



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 30 610 T2** 2007.09.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 033 476 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 30 610.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 300 604.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.01.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.09.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.09.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.09.2007**

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

F02C 7/16 (2006.01)

F01D 25/10 (2006.01)

F01D 5/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

261272 03.03.1999 US

(73) Patentinhaber:

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

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, IT, LI

(72) Erfinder:

**Caruso, Philip M., Selkirk, New York 12158, US;
Eldrid, Sacheverel Quentin, Saratago Springs,
New York 12866, US; Ladhani, Azad A., Niskayuna,
New York 12309, US; Demania, Alan Richard,
Niskayuna, New York 12309, US; Palmer, Gene
David, Clifton Park, New York 12065, US; Wilson,
Ian David, Clifton Park, New York 12065, US;
Rathbun, Lisa Shirley, Scotia, New York 12302, US;
Akin, Robert Craig, Schenectady, New York 12308,
US**

(54) Bezeichnung: **Wärmeaustausch Kreislauf für einen Turbinenrotor**

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 betrifft allgemein Turbinen, insbesondere landbasierte Gasturbinen für die Stromerzeugung mit einem geschlossenen Dampfkühlungskreislauf zum Kühlen der Heißgaskomponenten, und betrifft insbesondere einen eine Rotorbohrung und eine Turbinenrad/Abstandshalter-Baugruppe einbeziehenden Strömungskreis, der ein in einer Wärmeaustauschbeziehung zu der Rad/Abstandshalter-Baugruppe stehendes thermisches Medium enthält.

[0002] Die Dampfkühlung von Heißgaspfadkomponenten, wie z. B. den Schaufeln einer Gasturbine, wurde bereits in der Vergangenheit vorgeschlagen und hat sich in landbasierten Stromversorgungsanlagen als wirkungsvoll erwiesen. Obgleich Gasturbinen üblicherweise mit Luft gekühlt werden – Jettriebwerke nutzen beispielsweise Verdichterabluft zum Kühlen der Heißgaskomponenten – ist die Dampfkühlung insofern effizienter, dass die mit der Nutzung von Dampf als Kühlmittel verbundenen Verluste nicht so groß sind wie die Verluste, die durch das Abführen von Verdichterabluft zu Kühlungszwecken auftreten. Beim Betrieb von kombinierten Systemen ist die Dampfkühlung zudem besonders von Vorteil, weil die Wärmeenergie, die auf den Dampf übertragen wird, wenn dieser die Gasturbinenkomponenten kühlt, beim Betrieb des kombinierten Systems als Nutzarbeit für den Antrieb der Dampfturbine zurückgewonnen wird.

[0003] In einer von der Anmelderin des vorliegenden Dokuments vorgeschlagenen Gasturbinenkonstruktion, die beispielsweise im Dokument EP-A-735238 beschrieben ist, wird während des Normalbetriebs ein Dampfkühlkreis zum Kühlen der Heißgaspfadkomponenten eingesetzt. Der Dampfkühlkreis weist eine hintere, sich in Axialrichtung erstreckende Kapillarrohrbaugruppe auf, um Dampf durch den Rotor nach vorn und am hinteren Rotorlager vorbeizuführen. Der Strom wird weiter durch lineare Rohre radial nach außen und dann in Axialrichtung am Rand des Rotors an in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Stellen entlangeleitet. Der Kühleddampf wird zudem entlang dem äußeren Rand des Rotors zurückgeführt und strömt dann radial nach innen und anschließend in Axialrichtung durch die Kapillarrohrbaugruppe. Beim Start kann der Dampfkühlkreis jedoch als Luftkühlkreis verwendet werden, in dem Kühledduft durch die im Normalbetrieb genutzten Dampfströmungsstrecken zirkuliert. Bei einer Last von etwa 10% wird vom Luftkühlkreis zum Dampfkühlkreis umgeschaltet, der dann im Normalbetrieb genutzt wird.

[0004] Es ist nachvollziehbar, dass bei der Rotor-konstruktion die Räder und Abstandshalter durch eine Anzahl sich in Axialrichtung erstreckender

Schrauben aneinander befestigt werden. Gefalzte Verbindungen werden zwischen den Rädern und den Abstandshaltern erzeugt. Die unterschiedliche Erwärmung der Räder und Abstandshalter sowie radiale Temperaturgradienten an den gefalzten Verbindungen verursachen an der Rotorbohrung jedoch erhebliche Spannungen und Verformungen, die das Aufbrechen der gefalzten Verbindungen begünstigen. Es ist außerdem festzustellen, dass die thermischen Bedingungen des Rotors einschließlich der Räder und Abstandshalter beim Start, während des gleich bleibenden Betriebs und beim Abfahren der Turbine unterschiedlich sind. Infolgedessen besteht ein Bedarf, einen Wärmeaustauschkreis bereitzustellen, der diese unterschiedlichen Anforderungen in den verschiedenen Phasen des Turbinenbetriebs erfüllt, auf diese Temperaturgradienten abgestimmt ist und eine thermische Reaktion von Rad und Abstandshalter ausschließt, die zum Aufbrechen der gefalzten Verbindungen führen würde.

[0005] EP-A-0 735 238 beschreibt ferner einen Gasturbinenrotor mit einem Kanal, der sich durch die Rotorwelle erstreckt.

[0006] EP-A-318.026 beschreibt einen Gasturbinenrotor mit einem zentralen Kanal, der sich durch die Rotorwelle erstreckt.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Strömungskreis für ein thermisches Medium, vorzugsweise Luft, bereitgestellt, der die Räder und Abstandshalter beim Start der Turbine vor- und erwärmen und während des gleich bleibenden Turbinenbetriebs kühlen kann, wobei Rotorverformungen in erheblichem Maße kontrolliert werden und die Tendenz der gefalzten Verbindungen, in Reaktion auf Temperaturgradienten aufzubrechen, minimiert oder beseitigt wird. Um das im Vorangegangenen Beschriebene zu erreichen, wird Verdichterabluft der Rotorbohrung vor der ersten Stufe zugeführt, um in Axialrichtung entlang der Rotorbohrung und in die Hohlräume zwischen den Rädern und Abstandshaltern zu strömen. An der Verbindungsstelle der Räder und Abstandshalter und insbesondere an den gefalzten Verbindungen, sind in Umfangsrichtung um den Rotor voneinander beabstandete Kanäle oder Schlitze ausgebildet, um das thermische Medium radial nach außen und schließlich in den Heißgaspfad zu leiten.

[0008] Es ist nachvollziehbar, dass beim Start der Turbine die Verdichterabluft die Räder und Abstandshalter vor- und erwärmt, wenn die Strömung schnell an den sich in Axialrichtung deckenden Flächen der Räder und Abstandshalter entlangströmt. Durch das Erwärmen der Räder und Abstandshalter beim Start wird das thermische Missverhältnis bzw. der Temperaturgradient zwischen dem Rand des Rotors und der schweren Masse der Räder und Abstandshalter radi-

al zum Innern des Rotors verringert, wodurch die Spannung an den gefalzten Verbindungen minimiert wird. Während des gleich bleibenden Betriebs kühlt die Verdichterabluft die Räder und Abstandshalter hingegen, um den Temperaturgradienten an dem äußeren Rand und den Heißgaskomponenten des Rotors, die dampfgekühlt werden, zu reduzieren. Infolgedessen werden während des gleich bleibenden Betriebs die Spannungen an der Rotorbohrung gleichermaßen minimiert, was die Tendenz der gefalzten Verbindungen zum Aufbrechen verringert oder beseitigt.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung wird Folgendes bereitgestellt: ein Rotor mit einer Achse und mehreren Turbinenrädern und abwechselnd zwischen den Rädern angeordneten Abstandshaltern, wobei die Räder und Abstandshalter zwischen einander Hohlräume definieren, an den Turbinenrädern Schaufeln zur Anordnung in einem Heißgaspfad der Turbine montiert sind, die Räder und Abstandshalter aneinander befestigt sind und zum Aufnehmen von Verdichterabluft einen mit den Hohlräumen in Verbindung stehenden Kanal entlang der Achse des Rotors bilden und die Räder und Abstandshalter sich in axialer und in Umfangsrichtung erstreckende, radial aneinander grenzende Flansche aufweisen, die zwischen einander eine gefalzte Verbindung bilden; einen ersten Satz aus mehreren in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten und von den Radflanschen getragenen Schlitzen und einen zweiten Satz aus mehreren in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten und von den Abstandshalterflanschen getragenen Schlitzen, wobei die einzelnen Rad- und Abstandshalterflansche in einander axial gegenüberliegender Beziehung stehen und so umlaufend ausgerichtet sind, dass sie die Strömung der Verdichterabluft aus dem Hohlraum durch die ausgerichteten Schlitze in den Heißgasstrom ermöglichen.

[0010] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung wird in einer Gasturbine, die mehrere Turbinenräder und abwechselnd zwischen den Rädern angeordnete Abstandshalter aufweist, wobei die Räder und Abstandshalter zur Bildung eines einen zentralen, axial verlaufenden Kanal aufweisenden Turbinenrotors aneinander befestigt sind, die Räder und Abstandshalter zwischen einander Hohlräume definieren und an den Rädern Schaufeln zur Anordnung in einem Heißgaspfad der Turbine montiert sind, ein Verfahren zum Betreiben der Turbine bereitgestellt, das den Schritt umfasst, während des Starts Verdichterabluft den axialen Kanal entlang und in die Hohlräume zwischen den Rädern und Abstandshaltern zu leiten, um die Räder und Abstandshalter zu erwärmen.

[0011] In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung wird in

einer Gasturbine, die mehrere Turbinenräder und abwechselnd zwischen den Rädern angeordnete Abstandshalter aufweist, wobei die Räder und Abstandshalter zur Bildung eines einen zentralen, axial verlaufenden Kanal aufweisenden Turbinenrotors aneinander befestigt sind, die Räder und Abstandshalter zwischen einander Hohlräume definieren und an den Rädern Schaufeln zur Anordnung in einem Heißgaspfad der Turbine montiert sind, ein Verfahren zum Betreiben der Turbine bereitgestellt, das den Schritt umfasst, während des gleich bleibenden Betriebs der Turbine Verdichterabluft den axialen Kanal entlang und in die Hohlräume zwischen den Rädern und Abstandshaltern zu leiten, um die Räder und Abstandshalter zu kühlen.

[0012] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Beispiels beschrieben, wobei auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen wird:

[0013] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines Stromerzeugungssystems, das eine Gasturbine mit einem ein thermisches Medium transportierenden Kühlkreislauf gemäß der vorliegenden Erfindung enthält;

[0014] [Fig. 2](#) ist ein schematisches Diagramm eines kombinierten Systems, das die vorliegende Erfindung verkörpert und dessen ein thermisches Medium transportierenden Wärmeaustauschkreislauf einsetzt;

[0015] [Fig. 3](#) ist eine fragmentarische Längsschnittansicht einer Gasturbine, welche die Umgebung der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0016] [Fig. 4](#) ist ein schematisches Diagramm, das einen ein thermisches Medium transportierenden Kreislauf gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0017] [Fig. 5](#) ist eine nach vorn zeigende fragmentarische Vorderansicht eines Turbinenrads der Stufe 1;

[0018] [Fig. 6](#) ist eine nach hinten zeigende Ansicht des 1-2-Abstandshalters;

[0019] [Fig. 7](#) ist eine Ansicht der gefalzten Verbindung, die einen radial nach außen gerichteten Strömungskanal für das hier verwendete thermische Medium darstellt; und

[0020] [Fig. 8](#) ist eine schematische Darstellung eines in der hier vorgesehenen Gasturbine verwendeten geschlossenen Luft- und Dampfkühlungskreislauf.

[0021] [Fig. 1](#) ist ein schematisches Diagramm einer einwelligen Hochleistungsgasturbine **10** mit einfa-

chem Zyklus, welche die vorliegende Erfindung verkörpert. Die Gasturbine kann so aufgefasst werden, dass sie einen mehrstufigen Axialverdichter **12** mit einer Rotorwelle **14** umfasst. Die bei **16** in den Einlass des Verdichters eindringende Luft wird vom Axialverdichter **12** verdichtet und anschließend einem Brenner **18** zugeführt, in dem ein Brennstoff wie Erdgas verbrannt wird, um hochenergetische Verbrennungsgase zu erzeugen, welche die Turbine **20** antreiben. In der Turbine **20** wird die Energie der Heißgase in Arbeit umgewandelt, die zu einem Teil zum Antreiben des Verdichters **12** über die Welle **14** verwendet wird, wobei die Restmenge für Nutzarbeit zum Antreiben einer Last, beispielsweise eines Generators **22**, mittels einer Rotorwelle **24** zur Verfügung steht, um Elektrizität zu erzeugen.

[0022] [Fig. 2](#) stellt die einfachste Form eines kombinierten Systems dar, bei dem die Abgase, welche bei **26** die Turbine **20** verlassen, in einen Dampfgenerator **28** für die Wärmerückgewinnung strömen, in dem Wasser wie in einem Abhitzeessel in Dampf umgewandelt wird. Der auf diese Weise produzierte Dampf treibt eine oder mehrere Dampfturbinen **30** an, in denen zusätzliche Arbeit extrahiert wird, um über die Welle **32** eine zusätzliche Last, wie z. B. einen zweiten Generator **34**, anzutreiben, der wiederum zusätzliche elektrische Leistung erzeugt. In einigen Konfigurationen treiben die Turbinen **20** und **30** einen gemeinsamen Generator an. Kombinierte Systeme, die ausschließlich elektrische Leistung erzeugen, haben einen thermischen Wirkungsgrad von 50 bis 60%, und erlauben beim Einsatz einer fortschrittlicheren Gasturbine, von welcher der im vorliegenden Dokument beschriebene Wärmeaustauschkreislauf einen Teil bildet, Wirkungsgrade von über 60%.

[0023] In [Fig. 3](#) ist der allgemein mit **36** bezeichnete Turbinenabschnitt der Rotorwelle **24** teilweise dargestellt. Der Turbinenabschnitt **36** enthält einen allgemein durch das Zeichen R gekennzeichneten Rotor mit einer Anzahl von Stufen einschließlich vier aufeinander folgender Stufen, welche die Turbinenräder **38**, **40**, **42** und **44** umfassen, die ein Teil mit der Rotorwelle bilden und zur Drehung mit dieser an ihr montiert sind, wobei jedes eine Reihe von Schaufeln – die dargestellten Schaufeln B1, B2, B3 und B4 – trägt, und wobei die Schaufeln von den Rädern radial nach außen in den Heißgaspfad der Turbine hineinragen. Die Schaufeln sind abwechselnd zwischen ortsfesten Leiträdern N1, N2, N3 und N4 angeordnet. Alternativ sind zwischen den Turbinenrädern von vorne nach hinten Abstandshalter **39**, **41** und **43** angeordnet. Die hintere Welle **46** weist eine hintere Scheibe **45** auf, die auf der Rückseite des Turbinenrads **44** der letzten Stufe liegt. Es ist nachvollziehbar, dass die Räder und Abstandshalter, wie in Gasturbinenkonstruktionen üblich, durch mehrere, in Umfangsrichtung beabstandete, sich in Axialrichtung erstreckende Schrauben **48** aneinander befestigt sind.

[0024] Obwohl sie nicht per se ein Teil der vorliegenden Erfindung ist, ist in den [Fig. 3](#) und [Fig. 8](#) eine Kapillarrohrbaugruppe **49** dargestellt, die Teil des Rotors ist und an diesem zur Drehung um die Rotorachse A ([Fig. 3](#)) montiert ist. Die Kapillarrohrbaugruppe weist ein Außenrohr **50** und ein Innenrohr **52** auf, die einen äußeren Kanal **54** und einen inneren Kanal **56** bilden. Der äußere Kanal **54** ist mit einer Plenumkammer **58** verbunden, um Dampf zu dem äußeren Durchgang und radial nach außen durch radiale Leitungen **60** und sich in Axialrichtung erstreckende Leitungen **62** zu leiten, die in Umfangsrichtung um den Rotorrand voneinander beabstandet sind, um Kühleddampf zu den Heißgaskomponenten zu leiten. Der Kühleddampf wird insbesondere den Schaufeln B1 und B2 der ersten bzw. zweiten Stufe zugeführt. Rückgeführter oder verbrauchter Kühleddampf strömt von der Rotorbohrung über den Rücklaufkanal **56** koaxial durch sich in Axial- und Radialrichtung erstreckende Leitungen **61** bzw. **63**. Der Dampfkühlungskreislauf ist als Diagramm in [Fig. 8](#) dargestellt. Die radialen Leitungen **60** und **63** bilden einen Teil einer Endkapfenbaugruppe für die hintere Welle **46**, wobei vor der Endkappe eine Dampfströmung entlang der Rotorachse ausgeschlossen wird.

[0025] Im Folgenden wird auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) Bezug genommen, wobei in [Fig. 5](#) die hintere Fläche des Turbinenrads **38** von Stufe 1 und in [Fig. 6](#) die vordere Fläche des 1-2-Abstandshalters **39** dargestellt ist, d. h. des Abstandshalters **39** zwischen den Rädern **38** bzw. **40** der ersten bzw. zweiten Stufe. Im Umfangsrichtung voneinander beabstandete Öffnungen **70** im Rad **38** decken sich in Axialrichtung mit in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Öffnungen **72** im Abstandshalter, um die Schrauben **48** zum Befestigen des Rotors in der Baugruppe aufzunehmen. Die Öffnungen **74** im Abstandshalter **39** sind auf die in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten, sich in Axialrichtung erstreckenden Rücklaufrohre **61** abgestimmt, die in den [Fig. 3](#) und [Fig. 8](#) dargestellt sind. Bei konventionellen Gasturbinenkonstruktionen weisen die axialen Flächen der Räder in Axialrichtung hervorstehende Flansche **76** auf, in denen die Schraubenöffnungen **70** ausgebildet sind. Jeder Abstandshalter weist einen in Axialrichtung hervorstehenden ringförmigen Flansch **78** auf, der vom Flansch **76** des in Axialrichtung ausgerichteten Rads radial nach innen angeordnet ist, und eine gefaltete Verbindung mit dem Flansch **76** bildet. Es ist nachvollziehbar, dass sich von der gefalteten Verbindung zwischen den Rädern und Abstandshaltern Radhohlräume C radial nach innen erstrecken, die vor der Endkappe der Kapillarrohrbaugruppe mit offener Verbindung zur Rotorbohrung angeordnet sind.

[0026] An in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Positionen an der gefalteten Verbindung ist ein Kanal **80** oder Schlitz im Flansch **78** des Abstandshalters ausgebildet, wobei der Kanal axial aus-

gerichtet ist. Zusätzlich ist ein Schlitz **82** radial nach außen durch den Flansch **76** des Rads ausgebildet. Die Abstandshalter und Räder werden drehungsmäßig so zueinander ausgerichtet, dass der Kanal **80** und der Schlitz **82** radial fluchtend ausgerichtet sind und einen Durchgang zwischen dem Radhohlraum und dem in Radialrichtung außerhalb der gefalzten Verbindung liegenden Raum bilden. Die Kanäle **80** bilden Dosierschlitze, um das thermische Medium radial nach außen strömen zu lassen.

[0027] Verdichterabluft wird vor der ersten Stufe zur Bohrung der Rotorbaugruppe geleitet. Die Verdichterabluft strömt, wie von den Pfeilen in [Fig. 4](#) dargestellt, in einer Wärmeaustauschbeziehung mit den Rädern und Abstandshaltern radial nach außen in die Radhohlräume zwischen den Rädern und Abstandshaltern. Von den Hohlräumen strömt die Luft durch die aneinander ausgerichteten Kanäle und Schlitze **80** bzw. **82** und schließlich in den Heißgaspfad.

[0028] Beim Start wird der Turbine durch die in [Fig. 8](#) dargestellten Kanäle des geschlossenen Dampfkühlungskreislaufs Kühlluft zugeführt. Es ist nachvollziehbar, dass beim Start die heißen Verbrennungsgase durch den Heißgaspfad strömen und dadurch den äußeren Rand des Rotors erwärmen und einen vom Heißgaspfad radial nach innen gerichteten Temperaturgradienten verursachen, was Bohrungsspannungen hervorruft und, sofern dem nicht entgegengewirkt wird, eine Verformung von Rotorteilen hervorrufen könnte, die sich unvorteilhaft auf die Flansche und gefalzten Verbindungen auswirkt. Diese Bohrungsspannungen begünstigen das Aufbrechen oder Verformen der gefalzten Verbindungen zwischen den Rädern und Abstandshaltern. Zum Minimieren oder Beseitigen dieser Bohrungsspannungen strömt Verdichterabluft vom Kompressor in die Rotorbohrung und radial nach außen in die Radhohlräume. Die Verdichterabluft weist beim Start eine höhere Temperatur als die Räder und Abstandshalter auf und sorgt so für das Vor- und Erwärmen der Räder und Abstandshalter. Zusätzlich reduziert das Vorwärmen der Räder und Abstandshalter den radial entlang des Rotors bestehenden Temperaturgradienten und kontrolliert die Rad- und Abstandshalterverformungen, sodass die Tendenz der gefalzten Verbindungen, aufzubrechen oder sich zu verformen, gemindert wird. In der Startphase des Rotors wird die Luft in dem geschlossenen Dampfkühlungskreislauf durch Dampf ersetzt, und der äußere Rand und bestimmte Heißgaspfadkomponenten des Rotors werden durch das Leiten von Dampf durch den geschlossenen Kreislauf gekühlt (siehe [Fig. 8](#)). In der Erwärmungsphase des Rotors erreicht der Rotor eine Temperatur, die über der Temperatur der Verdichterabluft liegt. Ab diesem Zeitpunkt versucht die Verdichterabluft, die Räder und Abstandshalter in Phasen gleich bleibenden Betriebs zu kühlen. Da der äußere Rand des Rotors dampfgekühlt wird und die inneren Bereiche der

Räder und Abstandshalter gleichermaßen gekühlt werden, wird der radiale Temperaturgradient verringert, wodurch Bohrungsspannungen minimiert oder beseitigt werden und dafür gesorgt wird, dass die gefalzten Verbindungen zwischen den Rädern und Abstandshaltern geschlossen bleiben.

Patentansprüche

1. Turbine (**36**), die Folgendes umfasst: einen Rotor (R) mit einer Achse (A) und mehreren Turbinenrädern (**38**, **40**, **42**, **44**) und abwechselnd zwischen den Rädern angeordneten Abstandshaltern (**39**, **41**, **43**, **45**), wobei die Räder und Abstandshalter zwischen einander Hohlräume (C) definieren, an den Turbinenrädern Schaufeln (B1, B2, B3, B4) zur Anordnung in einem Heißgaspfad der Turbine montiert sind, die Räder und Abstandshalter aneinander befestigt sind und zum Aufnehmen von Verdichterabluft einen mit den Hohlräumen in Verbindung stehenden Kanal entlang der Achse des Rotors bilden, die Räder und Abstandshalter sich in axialer und in Umfangsrichtung erstreckende, radial aneinander grenzende Flansche (**76**, **78**) aufweisen, die zwischen einander eine gefaltete Verbindung bilden; einen ersten Satz aus mehreren in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten und von den Radflanschen (**76**) getragenen Schlitzen (**82**) und einen zweiten Satz aus mehreren in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten und von den Abstandshalterflanschen (**78**) getragenen Schlitzen (**80**), wobei die einzelnen Rad- und Abstandshalterflansche in einander axial gegenüberliegender Beziehung stehen und so ausgerichtet sind, dass sie die Strömung der verdichteten Luft aus dem Hohlraum durch die ausgerichteten Schlitze in den Heißgasstrom ermöglichen, und wobei die Turbine ferner Folgendes umfasst: Kühldampfkanäle in einem geschlossenen Kreislauf, der sich entlang eines Randes des Rotors und durch die Schaufeln erstreckende Kühldampfkanäle (**60**, **62**) zum Dampfkühlen der Schaufeln und weitere Kühldampfkanäle (**61**, **63**) aufweist, die zum Rand des Rotors zurückführen.

2. Verfahren zum Betreiben einer Turbine (**36**), wobei die Turbine mehrere Turbinenräder (**38**, **40**, **42**, **44**) und abwechselnd zwischen den Rädern angeordnete Abstandshalter (**39**, **41**, **43**, **45**) aufweist, die Räder und Abstandshalter zur Bildung eines einen zentralen, axial verlaufenden Kanal aufweisenden Turbinenrotors (R) aneinander befestigt sind, die Räder und Abstandshalter zwischen einander Hohlräume (C) definieren und an den Rädern Schaufeln zur Anordnung in einem Heißgaspfad der Turbine montiert sind, wobei das Verfahren die Schritte umfasst, während des Starts Verdichterabluft durch den axial verlaufenden Kanal und in die Hohlräume zwischen den Rädern und Abstandshaltern zu leiten, Kühldampf zum Kühlen der Schaufeln während des gleich bleibenden Betriebs den Rotor entlang und in die

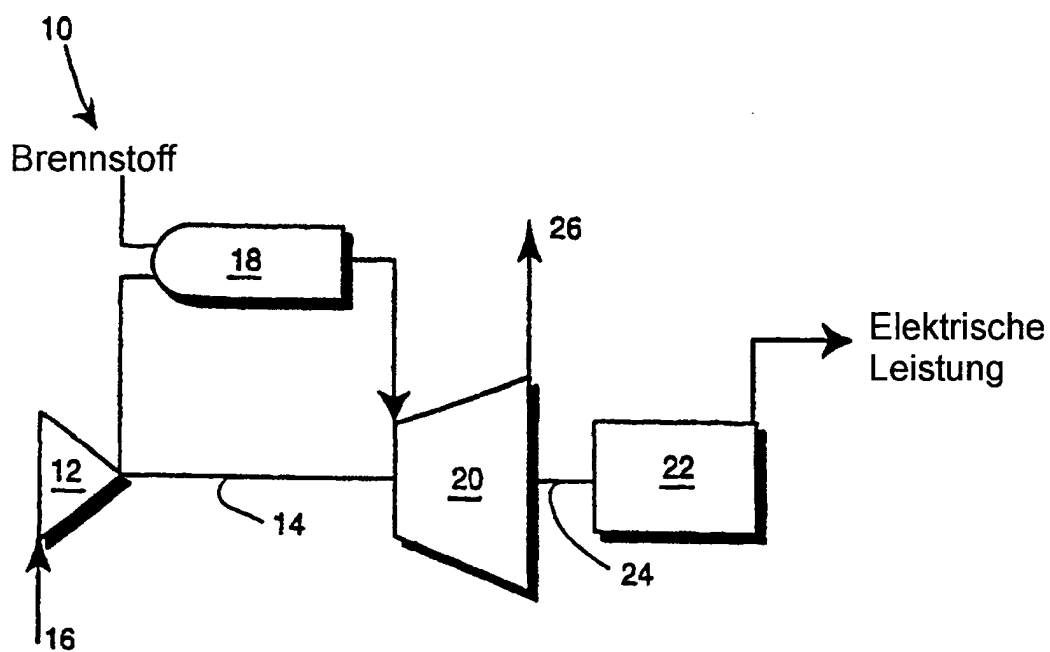
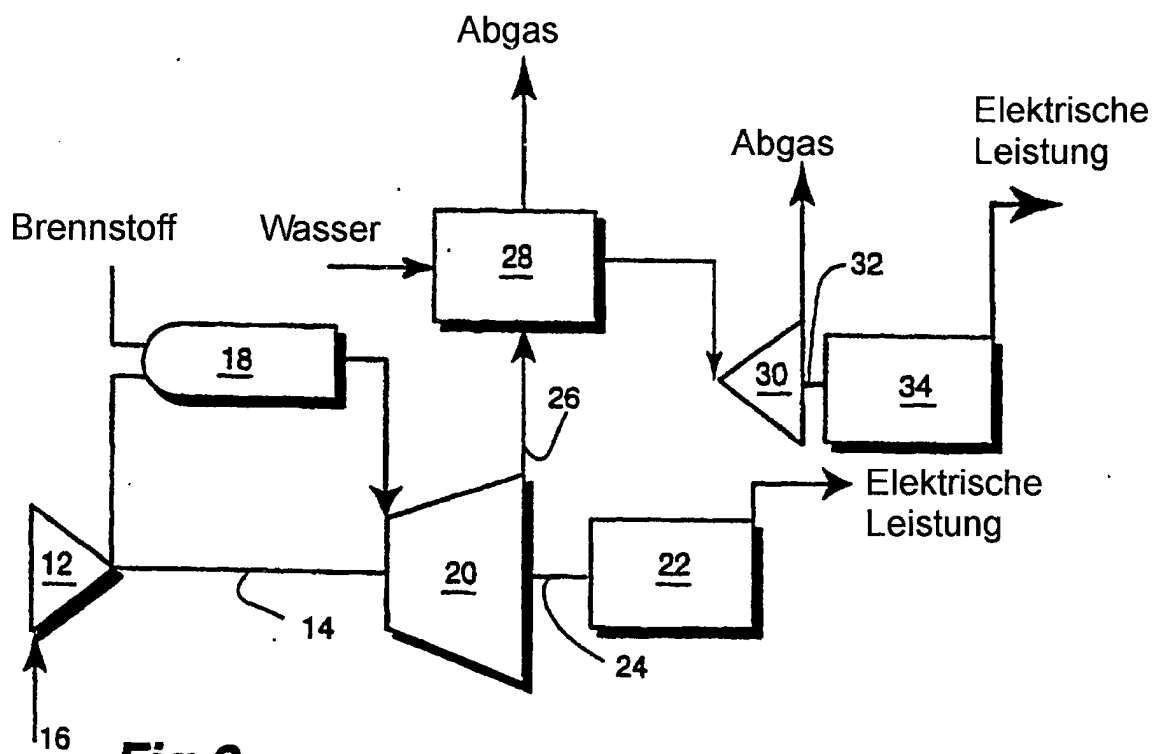
Schaufeln zu leiten und verdichtete Abluft zum Kühlen des Rotors während des gleich bleibenden Betriebs durch den axial verlaufenden Kanal und in die Hohlräume zu leiten.

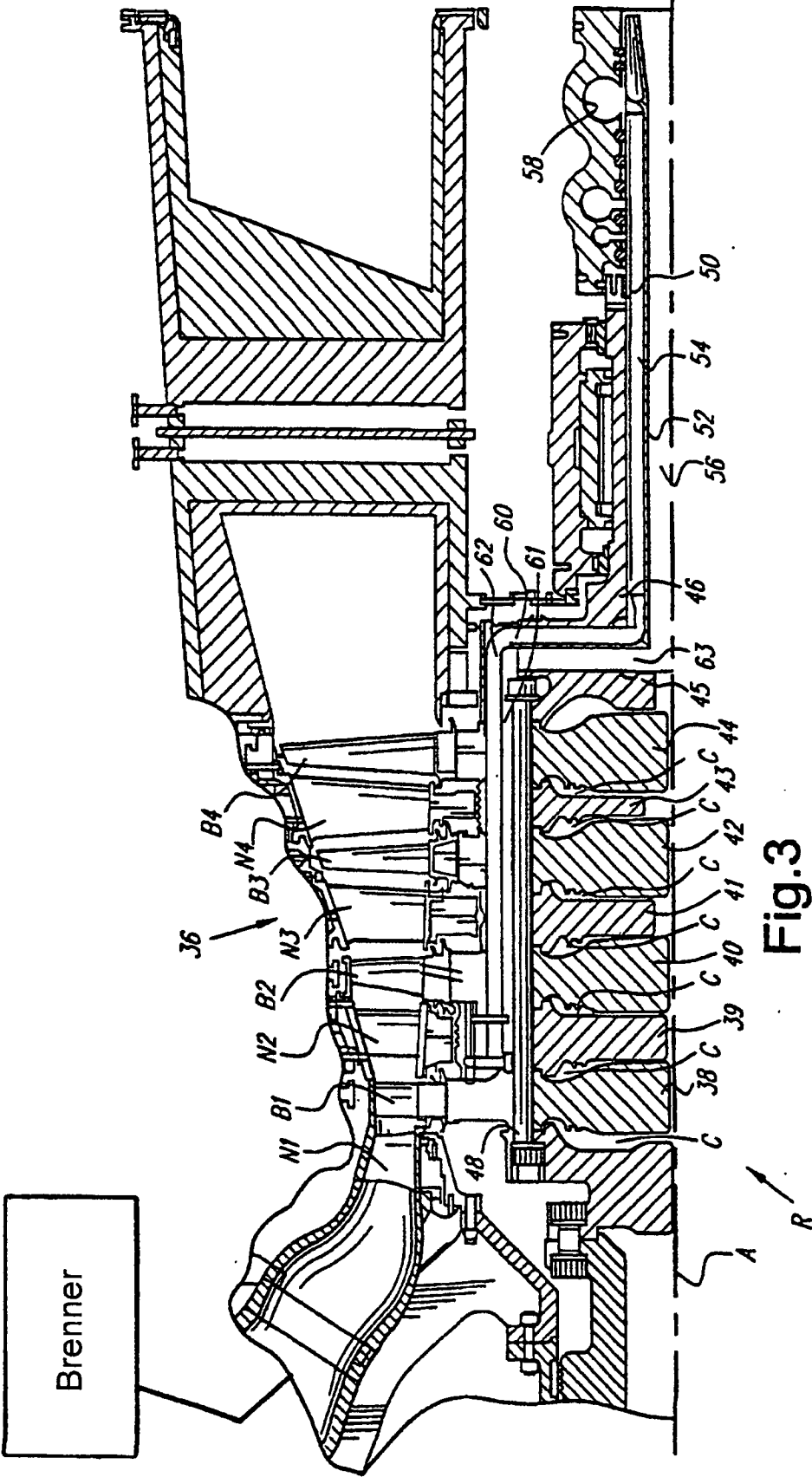
3. Verfahren nach Anspruch 2, welches das Leiten der Verdichterabluft aus den Hohlräumen in den Heißgaspfad einschließt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, das zwischen den Rädern und Abstandshaltern die Bildung von gefalzten Verbindungen, welche die äußerste radiale Ausdehnung der Hohlräume definieren, und zum Leiten von Verdichterabluft aus den Hohlräumen in den Heißgaspfad das Bereitstellen von Dosierkanälen durch die gefalzten Verbindungen an in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Stellen an den Verbindungen einschließt.

5. Verfahren nach Anspruch 2, das die Bereitstellung von in Verbindung mit inneren Bereichen der Schaufeln stehenden Kühldampfkanälen in einem geschlossenen Kreislauf entlang eines Rands des Rotors einschließt, um während des gleich bleibenden Betriebs Kühldampf zu den Schaufeln zu leiten, und um zum Kühlen der Schaufeln während des Starts Kühlluft durch die Kühldampfkanäle zu leiten.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

**Fig.1****Fig.2**



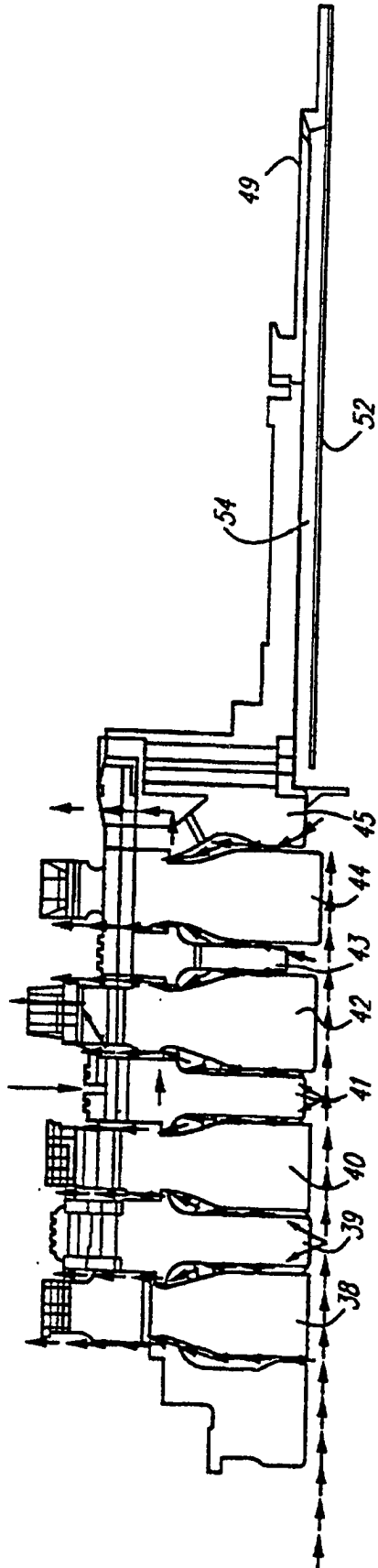


Fig. 4

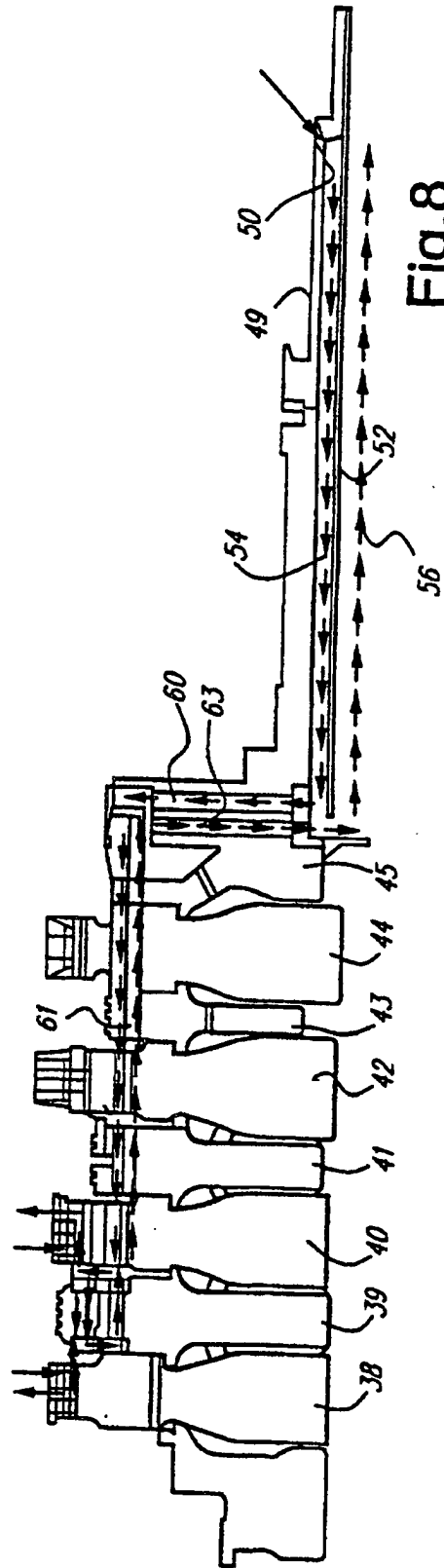


Fig. 8

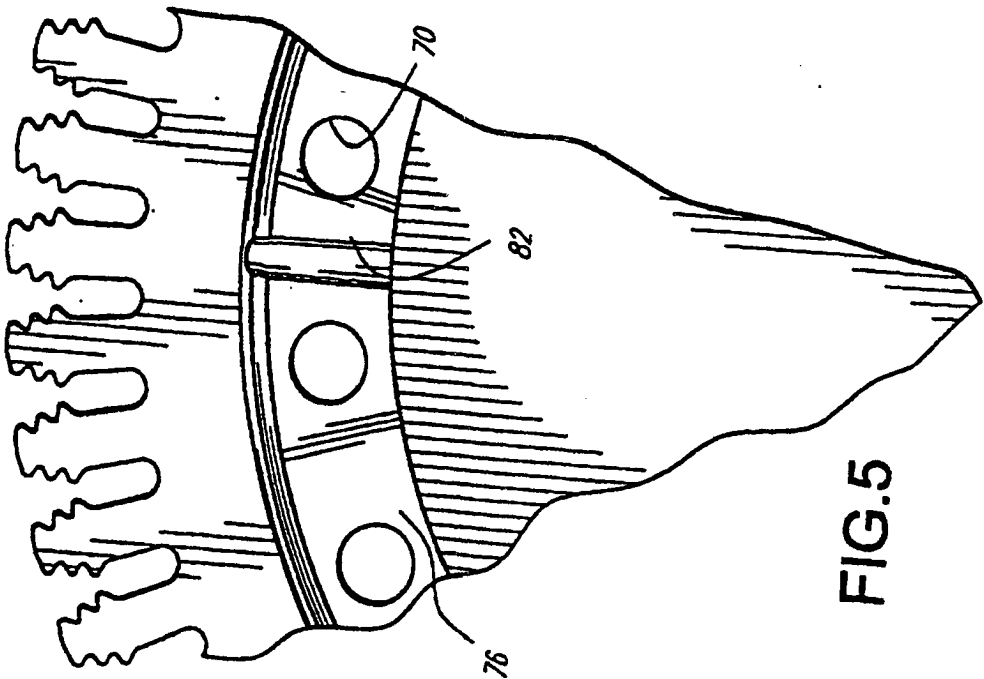


FIG. 5

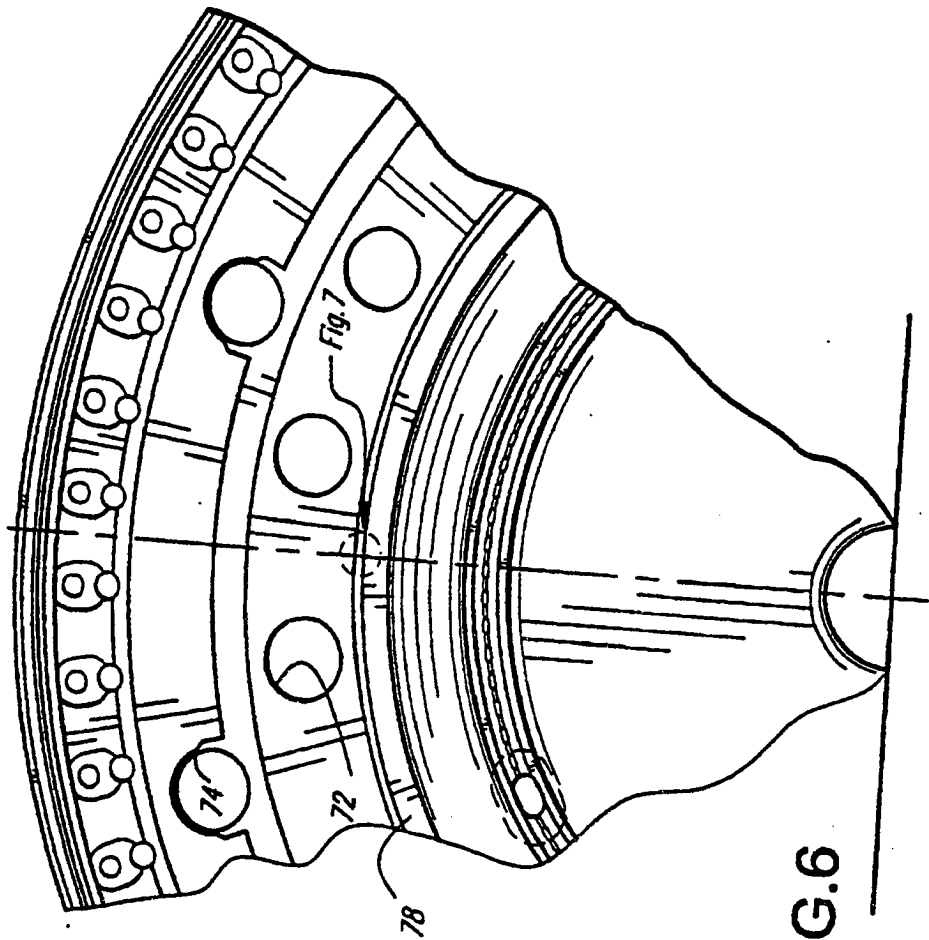


FIG. 6

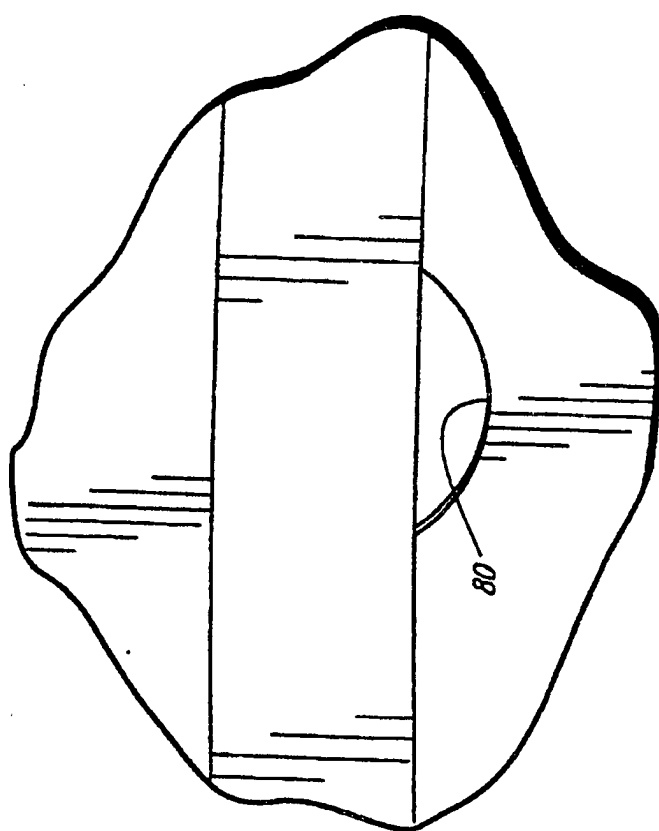


FIG. 7