tangential geneigt, was zu einem erhöhten Temperaturanstieg davon aufgrund des Luftwiderstands davon in dem vorderen Hohlraum führt, wenn sich der Rotor der ersten Stufe bezogen auf das stationäre Innenband dreht. Eine größere treibende Druckdifferenz ist jedoch in dem hinteren Hohlraum verfügbar, und daher können die hinteren Spüllöcher tangential geneigt sein, um die Spülluft tangential zu dem sich drehenden Rotor der zweiten Stufe zum Verringern von Luftwiderstandsverlusten und zum Verringen des Anstiegs in der Temperatur der Spülluft zu lenken.

**[0011]** Da die Flügelkühlluft durch Abzapfen eines Teils der Verdichterluft an einer Zwischenstufe stromaufwärts von dem Verdichterausgang erhalten wird,

ist ihr Versorgungsdruck begrenzt und ihr Differenzdruck mit dem Vertiefungsdruck in den Rotorhohlräumen verringert sich, wenn die Triebwerkgeschwindigkeit und die Temperaturen ansteigen. Die Spülluft zu den Rotorhohlräumen wird daher verringert, wenn sie am meisten benötigt wird.

**[0012]** Demgemäß begrenzen die strukturellen und funktionellen Betriebseigenschaften der Rotorhohlräume deren verfügbare Kühlung, was dementsprechend das Leistungspotential des Triebwerks über eine geeignete Nutzlebensdauer begrenzt.

**[0013]** Eine im regelmäßigen Einsatz angeordnete Modifikation, um der begrenzten Rotorhohlraumkühlung zu begegnen, umfasst ein einzelnes Ablassloch, das zu dem Boden der Aufprallplatten in jedem Flügel nahe deren Hinterkante hinzugefügt ist. Das Ablassloch liefert Voraufprallluft von der Aufprallplatte direkt in einen gemeinsamen Hohlraum, der sowohl die vorderen als auch hinteren Spüllöcher speist. Diese Modifikation zeigte in mehr als einem Einsatzjahr eine begrenzte Verbesserung bei der Rotorhohlraumkühlung auf Kosten der Flügelaufprallkühlung.

**[0014]** Eine Turbinendüse in Kombination mit ersten und zweiten Turbinenrotoren in Übereinstimmung mit dem Oberbegriff von Anspruch 1 hiervon wird in der EP-A-0 381 955 beschrieben. Ähnliche Düsen werden in der EP-A-0 919 698, der US-A-5 749 701, der US-A-5 609 466, der US-A-4 289 231 und der US-A-5 358 374 beschrieben.

**[0015]** Demgemäß wird gewünscht, eine Turbinendüse mit verbesserter Spülluftkühlung der vorderen und hinteren Rotorhohlräume bereitzustellen.

**[0016]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Turbinendüse bereitgestellt, wie in Anspruch 1 hierin definiert ist.

**[0017]** Die Erfindung wird in Übereinstimmung mit bevorzugten und beispielhaften Ausführungsformen zusammen mit weiteren Aufgaben und Vorteilen derselben besonders in der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

**[0018]** Fig. 1 eine axiale Schnittansicht eines Teils eines Flugzeug-Turbofan-Gasturbinentriebwerks, das eine Turbinendüse in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist;

**[0019]** Fig. 2 einen vergrößerten Aufriss, teilweise in Schnittansicht, eines innenliegenden Teils der in Fig. 1 dargestellten Turbinendüse, der eine Aufprallplatte und einen Spülluftkreislauf in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0020]** Fig. 3 eine radiale Schnittansicht durch den in Fig. 2 dargestellten Düsenflügel, die entlang der Linie 3-3 genommen ist;

**[0021]** Fig. 4 einen Aufriss in Schnittansicht durch das in Fig. 2 dargestellte Turbinendüsensegment, der entlang der Linie 4-4 genommen ist;

**[0022]** Fig. 5 eine nach außen liegende Ansicht des in Fig. 5 dargestellt Innenbandes, die entlang der Linie 5-5 genommen ist; und

**[0023]** Fig. 6 einen Aufriss, teilweise in Schnittansicht, des Innenabschnitts der in Fig. 1 dargestellten Turbinendüse in Übereinstimmung mit einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0024]** In Fig. 1 ist ein Teil eines Flugzeug-Turbofan-Gasturbinentriebwerks **10** dargestellt, das achsensymmetrisch um eine longitudinale oder axiale Mittellinienachse **12** ist. Das Triebwerk umfasst einen Mehrstufenaxialverdichter (nicht gezeigt), der verdichtete Luft an eine ringförmige Brennkammer **14** liefert, wobei ein Auslassabschnitt davon in der Figur dargestellt ist, bei dem sie mit Treibstoff gemischt und zum Erzeugen von heißen Verbrennungsgasen **16** gezündet wird. Die Verbrennungsgase strömen stromabwärts durch eine Hochdruckturbine (HPT = high pressure turbine) mit zwei Stufen, die den Verdichter antreibt.

**[0025]** Die HPT umfasst eine Turbinendüse der ersten Stufe **18** direkt stromabwärts von der Brennkammer **14**, die die Verbrennungsgase zwischen den Turbinenschaufeln der ersten Stufe **20** kanalisiert, die sich radial nach außen von einem tragenden ersten Rotor **22** in der Form einer Platte erstrecken. Nach dem ersten Rotor **22** ist eine Turbinendüse der zweiten Stufe **24**, die ihrerseits die Verbrennungsgase **16** zwischen den Turbinenschaufeln der zweiten Stufe **26** kanalisiert, die sich radial nach außen von einem tragenden zweiten Rotor **28** ebenfalls in der Form einer Platte erstrecken.

**[0026]** Die Düse der zweiten Stufe **24** ist an dem ringförmigen äußeren Gehäuse **30** durch einen radialen äußeren Mantel oder Band **32** geeignet angebracht. Radial nach innen von dem Außenband beabstandet ist ein radialer innerer Mantel oder Band **34** angeordnet. Eine Mehrzahl von hohlen Düsenstatorflügeln **36** erstrecken sich radial zwischen den Außen- und Innenbändern und sind daran beispielsweise in einem gemeinsamen Gussteil fest verbunden. Bei einer typischen Konfiguration sind zwei umfangsmäßig beabstandete Flügel **36** an entsprechenden bogenförmigen Segmenten der Außen- und Innenbänder in jedem von mehreren bogenförmigen Düsensegmenten angebracht, die in einem vollständigen Düsenring koaxial um die Triebwerkmittellinie zusammen verbunden werden.

**[0027]** Das Außenband **32** umfasst einen Lufteinlass **38** über jedem Flügel **36**, durch den verdichtete Luft **40** empfangen wird, die an einer dazwischenliegenden Stufe des Verdichter vor dem Verdichterauslass abgezapft wird. Die Zapfluft **40** wird als Kühlluft in den Flügeln **36** verwendet.

**[0028]** Genauer gesagt umfasst jeder der Flügel **36** eine Aufprallplatte **42** mit einer Mehrzahl von Aufpralllöchern **44** darin in einem seitlich getrennt beabstandeten Muster zum Aufprallen der Luft in jedem Flügel **36** gegen deren inneren Oberfläche zur Aufprallkühlung. Jeder Flügel **36** umfasst eine Vorderkante **46**, eine axial gegenüberliegende Hinterkante **48** und eine umfangsmäßig gegenüberliegende konvexe Saugseite **50** und konkave Druckseite **52**, die sich axial dazwischen und radial zwischen den Außen- und Innenbändern **32**, **34** erstrecken. Jeder Flügel **36** umfasst ebenfalls eine Reihe von Hinterkantenlöchern **54**, durch die ein Teil der Nachaufprallluft abgeführt wird.

**[0029]** Da die Düse der zweiten Stufe **24** axial zwischen den Turbinenschaufeln der ersten und zweiten Stufe **20**, **26** angeordnet ist, wird ein Differenzdruck in den Verbrennungsgasen **16** während des Betriebs verursacht. Demgemäss erstreckt sich das Innenband **34** nach vorne zu entsprechenden inneren Plattformen der Schaufeln der ersten Stufe **20** und nach hinten zu entsprechenden Plattformen der Schaufeln der zweiten Stufe **26** hin, um einen im Wesentlichen kontinuierlichen inneren Strömungspfad für die Verbrennungsgase bereitzustellen.

**[0030]** Außerdem ist ein Zwischenstufendichtungsring **56** fest mit sowohl den ersten als auch zweiten Rotoren **22**, **28** verbunden und arbeitet mit einem ergänzenden Zwischenstufendichtungspolster **58** zusammen, das fest mit dem Innenband **34** verbunden ist. Das Dichtungspolster **58** ist in der Form eines ringförmigen Honigwabenelements, das mit entsprechenden Dichtungszähnen **60** an der Mitte des Rings **56** zusammenarbeitet. Die Dichtungszähne **60** definieren mit dem Dichtungspolster **58** eine Labyrinthdichtung, die zur Aufrechterhaltung des Differenzdrucks über der Düse der zweiten Stufe **24** wirksam ist.

**[0031]** Der Dichtungsring **56** umfasst einen ringförmigen Abschnitt vor den Zähnen **60**, um einen ringförmigen vorderen Hohlraum **62** zwischen dem ersten Rotor **22** und dem Innenband **34** zu definieren, und ebenfalls einen Abschnitt hinter den Zähnen **60**, der einen ringförmigen hinteren Hohlraum **63** zwischen dem hinteren Abschnitt des Innenbands **34** und dem zweiten Rotor **28** definiert. Bei der in Fig. 1 dargestellten beispielhaften Ausführungsform sind die vorderen und hinteren Abschnitte des Dichtungsrings **56** in der Form von Schaufelhaltern, die entsprechend die einzelnen Schaufeln der ersten und zweiten Stufen **20**, **26** an ihren Schwalbenschwänzen in den entsprechenden axialen Schwalbenschwanzschlitzen in dem Umfang der jeweiligen Rotoren axial halten.

**[0032]** Das Triebwerk **10**, wie oben beschrieben, ist in der Struktur und im Betrieb herkömmlich. In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung wird jedoch die Kühlluft **40** durch das Innenband **34** auf eine neue Art und Weise kanalisiert, um die Spülkühlung von sowohl den vorderen als auch den hinteren Rotorhohlräumen **62**, **63** zu verbessern.

**[0033]** Genauer gesagt wird der innenliegende Abschnitt der Düse der zweiten Stufe **24** spezieller in Fig. 2 dargestellt. Ein unabhängiger und fest zugeordneter Luftkreislauf **64** ist in dem Innenband angeordnet und umfasst eine Mehrzahl von umfangsmäßig beabstandeten ersten und zweiten Auslasslöchern **66**. Jeder Flügel **36** umfasst ein jeweiliges Transferrohr **68**, das in Strömungskommunikation zwischen jeweiligen der Aufprallplatten **42** und dem gemeinsamen Luftkreislauf **64** angeordnet ist, um dahin direkt ein Teil der Kühlluft **40** von dem Innern der Aufprallplatten als Voraufprallluft zum Abführen durch die Auslasslöcher **66** zu kanalisieren. Der Luftkreislauf **64** und die zusammenarbeitenden Transferrohre **68** sind ausführlicher in Fig. 3 bis Fig. 5 dargestellt.

**[0034]** Die Kühlluft **40** weist ihren größten Druck und ihre niedrigste Temperatur in dem Innern der einzelnen Aufprallplatten **42** auf, wobei deren Druck abnimmt und deren Temperatur ansteigt, nachdem sie durch die Aufpralllöcher **44** beim Aufprallen gegen die inneren Oberflächen der Flügel kanalisiert wird. Die Voraufprallkühlluft ist daher wirksamer zum Bereitstellen von Rotorhohlraumkühlung als die Nachaufprallluft, die typischerweise beim Stand der Technik gefunden wird.

**[0035]** Die ersten Auslasslöcher **66** sind in dem Innenband **34** benachbart den Vorderkanten **46** der Flügel angeordnet und definieren daher vordere Auslasslöcher zum Abführen der Voraufprallkühlluft in den vorderen Rotorhohlraum **62**. Die Voraufprallkühlluft mit hohem Druck und niedriger Temperatur in dem vorderen Hohlraum **62** kühlt deren benachbarten Rotorkomponenten wirksamen und verbessert sekundär die Kühlung des hinteren Hohlraums **63**, wenn sie dahin an den Dichtungszähnen **60** vorbei leckt.

**[0036]** Angesichts des höheren Drucks, der bei der Voraufprallkühlluft verfügbar ist, die durch die vorderen Löcher **66** in den vorderen Hohlraum **62** abgeführt wird, sind die vorderen Auslasslöcher gewinkelt oder in der Umfangsrichtung der Rotation des Rotors der ersten Stufe **22** tangential geneigt, wie am besten in Fig. 5 gezeigt ist. Ein ausreichender treibender

Druck ist nun verfügbar, um derartige geneigte Löcher zu verwenden, um die dem Abführen der Kühlluft von der stationären Düse **24** zu dem sich drehenden Rotor **22** zugeordneten Luftwiderstandsverluste zu minimieren. Verringerte Luftwiderstandsverluste verringern den Anstieg der Temperatur der Spülluft, was weiter die Spülung und Kühlung von Rotorhohlräumen verbessert.

**[0037]** Wie in Fig. 4 und Fig. 5 gezeigt ist, ist der Luftkreislauf **64** in der Form eines Kreuzkanals, der sich umfangsmäßig in dem Boden des Innenbandes zwischen benachbarten Transferrohren **68** erstreckt. Das Innenband **34** ist typischerweise eine Gusskomponente mit verstärkten Rippen für die Festigkeit und dazwischenliegenden Taschen für geringes Gewicht. Die Kreuzkanalschaltung **64** kann zweckmäßigerweise mit den verfügbaren Taschen und zusätzlicher Bildung von Ausnehmungen in den dazwischenliegenden Rippen bereitgestellt werden, um einen Strömungspfad zwischen den Transferrohren **68** und den vorderen Auslasslöchern **66** bereitzustellen.

**[0038]** Wie in Fig. 5 gezeigt ist, werden die Auslasslöcher **66** zweckmäßigerweise durch eine sich umfangsmäßig erstreckende vordere Rippe des Innenbands bereitgestellt und kommunizieren mit jeweiligen der Taschen darin. Bei dieser Konfiguration können die vorderen Löcher **66** zweckmäßigerweise umfangsmäßig oder tangential in dem beispielhaften Bereich von etwa 25° bis 40° in einer Rotationsrichtung des Rotors der ersten Stufe zum Verringern von Luftwiderstandsverlusten gewinkelt sein, wie oben erläutert ist. Und die mehreren vorderen Auslasslöcher **66** können mit der Voraufprallkühlluft von dem gemeinsamen Kreuzkanal **64** geliefert werden, der durch Luft von mehreren Transferröhren **68** in jedem Düsensegment gespeist wird.

**[0039]** Da ein Teil der Voraufprallkühlluft **40** im Innern jeder der Aufprallplatten **62** daraus durch den Luftkreislauf **64** zur Verwendung bei der Spülung des vorderen Hohlraums **62** entfernt wird, ist sie nicht für die Aufprallkühlung der inneren Oberflächen der Flügel verfügbar.

**[0040]** Demgemäß werden entsprechende Änderungen bei der Flügelkühlung vorgesehen. Beispielsweise, und wie in Fig. 3 gezeigt ist, sind die Aufpralllöcher **44** vorzugsweise enger zusammen entlang der Flügeldruckseite **52** als entlang der Flügelsaugseite **50** beabstandet. Und jeder der Flügel umfasst ferner eine Reihe von Filmkühllöchern **70** lediglich entlang der Saugseite **50** benachbart der Vorderkante **46**. Die Nachaufprallkühlluft wird daher von der äußeren Oberfläche der Flügel lediglich durch die Hinterkantenlöcher **54** und die Filmkühllöcher **70** abgeführt.

**[0041]** Die erhöhte Beabstandung der Aufprallöcher an der Saugseite ermöglicht eine Verringerung in deren Gesamtzahl, die den gleichen Durchmesser zum Aufrechterhalten einer Höchstleistung der Aufprallkühlung mit dem Verlust des Teils der Kühlluft aufweisen, der durch die vorderen Spüllöcher **66** kanalisiert wird. Die Filmkühllöcher an der Saugseite **70** bewirken einen Film oder eine Grenzschicht aus Kühlluft entlang der Flügelsaugseite, der/die deren verringerte Aufprallkühlung zur ausreichenden Kühlung der Flügel selber ergänzt.

**[0042]** Wie in Fig. 2 gezeigt ist, weist das Innenband **34** ebenfalls eine Mehrzahl von zweiten oder hinteren Auslasslöchern **72** auf, die in Strömungskommunikation mit jeweiligen der Flügel angeordnet sind, um davon einen Teil der Kühlluft von dem Innern der Flügel zur Verwendung bei der Spülung des hinteren Rotorhohlraums **63** aufzunehmen.

**[0043]** Wie in Fig. 1 gezeigt ist, ist der Rotor der ersten Stufe **22** benachbart der Flügelvorderkanten **46** angeordnet, wobei der Rotor der zweiten Stufe **26** benachbart den Flügelhinterkanten **48** anordnet ist. Der Zwischenstufendichtungsring **56** und das Polster **58** sind axial dazwischen angeordnet. Und die hinteren Spüllöcher **72** sind in Strömungskommunikation mit dem hinteren Hohlraum **63** angeordnet, um eine hintere Nachaufprallspülluft dahin bereitzustellen, wohingegen die vorderen Spüllöcher **66** in Strömungskommunikation mit dem vorderen Hohlraum **62** angeordnet sind, um Voraufprallspülluft dahin mit einem größeren Druck als die Nachaufprallspülluft bereitzustellen.

**[0044]** Bei der in Fig. 2 dargestellten beispielhaften Ausführungsform ist die an die hinteren Spüllöcher **72** gelieferte Luft lediglich Nachaufprallluft, die von der Aufprallplatte in dem Flügel abgeführt wird. Da der hintere Rotorhohlraum **63** auf einen niedrigeren Druck als der vordere Hohlraum **62** ist, weist die Nachaufprallkühlluft mit niedrigem Druck, die durch die hinteren Spüllöcher **72** geliefert wird, einen ausreichend treibenden Druck auf, der ermöglicht, dass die hinteren Löcher **72** ebenfalls zum Verringern von Luftwiderstandsverlusten geneigt sind. Die an die hinteren Spüllöcher **72** gelieferte Luft ist daher von dem Luftkreislauf **64** unabhängig, der den vorderen Spüllöchern **66** fest zugeordnet ist, und optimiert die Spülluftkühlung der unterschiedlichen vorderen und hinteren Rotorhohlräume.

**[0045]** Bei der in Fig. 2 bis Fig. 5 dargestellten beispielhaften Ausführungsform ist das Transferrohr **68** in jedem Flügel fest an dem Innenband **34** befestigt und erstreckt sich durch eine Öffnung **74** in dem Boden der Aufprallplatte **42**. Die Montageöffnung **74** ist vorzugsweise geringfügig größer als der Außendurchmesser des Transferrohrs **68**, sodass ein Teil der Voraufprallluft **40** durch den Spalt dazwischen lecken und zusätzlich die hinteren Spüllöcher **72** spei-

sen kann.

**[0046]** Wie anfänglich in Fig. 2 gezeigt ist, ist das Transferrohr **68** vorzugsweise fest an einer Kappe oder einen Hals aus Blech **76** befestigt, wobei der Hals dichtend an dem Innenband beispielsweise durch Hartlöten befestigt ist, um den Luftkreislauf **64** von dem Nachaufprallströmungspfad in dem Flügel zu isolieren.

**[0047]** Wie in Fig. 5 gezeigt ist, umfasst der Röhrenhals **76** ein abgeschnittenes Flügelprofil, das mit einem Teil des Profils im Innern der einzelnen Flügel übereinstimmt, und kann an den umgebenden Rippen des Innenbandes hartgelötet sein. Der Luftkreislauf **64** kann teilweise durch eine Blechabdeckung **78** definiert sein, wie in Fig. 4 und Fig. 5 gezeigt ist, die beispielsweise auf den entsprechenden Rippen des Innenbandes **34** hartgelötet sein kann.

**[0048]** Fig. 6 veranschaulicht eine alternative Ausführungsform der Erfindung, die ansonsten mit der Ausführungsform der Fig. 2 mit Ausnahme der Befestigung der Transferrohre **68** und der Konfiguration des damit zusammenarbeitenden Luftkreislaufes **64** identisch ist. Bei dieser Ausführungsform ist jedes Transferrohr **68** fest an dem Boden der Aufprallplatte **42** selbst befestigt und erstreckt sich durch eine Öffnung in einer Blechtrennwand **80**, die mit dem Innenband **34** verbunden ist. Die Trennwand **80** definiert ähnlich wie der Hals **76** in der Ausführungsform der Fig. 2 mit der Abdeckung **78** den Luftkreislauf **64** dazwischen zum Liefern von Voraufprallkühlluft durch die vorderen Spüllöcher **66**.

**[0049]** Falls erwünscht, können die hinteren Spüllöcher **72** ebenfalls in Strömungskommunikation mit dem gleichen Luftkreislauf **64** zwischen der Trennwand **80** und der Abdeckung **78** angeordnet sein, um die Voraufprallkühlluft zur Spülung des hinteren Rotorhohlraums **63** aufzunehmen. Da die Voraufprallkühlluft bei einem größeren Druck als die Nachaufprallkühlluft in dem Flügel ist, wird ein Teil der Ersteren durch den Sicherheitsspalt um das Transferrohr **68** zurück in den Flügel zum Abführen durch die Hinterkantenlöcher **54** lecken.

**[0050]** Bei beiden oben offenbarten Ausführungsformen wird die Voraufprallkühlluft zu dem vorderen Rotorhohlraum **62** mit einem höheren Druck und einer niedrigerer Temperatur als die gespeist, die von der Nachaufprallkühlluft im Inneren der Flügel verfügbar sind. Eine verbesserte Kühlung und Leistung in dem vorderen Rotorhohlraum wird erhalten, was dementsprechend die Kühlung des hinteren Rotorhohlraums **63** ebenfalls verbessert.

## Patentansprüche

1. Turbinendüse (**24**) in Kombination mit einem ersten Turbinenrotor (**22**) und einem zweiten Turbinenrotor (**28**), umfassend:
ein Außenband (**32**);
ein Innenband (**34**);
eine Mehrzahl von Düsenflügeln (**36**), die vordere und hintere Kanten (**46**, **48**) aufweisen und sich zwischen den Außen- und Innenbändern (**32**, **34**) erstrecken und jeweils einen Einlass (**38**) zum Aufnehmen von Kühlluft aufweisen; wobei der erste Turbinenrotor (**22**) benachbart den vorderen Kanten (**46**) der Flügel und der zweite Turbinenrotor (**28**) benachbart den hinteren Kanten (**48**) der Flügel angeordnet ist;
eine Mehrzahl von Aufprallplatten (**42**), die in jeweiligen der Flügel (**36**) angeordnet sind und jeweils eine Mehrzahl von Aufpralllöchern (**44**) für das Aufprallen der Luft in dem Inneren der Flügel (**36**) umfassen;
einen Luftkreislauf (**64**), der einen sich in dem Innenband erstreckenden Querkanal umfasst und eine Mehrzahl von Auslasslöchern (**66**) aufweist; und
eine Mehrzahl von Transferröhren (**68**), die in Strömungskommunikation zwischen jeweiligen der Platten (**42**) und benachbart dem Luftkreislauf (**64**) angeordnet sind, um dahin einen Teil der Kühlluft von dem Inneren der Platten (**42**) als Voraufprallluft zum Abführen durch die Auslasslöcher (**66**) zu kanalisieren, wobei die Auslasslöcher (**66**) in dem Innenband (**34**) benachbart den vorderen Kanten (**46**) angeordnet sind, um vordere Auslasslöcher zu definieren; **dadurch gekennzeichnet**, dass
die nach vorne gerichteten Auslasslöcher (**66**) in Strömungskommunikation mit dem Querkanal angeordnet sind, und die nach vorne gerichteten Auslasslöcher (**66**) tangential in der Richtung der Rotation des ersten Turbinenrotors geneigt sind.

2. Kombination gemäß Anspruch 1, bei der
die Flügel (**36**) ferner gegenüberliegende Saug- und Druckseiten (**50**, **52**) aufweisen;
wobei die Aufpralllöcher (**44**) der Platten enger zusammen entlang der Druckseite (**52**) als an der Saugseite (**50**) beabstandet sind; und
die Flügel (**36**) Filmkühllöcher (**70**) lediglich entlang der Saugseite (**50**) benachbart der führenden Kante (**46**) aufweisen.

3. Kombination gemäß Anspruch 1, bei der das Innenband (**34**) ferner eine Mehrzahl nach hinten gerichteter Auslasslöcher (**72**) aufweist, die in Strömungskommunikation mit jeweiligen Flügeln angeordnet sind, um davon einen Teil der Kühlluft von dem Inneren der Flügel aufzunehmen.

4. Kombination gemäß Anspruch 3, bei der jede der Transferröhren (**68**) fest an dem Innenband (**34**) befestigt ist und sich durch eine Öffnung (**74**) in der Platte erstreckt.

5. Kombination gemäß Anspruch 4, bei der jede der Transferröhren (**68**) fest an einem Hals (**76**) befestigt ist, und der Hals abdichtend an dem Innen-

band befestigt ist, um den Luftkreislauf von dem Flügel zu trennen.

6. Kombination gemäß Anspruch 3, bei der jede der Transferröhren (**68**) fest an der Platte (**42**) befestigt ist und sich durch eine Öffnung in dem Innenband (**80**) erstreckt.

7. Kombination gemäß Anspruch 3 und mit:
einem Zwischenstufendichtungspolster (**58**), das fest mit dem Innenband (**34**) verbunden ist;
einem Zwischenstufendichtungsring (**56**), der sowohl mit dem ersten als auch mit dem zweiten Rotor fest verbunden ist und mit dem Dichtungspolster (**58**) zusammenarbeitet, um einen ringförmigen nach vorne gerichteten Hohlraum (**62**) zwischen dem ersten Rotor (**22**) und dem Innenband und einen ringförmigen nach hinten gerichteten Hohlraum (**63**) zwischen dem Innenband und dem zweiten Rotor (**28**) zu definieren; und
wobei die nach hinten gerichteten Auslasslöcher (**72**) in Strömungskommunikation mit dem nach hinten gerichteten Hohlraum angeordnet sind, um Spülluft dahin zu liefern, und die nach vorne gerichteten Auslasslöcher (**66**) in Strömungskommunikation mit dem nach vorne gerichteten Hohlraum (**62**) angeordnet sind, um Spülluft dahin mit einem größeren Druck als von den nach hinten gerichteten Auslasslöchern zu liefern.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

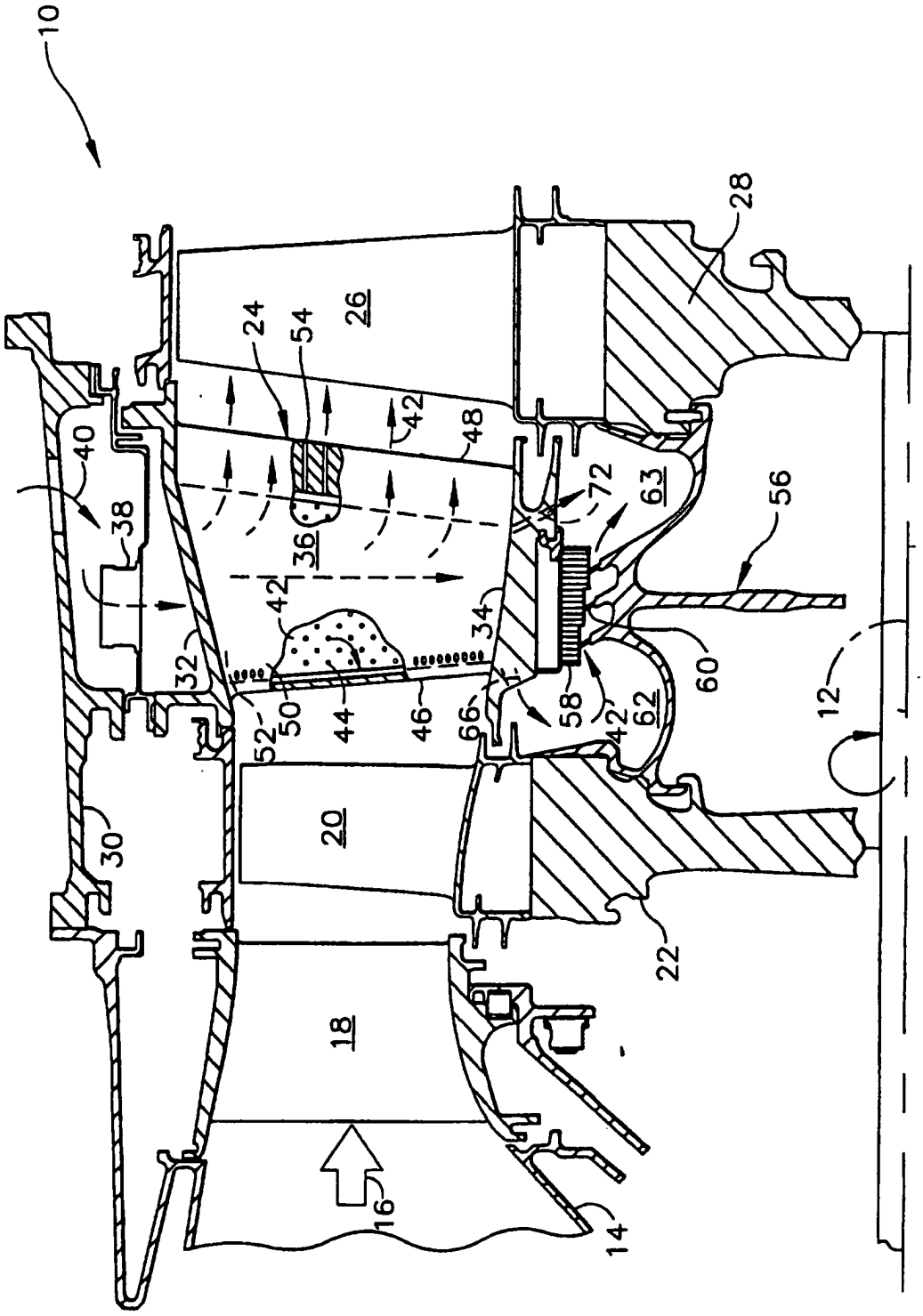



FIG. 1

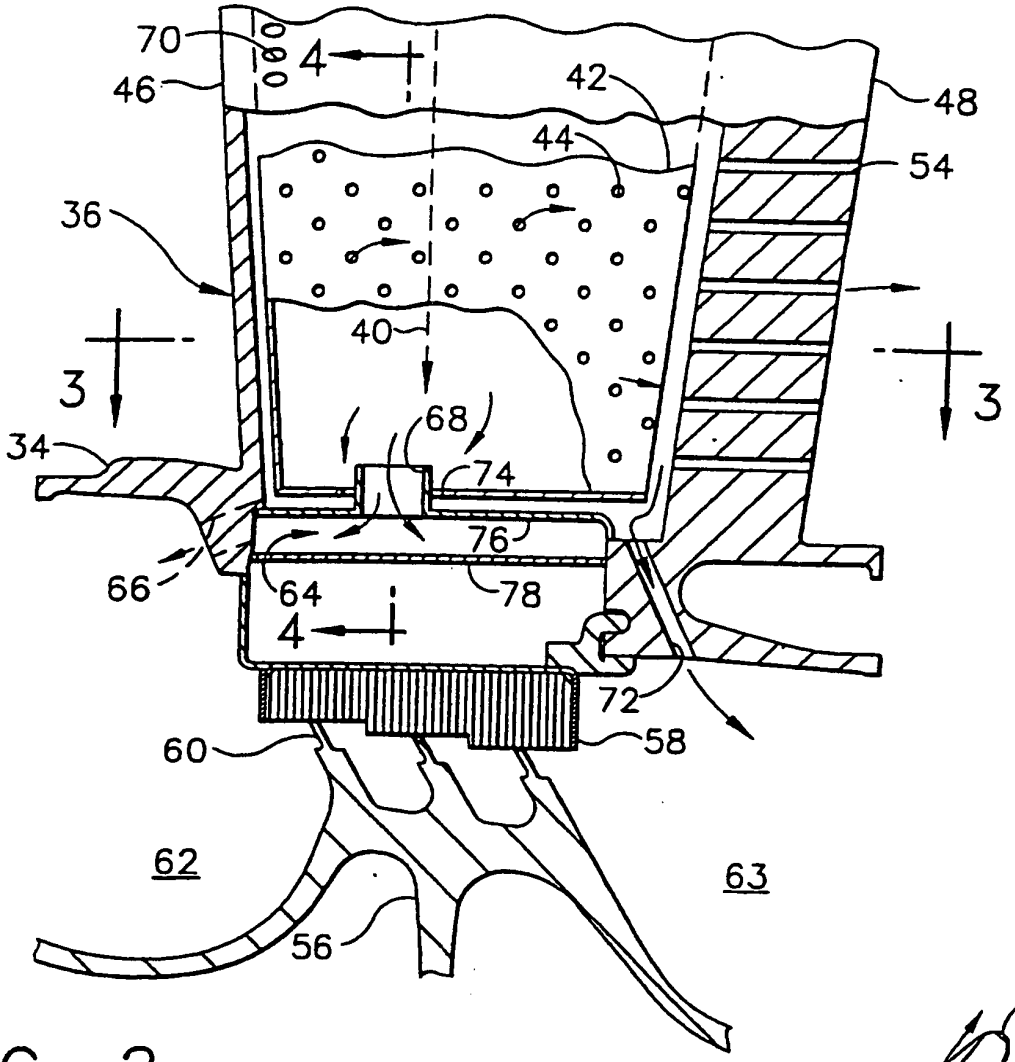

70
46
4
42
48
44
54
36
40
3
3
68
34
74
76
66
64
78
4
72
60
58
62
63
56

FIG. 2

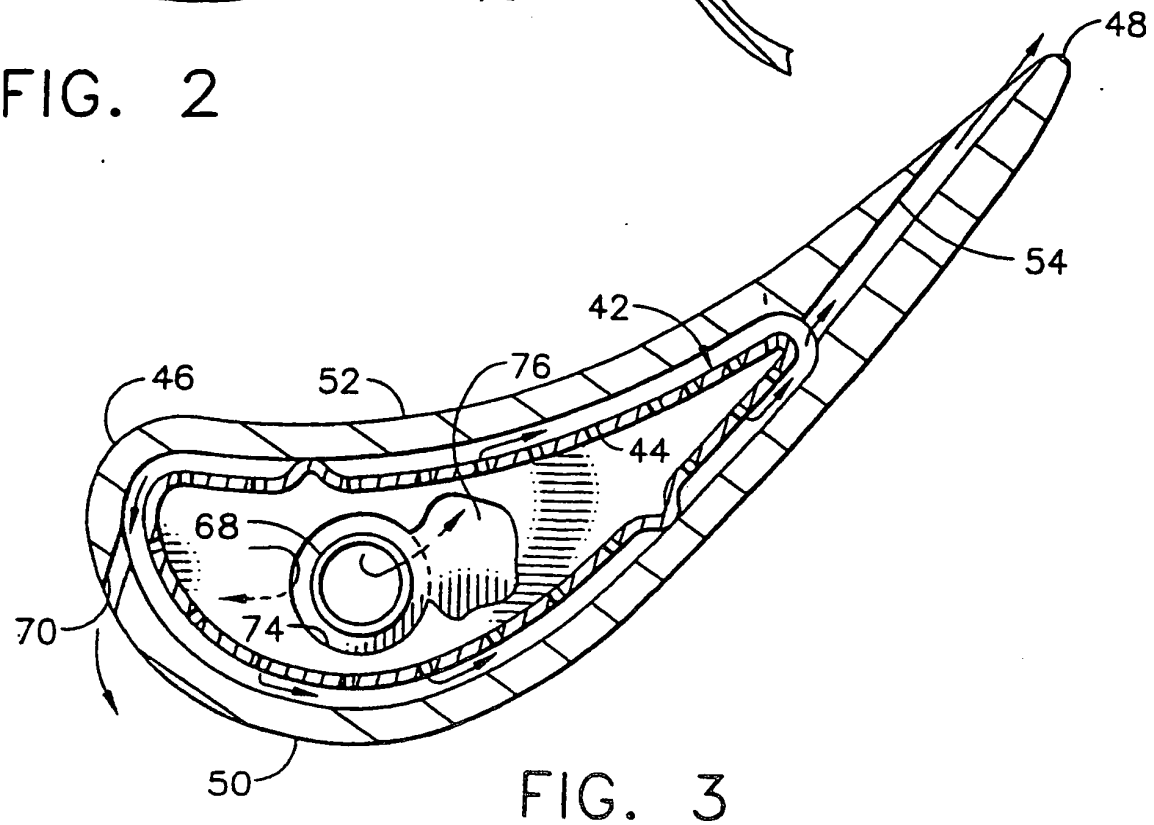

48
54
42
46
52
76
44
68
70
74
50

FIG. 3

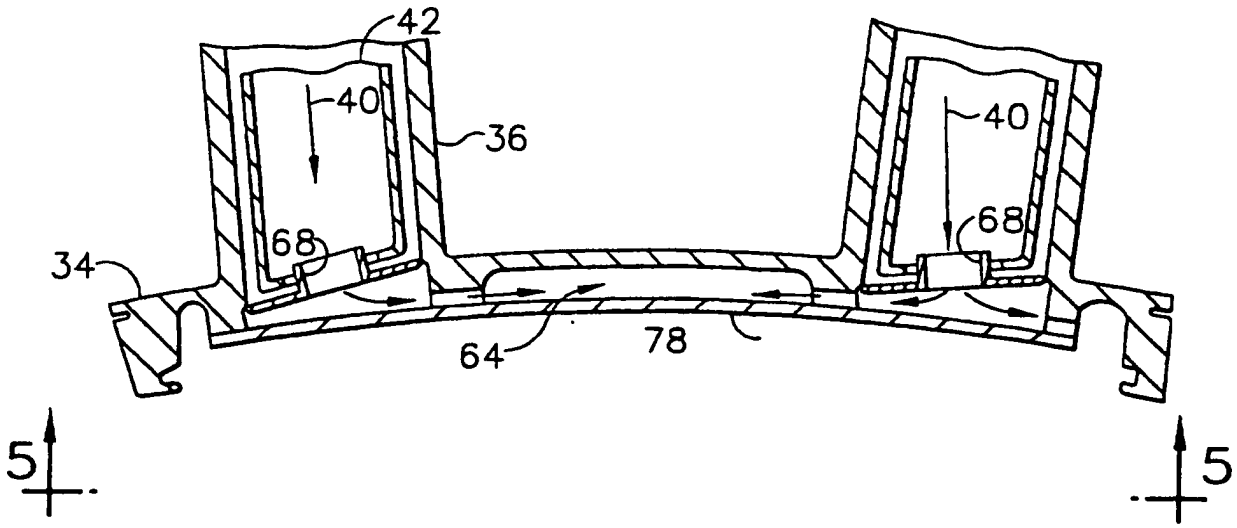



FIG. 4

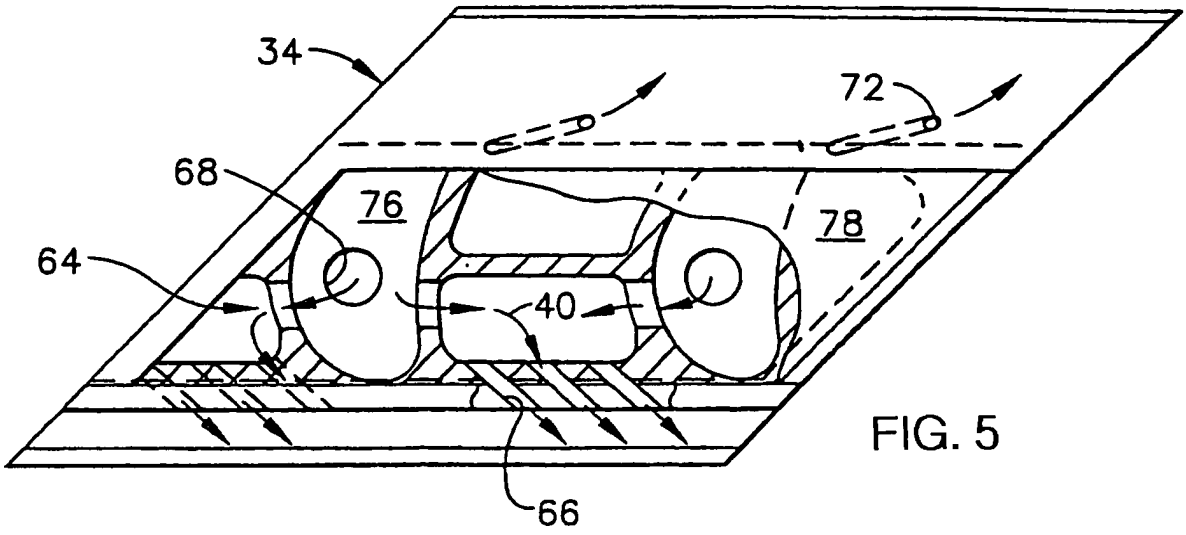



FIG. 5

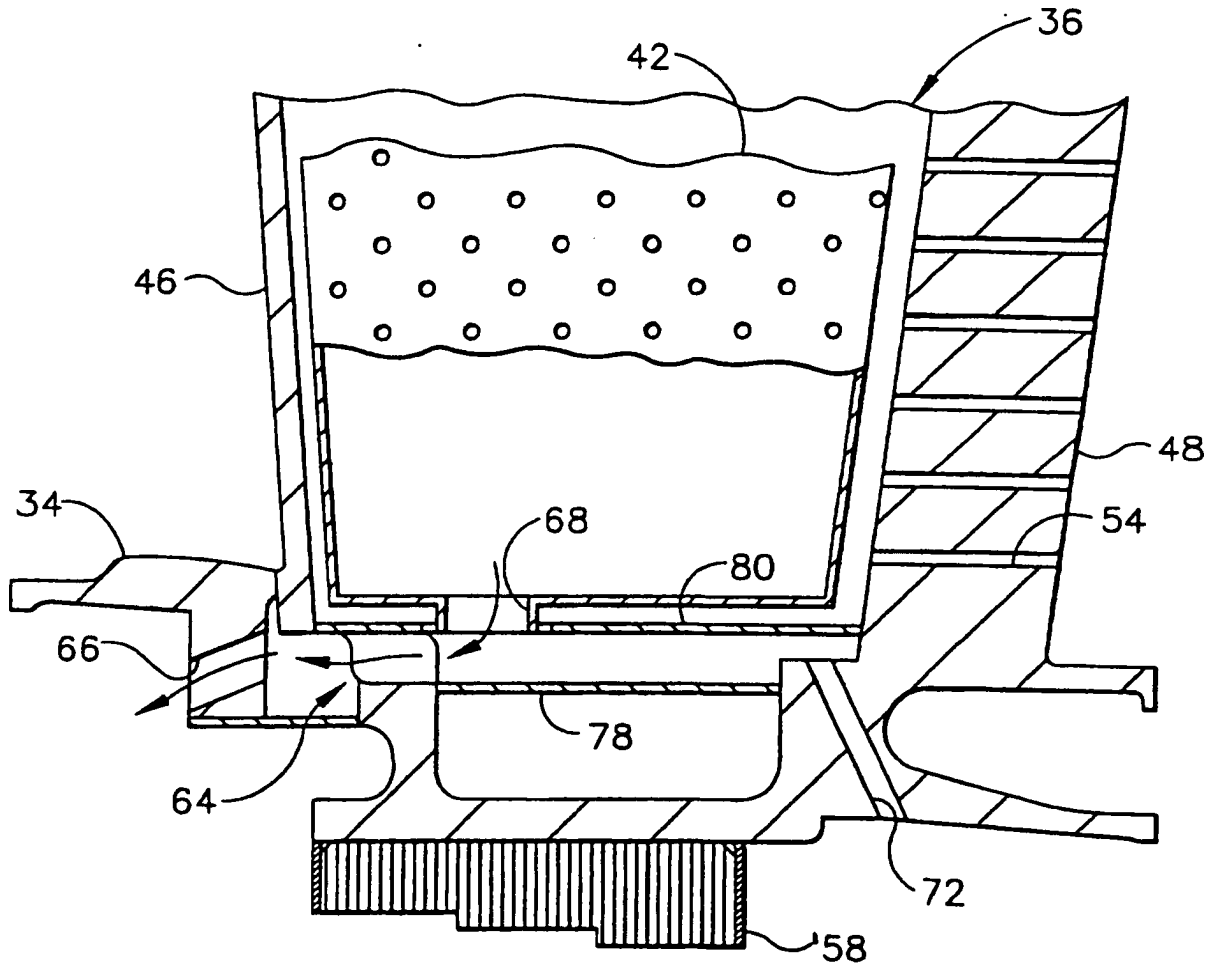



FIG. 6