



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 24 385 T2 2006.08.03**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 088 963 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 24 385.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 308 540.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.09.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.04.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01D 5/08 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**410239                      30.09.1999                      US**

(73) Patentinhaber:

**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

(74) Vertreter:

**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**Jendrix, Richard William, Cincinnati, Ohio 45215,  
US**

(54) Bezeichnung: **Methode und Einrichtung zum Spülen von Hohlräumen in Turbinenrädern**

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]** Diese Erfindung betrifft im Allgemeinen Gasturbinenriebwerke und insbesondere das Spülen von vorderen oder hinteren Radhohlräumen in den Turbinenbereichen dieser Triebwerke.

**[0002]** Ein zum Antrieb eines im Flug befindlichen Luftfahrzeugs verwendetes Mantelstromtriebwerk mit großem Nebenstromverhältnis weist in der Regel einen Bläser, einen Niederdruckverdichter oder Booster, einen Hochdruckverdichter, eine Brennkammer, eine Hochdruckturbinen und eine Niederdruckturbinen auf, die axial durchströmt werden. Ein Teil der in das Triebwerk eindringenden Luft durchströmt den Bläser, den Booster und den Hochdruckverdichter und wird dabei nacheinander von jeder Komponente mit Druck beaufschlagt. Die aus dem Hochdruckverdichter strömende verdichtete Luft, die üblicherweise als Primär- oder Kerngasstrom bezeichnet wird, gelangt dann in die Brennkammer, in der sie mit Kraftstoff vermischt und verbrannt wird, um einen hochenergetischen Gasstrom zu erzeugen. Vor dem Einströmen in die Brennkammer wird jedoch ein Teil des Primär- oder Kernstroms abgeleitet, um verschiedenen Hochtemperaturkomponenten, z. B. den in der Hochdruckturbinen enthaltenen Komponenten, als Kühlluftquelle zu dienen. Nach dem Verlassen der Brennkammer expandiert der hochenergetische Gasstrom in der Hochdruckturbinen, in der ihm Energie zum Betrieb des Hochdruckverdichters entzogen wird, der antriebsmäßig mit der Hochdruckturbinen verbunden ist. Der Primärgasstrom gelangt dann in die Niederdruckturbinen, in der er weiter expandiert, wobei ihm Energie zum Betrieb des Bläasers und des Boosters entzogen wird, die antriebsmäßig mit der Niederdruckturbinen verbunden sind. Der übrige in das Triebwerk gelangende Luftstrom (nicht der Primärstrom) durchströmt den Bläser und verlässt das Triebwerk durch ein System, das ringförmige Röhrenleitungen und eine Strahlendüse umfasst, wodurch ein Großteil des Triebwerksschubs erzeugt wird.

**[0003]** Die Hochdruckturbinen besteht in der Regel aus einer oder zwei Stufen, während die Niederdruckturbinen für gewöhnlich eine größere Anzahl von Stufen aufweist. Jede Stufe weist im Allgemeinen einen Rotor und einen Stator auf. Der Rotor umfasst ein Laufrad, das sich um die Mittelachse des Triebwerks dreht und eine Vielzahl von Schaufeln trägt, die radial in den Primärgasstrom hineinragen. Der Stator weist eine Reihe aus ortsfesten Leitschaufeln auf, die den Primärgasstrom derart leiten, dass die Rotorschaukeln Arbeit verrichten können. In einer mehrstufigen Turbinen sind die Schaufeln einer Stufe unmittelbar stromabwärts von den Leitschaufeln dieser Stufe angeordnet, und die Leitschaufeln der nächsten Stufe sind unmittelbar stromabwärts von den Schaufeln der vorigen Stufe angeordnet. Gegenlauftriebwerke (d. h. Triebwerke, in denen die Hoch-

druckturbinen und die Niederdruckturbinen in entgegengesetzte Richtungen drehen) weisen zwischen dem Hochdruckrotor der letzten Stufe und dem Niederdruckrotor der ersten Stufe in der Regel keine Leitschaufelstufe auf.

**[0004]** Für gewöhnlich werden rotierende Labyrinthdichtungen in Hochdruck- und Niederdruckturbinen eingesetzt, um die oben erwähnte Kühlluft vom Primärgasstrom abzusperren. Eine rotierende Labyrinthdichtung besteht aus einer Anzahl von dünnen, zahnartigen Vorsprüngen, die radial von einem rotierenden Triebwerksteil abstehen, wobei deren freie Enden so angeordnet sind, dass sie sich in Dichtungseingriff mit einem ortsfesten Triebwerksteil oder einem Triebwerksteil befinden, das sich in entgegengesetzter Richtung dreht. Da jedoch die für gewöhnlich als Radhohlräume bezeichneten Bereiche vor und hinter den Laufrädern mit dem Primärgasstrom in Strömungsverbindung stehen, muss ein Kühlluftstrom in die Hohlräume strömen, um die Hohlräume zu spülen und das Eindringen von Heißgas zu verhindern. Wird ein angemessener Spülstrom nicht aufrechterhalten, kann dies eine deutlich verringerte Lebensdauer der angrenzenden Komponenten zur Folge haben.

**[0005]** Zur Versorgung der Radhohlräume mit Spülluft sind konventionelle Triebwerke auf die Leckageströmung durch die Labyrinthdichtungen und die Nutzung von Luftbohrungen in benachbarten Triebwerksteilen angewiesen. Die mit den Luftbohrungen verbundenen Spannungskonzentrationen schaffen jedoch das Potenzial für Rissbildungen an rotierenden Triebwerksteilen und für deren vorzeitigen Ausfall. Auch die zum Ausbilden der Luftbohrungen erforderliche Bearbeitung erhöht schrittweise die zur Fertigung der Teile anfallenden Kosten.

**[0006]** Das Dokument EP-A-0 856 641 beschreibt einen Turbinenrotor, der ein Laufrad mit einer Schwalbenschwanznut aufweist, in die eine Schaufel eingesetzt ist. Es wird ein Kühlsystem beschrieben, das zum Kühlen der Plattform für die an der Peripherie des Turbinenrotors befestigten Turbinenschaufeln dient.

**[0007]** Es besteht demgemäß ein Bedarf an Mitteln für das zweckmäßige Spülen der Radhohlräume eines Turbinenabschnitts ohne die Nutzung von Luftbohrungen.

**[0008]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Turbinenrotor mit einem diesen durchströmenden Primärgasstrom und einem an diesen angrenzenden Radhohlraum (52) bereitgestellt, der mit dem Primärgasstrom in Strömungsverbindung steht, wobei der Turbinenrotor (40) Folgendes umfasst: ein um eine Mittelachse drehbares Laufrad mit einer Vielzahl von umlaufend im Wechsel angeordneten

Schwalbenschwanznuten und Scheibenstegen (64) an seiner Peripherie;  
 eine Vielzahl von Schaufeln, wobei jede dieser Schaufeln einen in einer entsprechenden der Schwalbenschwanznuten steckenden Tannenbaumfuß und einen Schaffbereich oberhalb des Tannenbaumfußes aufweist;  
 eine Vielzahl von in axialer Richtung angeordneten Plenumkammern, die von den Schwalbenschwanznuten und den Tannenbaumfüßen definiert werden, wobei die in axialer Richtung angeordneten Plenumkammern während des Betriebs der Turbine Kühlluft aufnehmen und in Strömungsverbindung mit den internen Kühlkanälen stehen; und  
 einen am Laufrad befestigten Haltering dessen Außenkante Kontakt zu den Schaufeln und den Scheibenstegen hat, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltering ferner Folgendes umfasst:  
 Spülschlitze zum Leiten von Luft von der Vielzahl der in axialer Richtung angeordneten Plenumkammern in den Radhohlraum.

**[0009]** Zum Spülen eines Radhohlraums in einem Gasturbinentriebwerk wird außerdem ein Verfahren bereitgestellt, das die in Anspruch 7 dargelegten Verfahrensschritte beinhaltet.

**[0010]** Die vorliegende Erfindung und ihre Vorteile gegenüber dem Stand der Technik werden beim Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung und der beigefügten Ansprüche sowie unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen verständlich.

**[0011]** [Fig. 1](#) ist ein Teilquerschnitt in axialer Richtung durch ein Gasturbinentriebwerk, welches das System der vorliegenden Erfindung zum Spülen von Radhohlräumen enthält.

**[0012]** [Fig. 2](#) ist eine detaillierte Querschnittansicht der Niederdruckturbine des Gasturbinentriebwerks aus [Fig. 1](#).

**[0013]** [Fig. 3](#) ist eine vom vorderen zum hinteren Ende gerichtete Teilansicht der Niederdruckturbine.

**[0014]** [Fig. 4](#) ist eine vom vorderen zum hinteren Ende gerichtete Teilansicht einer Niederdruckturbine, die eine alternative Ausführungsform eines Radhohlraum-Spülsystems darstellt.

**[0015]** [Fig. 5](#) ist eine detaillierte Querschnittansicht einer Niederdruckturbine, die eine andere alternative Ausführungsform eines Radhohlraum-Spülsystems darstellt.

**[0016]** Von den Zeichnungen, in denen identische Referenznummern in den verschiedenen Ansichten dieselben Elemente bezeichnen, stellt [Fig. 1](#) einen Bereich eines Gasturbinentriebwerks 10 mit einer Brennkammer 12, einer Hochdruckturbine 14 und ei-

ner gegenläufigen Niederdruckturbine 16 dar, die entlang einer longitudinalen Mittelachse 17 axial in Strömungsrichtung zueinander angeordnet sind. Die Hochdruckturbine 14 ist antriebsmäßig mit einem konventionellen Hochdruckverdichter (nicht dargestellt) verbunden, und die Niederdruckturbine 16 ist antriebsmäßig mit einem konventionellen Booster und Bläser (nicht dargestellt) verbunden. Obwohl ein Gegenlauftriebwerk als Beispiel dient, um die Darlegung des erfinderischen Konzepts der vorliegenden Erfindung zu erleichtern, sollte nachvollziehbar sein, dass sich die vorliegende Erfindung auf ein beliebiges Gasturbinentriebwerk anwenden lässt, das zu spülende Radhohlräume enthält.

**[0017]** Die Hochdruckturbine 14 ist eine einstufige Turbine, die einen Stator 18 mit einer Vielzahl von Leitschaufeln 20 (in [Fig. 1](#) ist nur eine dargestellt) und einen hinter dem Stator 18 angeordneten Rotor 22 aufweist. Der Rotor 22 weist ein sich um die Mittelachse 17 drehendes Laufrad 24, eine Vielzahl von Turbinenschaufeln 26 (in [Fig. 1](#) ist nur eine dargestellt), die vom Laufrad 24 radial nach außen abstehen, einen vorderen Haltering 28 und einen hinteren Haltering 30 auf. Der vordere Haltering 28 ist ein im Wesentlichen ringförmiges Glied, das auf bekannte Weise derart am Laufrad 24 befestigt ist, dass die Schaufeln 26 daran gehindert werden, sich axial in Vorwärtsrichtung zu bewegen. Gleichermäßen ist der hintere Haltering 30 ein ringförmiges Glied, das die Schaufeln 26 daran hindert, sich axial in Rückwärtsrichtung zu bewegen. Eine rotierende Labyrinthdichtung 32 ist zwischen dem vorderen Haltering 28 und der ortsfesten Tragestruktur 34 des Hochdruckstators 18 angeordnet, um zu verhindern, dass Kühlluft, die aus einer Quelle wie dem Hochdruckverdichter des Triebwerks entwichen ist, unerwünscht in einen Radhohlraum 36 strömt, der sich zwischen dem Rotor 22 und dem Stator 18 befindet und in Strömungsverbindung mit dem Primärgasstrom steht. Der vordere Haltering 28 und das Laufrad 24 bilden eine Plenumkammer 38, in die Kühlluft geleitet wird. Diese Kühlluft dient sowohl einem nachfolgend beschriebenen Zweck als auch zum Kühlen der Schaufeln 26 auf konventionelle Weise.

**[0018]** Die Niederdruckturbine 16 ist eine mehrstufige Turbine mit einer ersten Stufe, die einen Rotor 40 umfasst, der unmittelbar hinter dem Hochdruckrotor 22 angeordnet ist und sich im Vergleich zu diesem in die entgegengesetzte Richtung dreht. Der Niederdruckrotor 40 weist ein sich um die Mittelachse 17 drehendes Laufrad 42, eine Vielzahl von Turbinenschaufeln 44 (in [Fig. 1](#) ist nur eine dargestellt), die vom Laufrad 42 radial nach außen abstehen, einen vorderen Haltering 46 und einen hinteren Haltering 48 auf. Der vordere Haltering 46 ist ein ringförmiges Glied, das auf bekannte Weise derart am Laufrad 42 befestigt ist, dass die Schaufeln 44 daran gehindert werden, sich axial in Vorwärtsrichtung zu bewegen.

Gleichermaßen ist der hintere Haltering **48** ein ringförmiges Glied, das die Schaufeln **44** daran hindert, sich axial in Rückwärtsrichtung zu bewegen. Eine rotierende Labyrinthdichtung **50** ist zwischen dem vorderen Haltering **46** und dem entgegengesetzt drehenden Hochdruckrotor **22** angeordnet, um das unerwünschte Einströmen von Kühlluft in einen Radhohlraum **52** zu verhindern, der sich zwischen dem Hochdruckrotor **22** und dem Niederdruckrotor **40** der ersten Stufe befindet und in Strömungsverbindung mit dem Primärgasstrom steht. Der vordere Haltering **46** und das Laufrad **42** bilden eine Plenumkammer **54**, in die Kühlluft geleitet wird. Diese Kühlluft dient sowohl einem nachfolgend beschriebenen Zweck als auch zum Kühlen der Schaufeln **44** auf konventionelle Weise. Die Niederdruckturbine **16** enthält ferner nachfolgende Stufen, die jeweils einen Stator **56** mit einer Vielzahl von Leitschaufeln **58** (in [Fig. 1](#) ist nur eine dargestellt) und einen Rotor **60** aufweisen, der hinter dem Stator **56** angeordnet und antriebsmäßig mit dem Niederdruckrotor **40** der ersten Stufe verbunden ist.

[0019] In den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) wird die der vorliegenden Erfindung entsprechende Anordnung zum Spülen von Radhohlräumen unter Bezugnahme auf den Niederdruckrotor **40** der ersten Stufe detailliert dargestellt. Es sollte jedoch nachvollziehbar sein, dass sich die vorliegende Erfindung gleichermaßen auf andere Teile des Triebwerks **10** anwenden lässt, wie z. B. auf den Hochdruckrotor **22**. Wie oben beschrieben, weist der Niederdruckrotor **40** ein Laufrad **42** mit einer Vielzahl von Turbinenschaufeln **44** auf, die von diesem radial nach außen abstehen. Das Laufrad **42** weist eine Vielzahl von umlaufend im Wechsel angeordneten Schwalbenschwanznuten **62** und Scheibenstege **64** auf, wobei jede Nut **62** von angrenzenden Scheibenstegen **64** gebildet wird, die an seiner Peripherie **66** angeordnet sind. Jede Schwalbenschwanznut **62** nimmt einen entsprechenden Tannenbaumfuß **68** von einer der Schaufeln **44** auf. Die Schwalbenschwanznuten **62** und die Tannenbaumfüße **68** werden mit der so genannten Tannenbaumform dargestellt, obwohl andere, dem Stand der Technik entsprechende Formen des Zusammenschlusses zwischen Schaufel und Laufrad verwendet werden können. Die Schaufeln **44** sind axial in die axial verlaufenden Schwalbenschwanznuten **62** eingebracht. Auf Grund der komplementären Zusammenschlusskonfigurationen der Schwalbenschwanznuten **62** und der Tannenbaumfüße **68** werden die Schaufeln **44** radial im Laufrad **42** gehalten. Zusätzlich zu dem Tannenbaumfuß **68** weist jede Schaufel **44** oberhalb des Tannenbaumfußes **68** einen Schaftbereich **70**, eine am äußeren Ende des Schaftbereichs befestigte plattenartige Plattform **72** und einen Schaufelblattbereich **74** auf, der sich radial von der Plattform **72** nach außen und in den Primärgasstrom erstreckt. Die Schaufelplattformen **72** von angrenzenden Schaufeln **44** stoßen so aneinander, dass sie

eine radiale innere Begrenzung des Primärgasstroms bilden.

[0020] Am vorderen Haltering **46** ist ein radial absteher, ringförmiger Flansch **76** ausgebildet, um in eine radial abstehernde Schulter **78** einzugreifen, die auf der nach vorn zeigenden Fläche des Laufrads **42** ausgebildet ist. Der Eingriff des Flansches **76** in die Schulter **78** sichert den vorderen Haltering **46** am Laufrad **42**. Die Außenkante **80** des vorderen Halterings **46** stößt an die nach vorn zeigende Fläche jedes Tannenbaumfußes **68** und Scheibenstegs **64**, sodass die Schaufeln **44** daran gehindert werden, sich axial in Vorwärtsrichtung zu bewegen. Das Laufrad **42** ist mit einem hinter der Schulter **78** befindlichen zurückgestutzten Bereich **82** ausgeführt, der die Böden der Schwalbenschwanznuten **62** schneidet und dadurch die Strömungsverbindung zwischen der Plenumkammer **54** und jeder der Vielzahl von axial verlaufenden Plenumkammern **84** herstellt, die von den Böden der Schwalbenschwanznuten **62** des Laufrads und der radialen Innenfläche **86** der Tannenbaumfüße **68** der Schaufel gebildet werden.

[0021] Jede Schaufel **44** weist einen im Wesentlichen radial verlaufenden Spülungsschlitz **88** auf, der in ihrer nach vorn zeigenden Fläche ausgebildet ist, wobei die Spülungsschlitze **88** dem vorderen Haltering **46** gegenüberliegen. Genauer gesagt ist jeder Spülungsschlitz **88** in der nach vorn zeigenden Fläche des Tannenbaumfußes **68** und des Schaftbereichs **70** der entsprechenden Schaufel **44** ausgebildet. Ein erstes Ende jedes Spülungsschlitzes **88** befindet sich an der radialen Innenfläche **86** des Tannenbaumfußes **68** (oder zumindest an einem Punkt, der zur Außenkante **80** des vorderen Halterings **46** radial nach innen liegt) und steht in Strömungsverbindung mit einer entsprechenden der Plenumkammern **84**. Das zweite Ende jedes Spülungsschlitzes **88** befindet sich an einem Punkt auf der nach vorn zeigenden Fläche des Schaftbereichs **70**, der radial außerhalb der Außenkante **80** liegt und steht in Strömungsverbindung mit dem Radhohlraum **52**, der sich zwischen dem Hochdruckrotor **22** und dem Niederdruckrotor **40** der ersten Stufe befindet. Demgemäß kreuzen die Spülungsschlitze **88** radial die Außenkante **80** des vorderen Halterings **46** und stellen die Strömungsverbindung zwischen den Plenumkammern **84** und dem Radhohlraum **52** her.

[0022] Während des Betriebs des Triebwerks **10** wird aus einer Quelle, zu welcher nicht ausschließlich der Hochdruckverdichter des Triebwerks **10** gehören kann, Kühlluft auf konventionelle Weise zur Plenumkammer **54** geleitet. Aus der Plenumkammer **54** strömt Kühlluft radial nach außen in die axial verlaufenden Plenumkammern **84**. Dem Stand der Technik entspricht, dass ein Teil der in jede Plenumkammer **84** einströmenden Kühlluft zum Kühlen der Schaufel **44** in interne Kühlkanäle (nicht dargestellt) der entsprechenden Schaufel **44** geleitet wird. Ein anderer

Teil der Kühlluft strömt durch den entsprechenden Spülschlitz **88** in den Radhohlraum **52**. Da die Kühlluft an diesem Punkt mit einem höheren Druck beaufschlagt ist als der Primärgasstrom, strömt sie aus dem Radhohlraum **52** in den Primärgasstrom. Infolgedessen verbindet sich der die Spülschlitz **88** durchströmende Luftstrom mit der Leckageströmung entlang der Labyrinthdichtung **50**, um den Radhohlraum **52** zu spülen und das Einströmen von Heißgas zu verhindern.

**[0023]** Die durch alle Spülschlitz **88** hindurchtretende Gesamtströmungsmenge sollte ausreichen, um den Radhohlraum **52** adäquat zu spülen, aber nicht größer als nötig sein, da sich ein exzessiver Spülstrom nachteilig auf die Gesamttriebwerksleistung auswirken würde. Folglich sind die Spülschlitz **88** so dimensioniert, dass eine zweckmäßig Spülstromrate sichergestellt ist. In der Regel weisen die Spülschlitz **88** eine Tiefe von ungefähr 1,27–2,54 mm (50–100 mils) auf. Die Spülschlitz sind vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, als Teil des Schaufelgussteils ausgebildet, um zusätzliche Bearbeitungsoperationen zu vermeiden.

**[0024]** Es gilt zu beachten, dass nicht jede Schaufel **44** notwendigerweise mit einem Spülschlitz **88** versehen sein muss. Beispielsweise kann jede andere Schaufel **44** mit einem Schlitz versehen werden, solange die Spülschlitz **88** so dimensioniert sind, dass sie einen ausreichenden Spülstrom in den Radhohlraum ermöglichen. Wird jedoch jede Schaufel **44** mit einem Spülschlitz **88** versehen, ist nur eine Schaufelkonfiguration (d. h. eine mit Schlitzen versehene) zur Fertigstellung des Rotors **40** erforderlich.

**[0025]** Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, werden die Spülschlitz **88** vorzugsweise in einem Winkel zu einem von der Mittelachse **17** gezeichneten Radius angeordnet. Werden die Spülschlitz **88** in einem Winkel umlaufend in Drehrichtung des Rotors **40** angeordnet, wird die aus den Spülschlitz **88** austretende Kühlluft verwirbelt, was die durch Gasreibung bewirkte Wärmeaufnahme im Radhohlraum **52** reduziert, und zum Hochdruckrotor **22** zurückgedrängt.

**[0026]** In [Fig. 4](#) ist eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. In diesem Fall sind keine Schlitze in den Schaufeln **44** ausgebildet, sondern jeder Scheibensteg **64** weist einen im Wesentlichen radial verlaufenden Spülschlitz **188** auf, der in seiner nach vorn zeigenden Fläche ausgebildet ist und dem vorderen Haltering **46** gegenüberliegt. Ein erstes Ende jedes Spülschlitzes **188** befindet sich an einem Punkt, der zur Außenkante **80** des vorderen Halterings **46** radial nach innen liegt und an die benachbarte Schwalbenschwanznut **62** grenzt, sodass es in Strömungsverbindung mit einer entsprechenden der Plenumkammern **84** steht. Das zweite Ende jedes Spülschlitzes **188** ist zur Außen-

kante **80** radial nach außen (vorzugsweise an der Laufradperipherie **66**) angeordnet und steht in Strömungsverbindung mit dem Radhohlraum **52**. Demgemäß kreuzen die Spülschlitz **188** radial die Außenkante **80** des vorderen Halterings **46** und stellen die Strömungsverbindung zwischen den Plenumkammern **84** und dem Radhohlraum **52** her. Wie in der ersten Ausführungsform sind die Spülschlitz **188** vorzugsweise in einem Winkel umlaufend in Richtung der Rotordrehung angeordnet. Während des Triebwerksbetriebs wird Kühlluft aus der Plenumkammer **54** in die Plenumkammern **84** geleitet, und ein Teil dieser Luft strömt durch die Spülschlitz **188** in den Radhohlraum **52**, in dem sie sich mit der Leckageströmung entlang der Labyrinthdichtung **50** verbindet, um den Radhohlraum **52** zu spülen und das Einströmen von Heißgas zu verhindern.

**[0027]** In [Fig. 5](#) ist eine andere alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Hier weist jede Schaufel **44** einen im Wesentlichen radial verlaufenden Spülschlitz **288** auf, der in ihrer nach hinten zeigenden Fläche ausgebildet ist, wobei die Spülschlitz **288** dem hinteren Haltering **48** gegenüberliegen. Genauer gesagt, ist jeder Spülschlitz **288** in der nach hinten zeigenden Fläche des Tannenbaumfußes **68** und des Schaftbereichs **70** der entsprechenden Schaufel **44** ausgebildet. Ein erstes Ende jedes Spülschlitzes **288** befindet sich an einem Punkt, der zur Außenkante **81** des hinteren Halterings **48** radial nach innen liegt, und steht über einen zwischen dem hinteren Haltering **48** und dem Laufrad **42** ausgebildeten ringförmigen Spalt **90** mit einer entsprechenden der Plenumkammern **84** in Strömungsverbindung. Das zweite Ende jedes Spülschlitzes **288** befindet sich an einem Punkt auf der nach hinten zeigenden Fläche des Schaftbereichs **70**, d. h. zur Außenkante **81** radial nach außen und in Strömungsverbindung mit einem Radhohlraum **92**, der sich zwischen dem Niederdruckrotor **40** der ersten Stufe und dem Niederdruckstator **56** befindet. Demgemäß kreuzen die Spülschlitz **288** radial die Außenkante **81** des hinteren Halterings **48** und stellen Strömungsverbindung zwischen den Plenumkammern **84** und dem Radhohlraum **92** her. Wie bei den vorherigen Ausführungsformen sind die Spülungsschlitz **288** vorzugsweise in einem Winkel umlaufend in Richtung der Rotordrehung angeordnet. Während des Triebwerksbetriebs wird Kühlluft aus der Plenumkammer **54** in die Plenumkammern **84** geleitet, und ein Teil dieser Luft strömt durch den Spalt **90** und die Spülschlitz **188** in den Radhohlraum **92**, in dem sie sich mit der Leckageströmung an der Dichtung verbindet, um den Radhohlraum **92** zu spülen und das Einströmen von Heißgas zu verhindern. Als Alternative können die Spülschlitz **288** in den nach hinten zeigenden Flächen der Scheibenstege **64** statt in den nach hinten zeigenden Flächen Schaufeln **44** ausgebildet werden.

[0028] Obwohl verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, in denen Spülschlitze in axialen Flächen der Schaufeln oder Scheibenstege geschaffen werden, gilt es zu beachten, dass Spülschlitze alternativ in der Außenkante des vorderen oder des hinteren Halterings ausgebildet werden können. Obwohl die vorliegende Erfindung ferner vollständig im Zusammenhang mit dem Niederdruckturbinenrotor **40** der ersten Stufe beschrieben wurde, sollte klar sein, dass sich die vorliegende Erfindung gleichermaßen auf andere Turbinenrotoren, z. B. auf den Hochdruckrotor **22**, anwenden lässt. Im Hochdruckrotor **22** würden Schlitze in den nach vorn zeigenden Flächen der Schaufeln **26** oder der Scheibenstege des Laufrads **24** ausgebildet, sodass Kühlluft auf eine ähnliche wie die oben beschriebene Weise aus der Plenumkammer **38** in den Radhohlraum **36** geleitet werden kann, der sich zwischen dem Hochdruckrotor **22** und dem Hochdruckstator **18** befindet. Als Alternative können die Spülschlitze in den nach hinten zeigenden Flächen der Schaufeln **26** oder der Scheibenstege des Laufrads **24** ausgebildet werden, sodass Kühlluft aus der Plenumkammer **38** am hinteren Haltering **30** vorbei und in den Radhohlraum **52** geleitet werden kann, der sich zwischen dem Hochdruckrotor **22** und dem Niederdruckrotor **40** befindet.

[0029] Im Vorangegangenen wurde ein Turbinenrotor beschrieben, der einen Kühlluftstrom zum adäquaten Spülen von benachbarten Radhohlräumen bereitstellt.

### Patentansprüche

1. Turbinenrotor (**40**) mit einem diesen durchströmenden Primärgasstrom und einen an diesen angrenzenden Radhohlraum (**52**), der mit dem Primärgasstrom in Strömungsverbindung steht, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Turbinenrotor (**40**) Folgendes umfasst:  
ein um eine Mittelachse (**17**) drehbares Laufrad (**42**) mit einer Vielzahl von umlaufend im Wechsel angeordneten Schwalbenschwanznuten (**62**) und Scheibenstege (**64**) an seiner Peripherie;  
eine Vielzahl von Schaufeln (**44**), wobei jede dieser Schaufeln (**44**) einen in einer entsprechenden der Schwalbenschwanznuten (**62**) steckenden Tannenbaumfuß (**68**) und einen Schaftbereich (**70**) oberhalb des Tannenbaumfußes (**68**) aufweist;  
eine Vielzahl von in axialer Richtung angeordneten Plenumkammern (**84**), die von den Schwalbenschwanznuten (**62**) und den Tannenbaumfüßen (**68**) definiert werden, wobei die in axialer Richtung angeordneten Plenumkammern (**84**) während des Betriebs der Turbine Kühlluft aufnehmen und in Strömungsverbindung mit den internen Kühlkanälen stehen; und  
einen am Laufrad (**42**) befestigten Haltering (**46**) dessen Außenkante (**80**) Kontakt zu den Schaufeln (**44**)

und den Scheibenstegen (**64**) hat, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltering ferner Folgendes umfasst:

Spülschlitze (**88**) zum Leiten von Luft von der Vielzahl der in axialer Richtung angeordneten Plenumkammern (**84**) in den Radhohlraum (**52**).

2. Turbinenrotor (**40**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Spülschlitze (**88**) in einer der Schaufeln (**44**) in einer nach vorn zeigenden Fläche ausgebildet ist und dem Haltering (**46**) gegenüberliegt, wobei jeder der Spülschlitze (**88**) die Außenkante (**80**) des Halterings (**46**) radial kreuzt.

3. Turbinenrotor (**40**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Spülschlitze (**288**) in einer der Schaufeln (**44**) in einer nach hinten zeigenden Fläche ausgebildet ist und dem Haltering (**48**) gegenüberliegt, wobei jeder der Spülschlitze (**288**) die Außenkante (**81**) des Halterings (**48**) radial kreuzt.

4. Turbinenrotor (**40**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Spülschlitze (**188**) in jedem der Scheibenstege (**64**) in einer nach vorn zeigenden Fläche ausgebildet ist und dem Haltering (**46**) gegenüberliegt, wobei jeder der Spülschlitze (**188**) die Außenkante (**80**) des Halterings (**46**) radial kreuzt.

5. Turbinenrotor (**40**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Spülschlitze (**288**) in jedem der Scheibenstege (**64**) in einer nach hinten zeigenden Fläche ausgebildet ist und dem Haltering (**48**) gegenüberliegt, wobei jeder der Spülschlitze (**288**) die Außenkante (**81**) des Halterings (**48**) radial kreuzt.

6. Turbinenrotor (**40**) nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Spülschlitze (**88**, **188**, **288**) in einem Winkel zu einem von der Mittelachse (**17**) gezeichneten Radius angeordnet ist.

7. Verfahren zum Spülen eines Radhohlraums in einer Gasturbine, die über einen Primärgasstrom und einen Turbinenrotor (**40**) mit einem Laufrad (**42**) verfügt, das mindestens eine in ihm ausgebildete Schwalbenschwanznut (**62**) sowie eine Schaufel (**44**) aufweist, zu der interne Kühlkanäle in der Schwalbenschwanznut (**62**) und ein Radhohlraum (**52**) gehören, der an den Turbinenrotor (**40**) angrenzt und in Strömungsverbindung mit dem Primärgasstrom steht, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Ausbilden einer Plenumkammer (**84**) zwischen der Schwalbenschwanznut (**62**) und der Schaufel (**44**), wobei die Plenumkammer in Strömungsverbindung mit den internen Kühlkanälen (**84**) steht;  
Zuführen von Kühlluft zu der Plenumkammer; und

wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass Kühlluft durch die Spülschlitze (**88**) von der Fle-numkammer in den Radhohlraum (**52**) geleitet wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

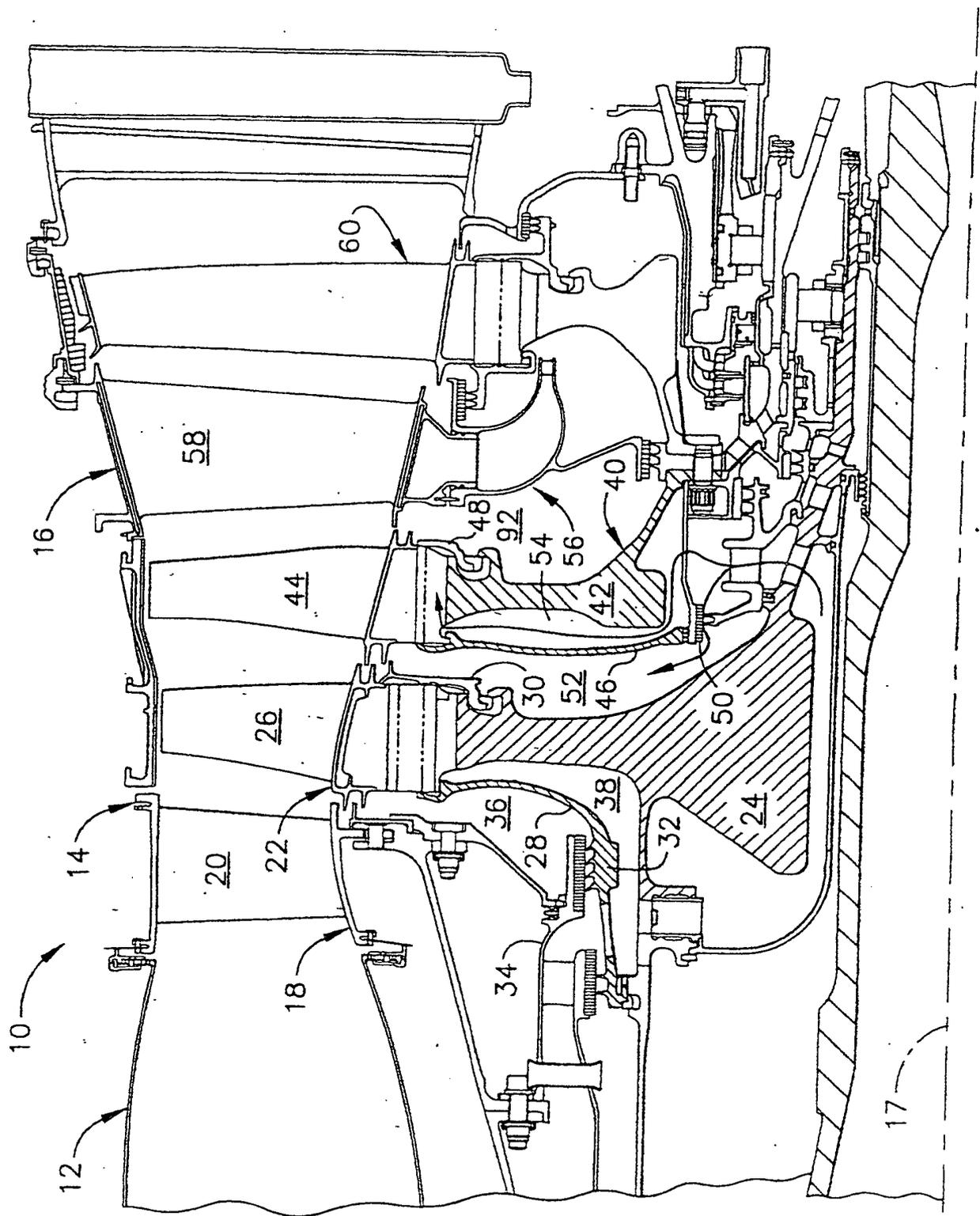


FIG. 1

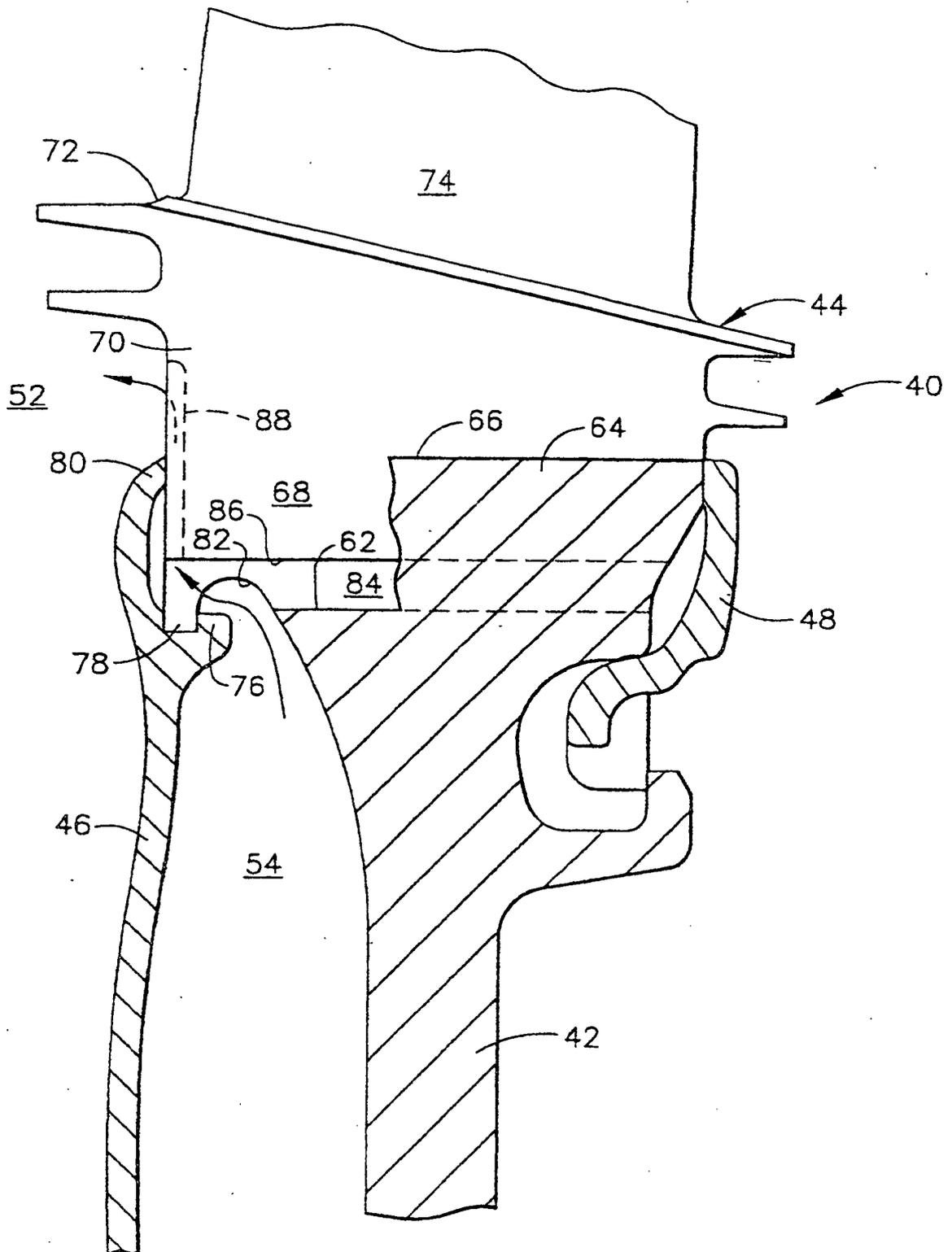


FIG. 2

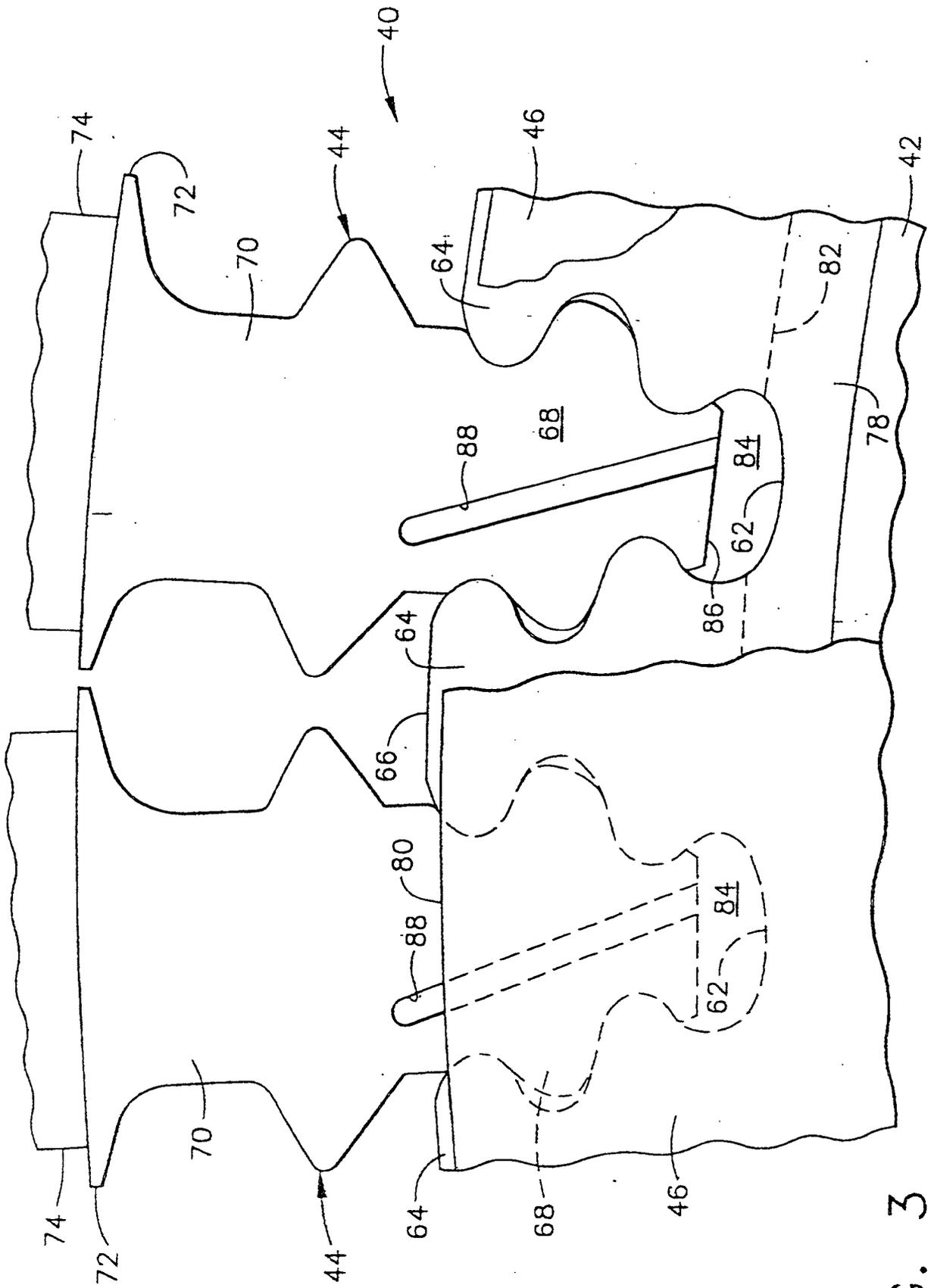


FIG. 3



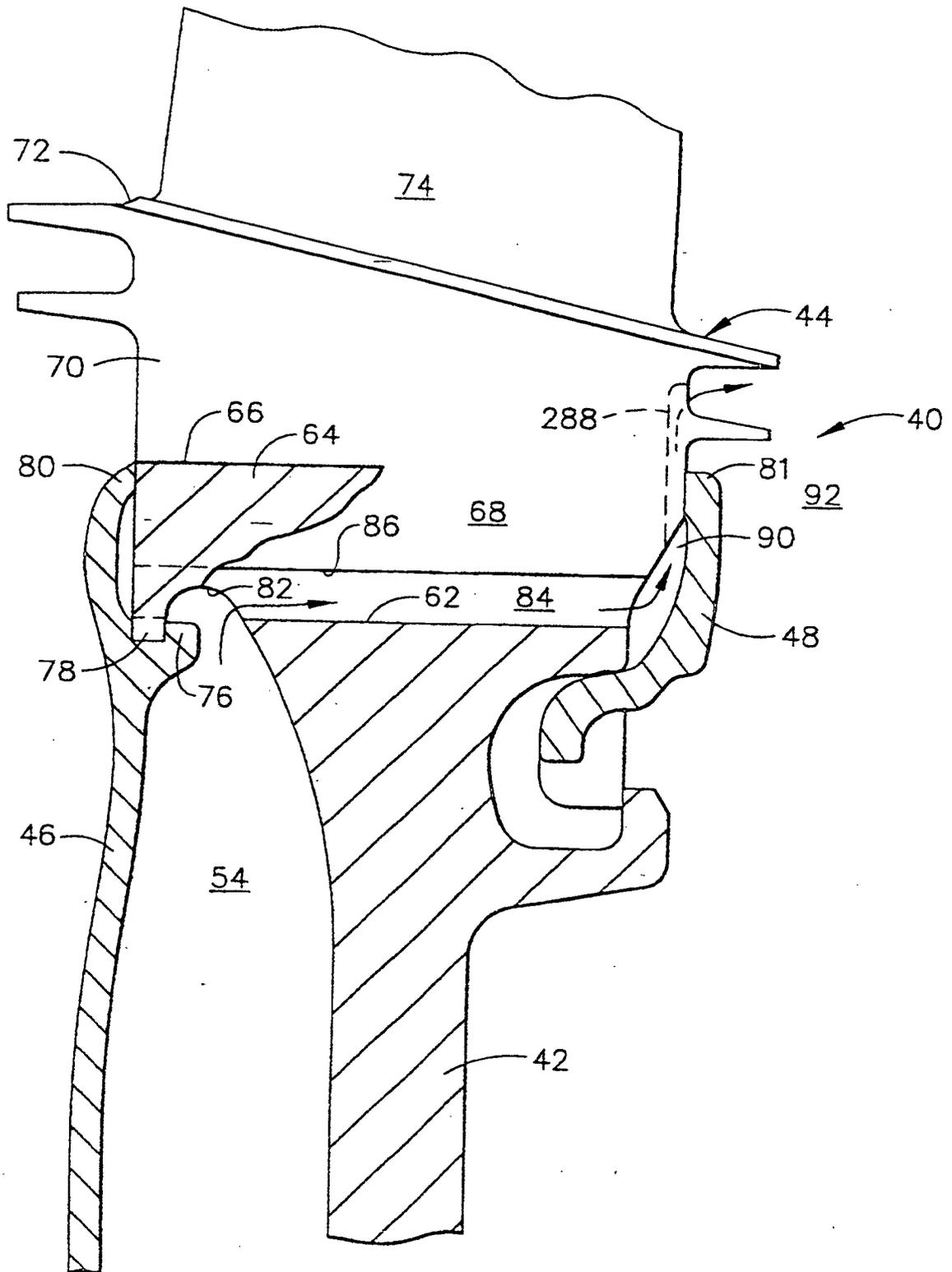


FIG. 5