

SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 707 457 A2

(51) Int. Cl.: B23P 15/04 (2006.01)
F01D 5/18 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00014/14

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

(22) Anmeldedatum: 08.01.2014

(72) Erfinder:
Jason Douglas Herzlinger,
Schenectady, NY 12345-6000 (US)
Harish Bommanakatte,
Bangalore, Karnataka 560066 IN (IN)
Bradley Taylor Boyer, Greenville, SC 29615 (US)
Anthony Louis Giglio, Simpsonville, SC 29681 (US)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.07.2014

(74) Vertreter:
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14
6300 Zug (CH)

(30) Priorität: 09.01.2013 US 13/737,023

(54) Verfahren zur Fertigung einer Schaufel mit Innenkühlkreis sowie Rotorschaufel.

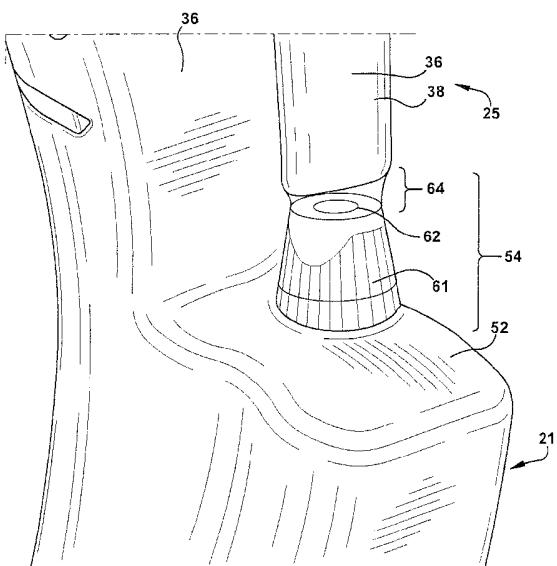
(57) Bereitgestellt wird ein Verfahren zur Fertigung einer Schaufel, bevorzugt einer Rotorschaufel in einem Turbinenbereich der Gasturbine mit einem Innenkühlkreis, wobei das Verfahren die Schritte aufweist: Giessen des Innenkühlkreises unter Verwendung eines Kerns, der eine überdimensionierte Unterstützungsverbindung enthält, wobei die überdimensionierte Unterstützungsverbindung eine erste Durchflusspassage in dem Innenkühlkreis ausbildet und in Bezug auf einen gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage (54) während des Betriebs überdimensioniert ist; Erzeugen eines Stopfens (61);

Erzeugen eines Stopfenkanals (62) durch den Stopfen (61), wobei der Stopfenkanal (62) einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage (54) entsprechend gestaltet ist;

Verbinden des Stopfens (61) mit der Schaufel so, dass der Stopfen (61) in Bezug auf die erste Durchflusspassage in einer Blockierungsposition fixiert wird.

Weiters wird eine nach dem Verfahren gefertigte Schaufel bereitgestellt.

Mit der Erfindung kann vermieden werden, dass die keramischen Giesskerne allzu filigrane Merkmale aufweisen müssen, welche deren Bruchgefahr erhöhen.



Beschreibung

Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft Verfahren zur Fertigung von Schaufeln von Gasturbinen, und insbesondere die Verwendung einer speziellen Innenkernanordnung bei dem Giessvorgang von Turbinenschaufeln, und Schaufeln mit auf diese Weise geformten Innenkühlstrukturen.

[0002] Herkömmliche Gasturbinen enthalten einen Verdichter, einen Brenner und eine Turbine. Wie im Fachgebiet allgemein bekannt, wird in dem Verdichter verdichtete Luft mit Brennstoff vermischt, welcher in dem Brenner verbrannt und in der Turbine expandiert wird, um dadurch die Turbinen in Drehung zu versetzen und den Verdichter anzutreiben. Die Turbinenkomponenten sind einer feindlichen Umgebung ausgesetzt, die durch extrem hohe Temperaturen und Drücke der heißen Verbrennungsprodukte gekennzeichnet ist, die in die Turbine eintreten. Um sich wiederholenden thermischen Zyklen in einer derartigen heißen Umgebung zu widerstehen, müssen die strukturelle Integrität und Kühlung der Turbinenschaufelblätter optimiert sein.

[0003] Wie dem Fachmann bekannt ist, haben sich serpentinartige oder sich windende Kühlkreise als eine effiziente und kosteneffektive Massnahme zur Luftkühlung der Schaft- und Schaufelblattabschnitte von Rotor- und Statorschaufeln in Gasturbinen erwiesen, und derartige Kühlverfahren wurden in modernen Designs sehr anspruchsvoll. Die Schaufelblätter enthalten typischerweise komplizierte Innenkühlungspassagen, die sich innerhalb des sehr dünnen Schaufelblattes radial erstrecken. Die radialen Passagen sind häufig mittels mehrerer kleiner Passagen verbunden, um den Kühlfludurchfluss zwischen den grösseren Durchflusspassagen zu ermöglichen. Die Fertigung von Schaufelblättern mit derart kleinen Innenmerkmalen erfordert einen komplizierten mehrstufigen Giessprozess.

[0004] Ein Problem bei dem derzeitigen Fertigungsprozess sind die Fertigung und Instandhaltung der beim Giessen verwendeten Kerne und die mittels herkömmlicher Prozesse erzielten niedrigen Ausbeuteraten. Der Hauptgrund für die niedrigen Ausbeuten besteht darin, dass während des Fertigungsprozesses der Schaufelblätter ein keramischer Kern, der die Kühlpassagen des Schaufelblattes definiert, oft bricht oder zerfällt. Es gibt eine Anzahl von Faktoren, die dazu beitragen, dass ein derartig hoher Prozentsatz von Keramikkernen beschädigt wird. Erstens ist Keramik allgemein ein sprödes Material. Zweitens sind die Schaufelblätter sehr dünn und demzufolge sind die Kerne sehr dünn. Schliesslich führen die kleinen Übergangspassagen und weitere Kompliziertheiten in dem Schaufelblatt zu schmalen filigranen Merkmalen, die leicht unter Last brechen.

[0005] Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die zerbrechliche Natur von Keramikkernen zu Produktionseinschränkungen führt, die optimalere Kühlverfahren begrenzen. In vielen Fällen kann es für den Schaufelblattkühlungs- und Triebwerkswirkungsgrad vorteilhafter sein, kleinere Übergangslöcher oder kompliziertere geometrische Merkmale zu haben. Jedoch sind filigranere Kühlpassagen oft nicht machbar, da der derzeitige Fertigungsprozess bereits eine unzureichend kleine Anzahl verwendbarer Schaufelblätter liefert und einen hohen Prozentsatz beschädigter Keramikkerner hat. Filigranere Kühlverfahren würden zu noch niedrigeren Fertigungsausbeuten und noch höheren Kosten pro Schaufelblatt führen. Somit besteht ein hoher Bedarf an der Verbesserung der Herstellbarkeit von Gasturbinenschaufelblättern, um die Kosten jedes Schaufelblattes zu reduzieren sowie die Kühlverfahren zu verbessern, die dieses leisten.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0006] Die vorliegende Anmeldung beschreibt somit eine Rotorschaufel mit einem Schaufelblattabschnitt und einem Fussabschnitt und einem Innenkühlkreis mit Durchflusspassagen in dem Fussabschnitt und dem Schaufelblattabschnitt, wobei der Innenkühlkreis enthält: eine erste Durchflusspassage; und einen nichtintegrierten Stopfen. Der Stopfen kann einen Stopfenkanal enthalten, der einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Kühlpassage entsprechend gestaltet ist. Der Stopfen kann mit der Rotorschaufel in einer fixierten Blockierungsposition in Bezug auf die erste Durchflusspassage verbunden sein.

[0007] Der Stopfenkanal und die Blockierungsposition des Stopfens können so gestaltet sein, dass sie Kühlmittelflüsse durch den Stopfenkanal ermöglichen, während sie gleichzeitig jeden weiteren Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage während des Betriebs blockieren.

[0008] Ein stromaufwärts befindliches Ende der ersten Durchflusspassage jeder vorstehend erwähnten Rotorschaufel kann einen Auslass für den Kühlmitteldurchfluss aus einer Kammer des Innenkühlkreises aufweisen; wobei eine zweite Durchflusspassage einen zweiten Auslass für einen Kühlmitteldurchfluss aus der Kammer aufweisen kann; wobei der Stopfen dafür gestaltet sein kann, den Kühlmitteldurchfluss aus der Kammer zwischen der ersten Durchflusspassage und der zweiten Durchflusspassage zu dosieren.

[0009] Die zweite Durchflusspassage jeder vorstehend erwähnten Rotorschaufel kann einen zweiten Stopfen aufweisen, der nicht in die Rotorschaufel integriert ist und einen Stopfenkanal enthält, der einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die zweite Kühlpassage entsprechend gestaltet ist und der zweite Stopfen kann mit der Rotorschaufel in einer fixierten Blockierungsposition in Bezug auf die zweite Durchflusspassage verbunden sein.

[0010] Der erste Stopfen und der zweite Stopfen jeder vorstehend erwähnten Rotorschaufel können so gestaltet sein, dass sie den Kühlmitteldurchfluss aus der Kammer zwischen der ersten Durchflusspassage und der zweiten Durchflusspassage dosieren.

[0011] Die Kammer jeder vorstehend erwähnten Rotorschaufel kann einen vorderen Abschnitt in dem Fussbereich aufweisen; wobei die erste Durchflusspassage die Kammer mit einer Vorderkanten-Durchflusspassage verbinden kann, die Vorderkanten-Durchflusspassage parallel in unmittelbarer Nähe zu einer Vorderkante des Schaufelblattes liegen und dafür gestaltet sein kann, einen Prallfluss von Kühlmittel aus mehreren Übergangspassagen aufzunehmen.

[0012] Die vorliegende Erfindung beschreibt ferner ein Fertigungsverfahren einer Schaufel mit einem Innenkühlkreis, wobei die Schaufel zur Verwendung in einer Gasturbine gestaltet ist, die Turbinenschaufel einen Schaufelblattabschnitt und einen Fussabschnitt aufweist, und das Verfahren die Schritte aufweist: Giessen des Innenkühlkreises unter Verwendung eines Kerns, der eine überdimensionierte Unterstützungsverbindung enthält, die für eine verbesserte Kernrobustheit gestaltet ist, wobei die überdimensionierte Unterstützungsverbindung eine erste Durchflusspassage in dem Innenkühlkreis ausbildet und in Bezug auf einen gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage während des Betriebs überdimensioniert ist; Ausbilden eines Stopfens; Ausbilden eines Stopfenkanals durch den Stopfen, wobei der Stopfenkanal einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage entsprechend gestaltet ist; und Verbinden des Stopfens mit der Schaufel so, dass der Stopfen in Bezug auf die erste Durchflusspassage in einer Blockierungsposition fixiert wird.

[0013] Jedes Verfahren zum Fertigen einer vorstehend erwähnten Schaufel kann vorsehen, dass die Schaufel eine Rotorschaufel in einem Turbinenbereich der Gasturbine umfasst.

[0014] Der Schritt der Verbindung des Stopfens mit der Schaufel kann eine Hartverlötzung des Stopfens in der Blockierungsposition in jedem vorstehend erwähnten Verfahren beinhalten.

[0015] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass die Blockierungsposition die Ausrichtung des Stopfens so umfasst, dass der Kühlmitteldurchfluss durch den Stopfenkanal zugelassen wird, während jeder andere Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage verhindert wird.

[0016] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass der Stopfen und erste Durchflusspassage so gestaltet sind, dass sie eine mechanische Presspassung dazwischen enthalten, die eine Stromabwärtsbewegung des Stopfens über einen vorbestimmten Punkt hinaus verhindert.

[0017] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass die mechanische Presspassung einen Sitz enthält, der zur Aufnahme des Stopfens gestaltet ist, und dass der vorbestimmte Punkt einen verengten Halsbereich in der ersten Durchflusspassage aufweist; und dass die Blockierungsposition den Stopfen in einem stromaufwärts befindlichen Abschnitt der ersten Durchflusspassage sitzend enthält.

[0018] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass der Stopfen eine sich verjüngende Gestalt aufweist, wobei ein kleineres Ende der sich verjüngenden Gestalt zur Aufnahme in dem Sitz der mechanischen Presspassung gestaltet ist, und ein grösseres Ende der sich verjüngenden Gestalt zur Aufnahme in dem Halsbereich gestaltet ist.

[0019] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass der Stopfen eine sich verjüngende Gestalt aufweist, dass der Stopfen eine kugelartige Gestalt hat.

[0020] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass die Ausbildung des Stopfenkanals mittels eines Bearbeitungsprozesses vervollständigt wird, nachdem der Stopfen mit der Schaufel in der Blockierungsposition verbunden ist.

[0021] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass die Ausbildung des Stopfenkanals vervollständigt wird, bevor der Stopfen mit der Schaufel in der Blockierungsposition verbunden wird.

[0022] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass der gewünschte Grad an Kühlmitteldurchfluss einen minimalen Grad an Kühlmitteldurchfluss auf der Basis von Schaufelkühlkriterien aufweist und kann ferner die Schritte umfassen: Ermitteln, dass ein momentaner Grad an Kühlmitteldurchflusses durch die erste Durchflusspassage unzureichend ist; und Erweitern des Stopfenkanals in der ersten Durchflusspassage.

[0023] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann die Schritte aufweisen: Trennen des Stopfens von der Schaufel, Wiederverbinden des modifizierten Stopfens in der Blockierungsposition.

[0024] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann umfassen, dass der gewünschte Grad an Kühlmitteldurchfluss einen minimalen Grad an Kühlmitteldurchfluss auf der Basis von Schaufelkühlkriterien aufweist und kann ferner die Schritte umfassen: Ermitteln, dass ein momentaner Grad an Kühlmitteldurchflusses durch die erste Durchflusspassage zu gross ist; und Verengen des Stopfenkanals in der ersten Durchflusspassage.

[0025] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann die Schritte aufweisen: Trennen des Stopfens von der Schaufel; Ausbilden eines neuen Stopfens mit einem verkleinerten Stopfenkanal; Wiederverbinden des neuen Stopfens in der Blockierungsposition.

[0026] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann einen ersten Stopfen aufweisen; ferner den Schritt der Ersetzung des ersten Stopfens durch einen zweiten Stopfen aufweisen, wobei der zweite Stopfen einen modifizierten Stopfenkanal im Vergleich zu dem Stopfenkanal des ersten Stopfens aufweist.

[0027] Jedes Fertigungsverfahren einer vorstehend erwähnten Schaufel kann vorsehen, dass der Stopfen einen ersten Stopfen aufweist; ferner die Schritte der Erzeugung eines zweiten Stopfens; der Erzeugung eines Stopfenkanals durch den zweiten Stopfen hindurch, wobei der Stopfenkanal einem neuem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflussspassage entsprechend gestaltet ist; Trennen des ersten Stopfens von der Schaufel; und Verbinden des zweiten Stopfens mit der Schaufel so, dass der zweite Stopfen die fixierte Blockierungsposition in Bezug auf die erste Durchflussspassage aufweist.

[0028] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Anmeldung werden nach Durchsicht der nachstehenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den Zeichnungen und den beigelegten Ansprüchen ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0029] Diese und weitere Merkmale dieser Erfindung werden durch sorgfältiges Studium der nachstehenden detaillierten Beschreibung exemplarischer Ausführungsformen in Verbindung mit den beigelegten Zeichnungen vollständiger verständlich und erkennbar, in welchen:

[0030] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer exemplarischen Turbine ist, in welcher bestimmte Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung verwendet werden können;

[0031] Fig. 2 eine Querschnittsansicht des Verdichterbereichs der Gasturbine von Fig. 1 ist;

[0032] Fig. 3 eine Querschnittsansicht des Turbinenbereichs der Gasturbine von Fig. 1 ist;

[0033] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer Turbinenrotorschaufel des Typs ist, in welcher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können;

[0034] Fig. 5 eine Querschnittsansicht einer Turbinenrotorschaufel mit Innenkühlpassagen herkömmlicher Konstruktion ist;

[0035] Fig. 6 eine perspektivische Ansicht eines Giesskerns für eine Turbinenrotorschaufel gemäß einer herkömmlichen Gestaltung ist;

[0036] Fig. 7 eine perspektivische Ansicht eines Giesskerns für eine Turbinenrotorschaufel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0037] Fig. 8 eine perspektivische Ansicht einer Innenkühlstruktur für eine Turbinenrotorschaufel gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0038] Fig. 9 eine Seitenansicht des in Fig. 8 dargestellten Stopfens ist;

[0039] Fig. 10 eine perspektivische Ansicht der Innenkühlstruktur von Fig. 8 ist;

[0040] Fig. 11 eine perspektivische Ansicht einer Innenkühlstruktur für eine Turbinenrotorschaufel gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist; und

[0041] Fig. 12 eine Seitenansicht des in Fig. 10 dargestellten Stopfens ist.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0042] Zunächst kann es, um die Erfindung der aktuellen Anmeldung deutlich abzugrenzen, erforderlich sein, eine Terminologie zu wählen, die sich auf bestimmte Teile oder Maschinenkomponenten innerhalb einer Gasturbine beziehen und diese beschreiben. Wie erwähnt, wird, da die hierin bereitgestellten Beispiele primär auf Gasturbinen abzielen, der Fachmann erkennen, dass die vorliegende Erfindung auf die in Verbrennungs- oder Dampfturbinen eingesetzten Rotschaufeln anwendbar ist. Wo immer möglich, wird die übliche Industrieterminologie in einer mit ihrer akzeptierten Bedeutung übereinstimmenden Weise verwendet und eingesetzt. Jedoch soll jede derartige Terminologie eine breite Bedeutung geben werden und nicht im engen Sinne betrachtet werden, sodass die beabsichtigte Bedeutung und der Schutzmfang der beigelegten Ansprüche nicht unzulässig eingeschränkt werden. Der Fachmann wird erkennen, dass oft eine spezielle Komponente unter Verwendung verschiedener unterschiedlicher Begriffe bezeichnet werden kann. Zusätzlich kann, was hierin als ein einzelnes Teil beschrieben werden kann, in einem anderen Zusammenhang mehrere Komponenten beinhalten und als aus solchen bestehend bezeichnet werden, oder das, was hierin als mehrere Komponenten enthaltend beschrieben werden kann, kann anderswo als nur ein Teil bezeichnet werden. Somit sollte zum Verständnis des Schutzmangs der vorliegenden Erfindung die Aufmerksamkeit nicht nur auf die hierin bereitgestellte Terminologie und Beschreibung gerichtet werden, sondern auch auf den Aufbau, die Gestaltung, Funktion und/oder Nutzung der Komponente, wie sie insbesondere in den beigelegten Ansprüchen bereitgestellt wird.

[0043] Zusätzlich können hierin verschiedene beschreibende Begriffe regelmäßig verwendet werden, und es dürfte sich als hilfreich erweisen, diese Begriffe zu Beginn dieses Abschnittes zu definieren. Demzufolge sind diese Begriffe und ihre

Definitionen, soweit nicht anderweitig festgelegt, wie folgt. So wie hierin verwendet, sind «stromabwärts» und «stromaufwärts» Begriffe, die eine Richtung bezüglich eines Flusses des Fluids anzeigen, wie des Arbeitsfluids durch die Turbine, oder z.B. des Flusses von Luft durch den Brenner oder von Kühlmittel durch eine von den Turbinenkomponentensystemen. Somit entspricht der Begriff «stromabwärts» der Richtung des Fluidflusses und der Begriff «stromaufwärts» bezeichnet die zu dem Fluss entgegengesetzte Richtung. Die Begriffe «vorwärts» und «rückwärts», ohne weitere Spezifizierung, beziehen sich auf Richtungen, wobei «vorwärts» sich auf das vordere oder das Verdichterende des Triebwerks bezieht und «rückwärts» sich auf das hintere Ende des Triebwerks bezieht. Der Begriff «radial» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position rechtwinklig zu einer Achse. Es ist oft erforderlich, Teile zu beschreiben, die sich an unterschiedlichen radialen Positionen in Bezug auf eine Mittenachse befinden. In Fällen wie diesen wird, wenn sich eine erste Komponente näher an der Achse als eine zweite Komponente befindet, hierin festgestellt, dass die erste Komponente «radial innerhalb» oder «innen» gegenüber der zweiten Komponente liegt. Wenn andererseits die erste Komponente weiter von der Achse weg liegt als die zweite Komponente, kann hierin festgestellt werden, dass die erste Komponente «radial ausserhalb» oder «außen» gegenüber der zweiten Komponente liegt. Der Begriff «axial» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position parallel zu einer Achse. Schliesslich bezieht sich der Begriff «in Umfangsrichtung» auf eine Bewegung oder Position um eine Achse herum. Man wird erkennen, dass derartige Begriffe in Bezug auf die Mittelachse der Turbine angewendet werden können.

[0044] Zur Hintergrundinformation stellen gemäss Bezugnahme auf die Figuren die Fig. 1 bis 3 eine exemplarische Gasturbine dar, in welcher Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung angewendet werden können. Es versteht sich für den Fachmann, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die diesen Anwendungstyp beschränkt ist. Wie festgestellt, kann die vorliegende Erfindung in Gasturbinen, wie z.B. in den in der Stromerzeugung und Flugzeugen eingesetzten Maschinen, in Dampfturbinen und anderen Rotationsmaschinen verwendet werden. Die bereitgestellten Beispiele sind nicht als Einschränkung auf den Typ der Turbomaschine gedacht.

[0045] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Gasturbine 10. Im Wesentlichen arbeiten Gasturbinen durch den Entzug von Energie aus einem unter Druck stehenden Strom heißer Gase, die durch die Verbrennung eines Brennstoffs in einem Strom verdichteter Luft erzeugt werden. Gemäss Darstellung in Fig. 1 kann die Gasturbine 10 mit einem axialen Verdichter 11, der mechanisch mittels einer gemeinsamen Welle oder eines Rotors mit einem stromabwärts befindlichen Turbinenabschnitt oder einer Turbine 13 verbunden ist, und mit einem Brenner 12, der zwischen dem Verdichter 11 und der Turbine 13 positioniert ist, ausgestaltet sein.

[0046] Fig. 2 veranschaulicht eine Ansicht eines exemplarischen mehrstufigen Axialverdichters 11, der in der Gasturbine von Fig. 1 verwendet werden kann. Gemäss Darstellung kann der Verdichter 11 mehrere Stufen enthalten. Jede Stufe kann eine Reihe von Verdichterrotorschaufeln 14, gefolgt von einer Reihe von Verdichterstatorschaufeln 15 enthalten. Somit kann eine erste Stufe eine Reihe von Verdichterrotorschaufeln 14 enthalten, welche um eine mittige Welle rotieren, gefolgt von einer Reihe von Verdichterstatorschaufeln 15, welche während des Betriebs stationär bleiben.

[0047] Fig. 3 veranschaulicht eine Tellansicht eines exemplarischen Turbinenabschnittes oder einer Turbine 13, die in der Gasturbine von Fig. 1 verwendet werden kann. Die Turbine 13 kann mehrere Stufen enthalten. Drei exemplarische Stufen sind dargestellt, aber mehr oder weniger Stufen können in der Turbine 13 vorhanden sein. Eine erste Stufe enthält mehrere Turbinenlaufschaufeln oder Turbinenrotorschaufeln 16, welche während des Betriebs um die Welle rotieren, und mehrere Leitschaufeln oder Turbinenstatorschaufeln 17, welche während des Betriebs stationär bleiben. Die Turbinenstatorschaufeln 17 sind im Wesentlichen in Umfangsrichtung in Abstand voneinander angeordnet und um die Rotationsachse herum fixiert. Die Turbinenrotorschaufeln 16 können auf einem (nicht dargestellten) Turbinenrad zur Drehung um die (nicht dargestellte) Welle montiert sein. Eine zweite Stufe der Turbine 13 ist ebenfalls dargestellt. Die zweite Stufe enthält in ähnlicher Weise mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Rotorschaufeln 16, welche ebenfalls auf einem Turbinenrad zur Drehung montiert sind. Eine dritte Stufe ist ebenfalls dargestellt und enthält in ähnlicher Weise mehrere Turbinenstatorschaufeln 17 und Rotorschaufeln 16. Man erkennt, dass die Turbinenstatorschaufeln 17 und die Turbinenrotorschaufeln 16 in dem Heissgaspfad der Turbine 13 liegen. Die Richtung des Stroms der heißen Gase durch den Heissgaspfad ist durch den Pfeil dargestellt. Wie der Fachmann erkennt, kann die Turbine 13 mehr oder in einigen Fällen weniger Stufen als die in Fig. 3 dargestellten enthalten. Jede zusätzliche Stufe kann eine Reihe von Turbinenstatorschaufeln 17 gefolgt von einer Reihe von Turbinenrotorschaufeln 16 enthalten.

[0048] In einem Betriebsbeispiel kann die Drehung der Verdichterrotorschaufeln 14 in dem axialen Verdichter 11 einen Luftstrom verdichten. In dem Brenner 12 kann Energie freigesetzt werden, wenn die verdichtete Luft mit einem Brennstoff vermischt und entzündet wird. Der sich ergebende Strom heißer Gase aus dem Brenner 12, welcher als das Arbeitsfluid bezeichnet werden kann, wird dann über die Turbinenrotorschaufeln 16 geführt, wobei der Arbeitsfluidstrom die Drehung der Turbinenrotorschaufeln 16 um die Welle bewirkt. Dadurch und wegen der Verbindung zwischen den Rotorschaufeln und der Welle der rotierenden Welle wird die Energie des Arbeitsfluidstroms in die mechanische Energie der rotierenden Laufschaufeln umgewandelt. Die mechanische Energie der Welle kann dann zum Antreiben der Drehung der Verdichterrotorschaufeln 14, sodass die notwendige Versorgung mit verdichteter Luft erzeugt wird, und beispielsweise auch für einen Generator zum Erzeugen von Elektrizität genutzt werden.

[0049] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht einer Turbinenrotorschaufel 16 des Typs, in welcher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Die Turbinenrotorschaufel 16 enthält einen Fuss 21, mittels welchem die Rotorschaufel 16 an einer Rotscheibe befestigt ist. Der Fuss 21 kann einen Schwanzschwanz enthalten, der zur

Befestigung in einem entsprechenden Schwabenschwanzschlitz in dem Umfang der Rotorscheibe gestaltet ist. Der Fuss 21 kann ferner einen Schaft enthalten, der sich zwischen dem Schwabenschwanz und einer Plattform 24 erstreckt, welche an dem Übergang des Schaufelblattes 25 und des Fusses 21 angeordnet ist und einen Abschnitt der Innenbegrenzung des Durchflusspfades durch die Turbine 13 definiert. Man erkennt, dass das Schaufelblatt 25 die aktive Komponente der Rotorschaukel 16 ist, die den Arbeitsfluidstrom aufnimmt und die Drehung des Rotors bewirkt. Obwohl die Schaufel in diesem Beispiel eine Turbinenrotorschaukel 16 ist, erkennt man, dass die vorliegende Erfindung auch auf andere Schaufeltypen in der Turbine 10 einschliesslich Turbinenstatorschaufeln 17 angewendet werden kann. Man sieht, dass das Schaufelblatt 25 der Rotorschaukel 16 eine konkave Druckseitenwand 26 und eine in Umfangsrichtung oder seitlich gegenüberliegenden konvexe Saugseitenwand 27 enthält, die sich axial zwischen gegenüberliegenden Vorder- und Hinterkanten 28, 29 erstreckt. Die Seitenwände 26 und 27 erstrecken sich von der Plattform 24 zu einer Aussenspitze 31 in der radialen Richtung.

[0050] Fig. 5 und 6 stellen Ansichten von Innenkühlpassagen bereit, die eine Ausgestaltung herkömmlicher Konstruktion haben, welche exemplarische Innenanordnungen veranschaulichen, in welchen, wie nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 7 bis 12 diskutiert, die vorliegende Erfindung angewendet werden kann. Im Allgemeinen enthalten die Innenküllkanäle von Fig. 5 eine oder mehrere Zuführungspassagen 44, die mehrere in dem Schaufelblatt 25 ausgebildete Durchflusspassagen 36 verbinden. Die Zuführungspassage 52 kann mit einer Kühlmittelquelle durch den Fuss 21 der Rotorschaukel 16 hindurch verbunden sein und die Durchflusspassagen 36 mit unter Druck stehendem Kühlmittel versorgen. Wie dargestellt können einige von den Durchflusspassagen 36 eine Anzahl axial gestaffelter Serpentinenpassagen enthalten. Dieser Konstruktionstyp kann Durchflusspassagen 36, die sich nach aussen zu einer 180 Grad-Kehre erstrecken, die in der Nähe der Aussenspitze 31 des Schaufelblattes 25 angeordnet ist, und Durchfluskanäle 36, die sich nach innen zu einer anderen 180 Grad-Kehre erstrecken, die in der Nähe der Plattform 24 der Rotorschaukel 16 positioniert ist, enthalten.

[0051] Wie es ebenfalls in Fig. 5 dargestellt ist, kann das Schaufelblatt 25 weitere Durchflusspassagen 36 enthalten, die nicht Teil des Serpentinenkreises sind. Beispielsweise erstreckt sich eine Vorderkanten-Durchflusspassage 38 parallel und in unmittelbarer Nähe zu der Vorderkante 28 des Schaufelblattes 25 und ist von einer Durchflusspassage 36 flankiert, die sich daneben erstreckt. Während sie sich in dieser Weise erstreckt, können diese Durchflusspassagen 36 über viele Übergangspassagen 43 verbunden sein. Man erkennt, dass die Übergangspassagen 43 enge seitliche Prallkanäle sind, die sich zwischen diesen Durchflusspassagen 36 erstrecken und diese verbinden. Fig. 5 enthält auch eine Hinterkanten-Durchflusspassage 39, die sich parallel zu der Hinterkante 29 des Schaufelblattes 25 erstreckt. Man erkennt, dass derartige Übergangspassagen 43 typischerweise vorgesehen sind, um die Kühlungseffektivität des Kühlmittels in gezielten Bereichen des Schaufelblattes 25 zu verbessern, und dass sie so ausgebildet sein müssen, dass sie insbesondere enge Durchflusquerschnittsflächen für den Aufprall des Kühlmitteldurchflusses in den Vorderkanten-Durchflusspassagen 36 haben. Aufgrund der vorgegebenen komplizierten Art des zur Erzeugung derartiger Passagen verwendeten Kerns sind die Kernausbeuten typischerweise niedrig und die Fertigungskosten bleiben hoch.

[0052] Eine Möglichkeit, in welcher Kerne verstärkt werden können, ist in Fig. 6 dargestellt. Fig. 6 stellt eine perspektivische Ansicht eines Giesskerns 51 gemäss einer weiteren herkömmlichen Konstruktion dar. Gemäss Darstellung enthält der Giesskern 51 unterstützende Verbinder 53, die den Aufbau des Kerns 51 abstützen, indem sie den Abschnitt des Kerns 51, der die Zuführungspassage 52 ausbildet, mit einem der Innendurchlässe des Serpentinenkreises verbinden. Man erkennt, dass die unterstützenden Verbinder 53 eine Verbindepassage 54 im Falle des Schaufelblattes 25 ausbilden. Jedoch sind die unterstützenden Verbinder 53 im Allgemeinen in der Grösse und Geometrie gemäss dem Wunsch zur Begrenzung des Grades des Kühlmitteldurchflusses durch die ausgebildeten Verbindepassage 54 während des Betriebs eingeschränkt.

[0053] Fig. 7 bis 13 veranschaulichen exemplarische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Man erkennt, dass diese Figuren und die zugehörige Diskussion als Beispiele bereitgestellt werden, und nicht dafür vorgesehen sind, die vorliegende Erfindung über den Schutzmfang der beigefügten Ansprüche hinaus zu schmälern. Fig. 7 veranschaulicht Modifikationen an der Innenkühlstruktur von Fig. 6, was eine signifikante Vergrösserung der unterstützenden Verbinder 53 beinhaltet. Diese überdimensionierten unterstützenden Verbinder 53 stellen eine stärkere strukturelle Robustheit in dem Kern bereit. Insbesondere wurden die überdimensionierten unterstützenden Verbinder 53 von Fig. 6 in den Abmessungen vergrössert, um die Bewegung zwischen den stärkeren Innenabschnitten des Giesskerns 51 und den sich radial erstreckenden Serpentinenkanälen zu stabilisieren. Man erkennt, dass eine derartige Modifikation an dem Kern vorteilhaft Kernausbeuten in dem Fertigungsprozess beeinflussen sollte. Wie nachstehend diskutiert, kann der überschüssige Kühlmitteldurchfluss, der durch die Verbindepassage 54 fliessen könnte, die sich aus solchen überdimensionierten unterstützenden Verbindern 53 ergibt, durch den spezialisierten Stopfen 61 dosiert werden, wie es unter Bezugnahme auf die Fig. 8 bis 12 diskutiert wird.

[0054] Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht einer Innenkühlstruktur gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Man erkennt, dass Fig. 8 eine Innenkühlstruktur ähnlich der in Fig. 5 gezeigten dahingehend darstellt, dass eine Zuführungspassage 52 dargestellt ist, die sich zu einer Durchflusspassage 36 hin verengt, welche sich dann neben einer Vorderkanten-Durchflusspassage 38 erstreckt, und dann mit der Vorderkanten-Durchflusspassage 38 über viele Prallübergangspassagen 43 für eine verbesserte Kühlung verbunden ist. Man erkennt, dass die herkömmliche Anordnung von Fig. 5 nicht die Verbindepassage 54 enthält, die die Vorderkanten-Durchflusspassage 38 mit der Zuführungspassage 52 verbindet, welche gemäss den vorliegenden Ausführungsformen mittels eines überdimensionierten unterstützenden Verbinders 53 ausgebildet wird. Der überdimensionierte unterstützende Verbinde 53 kann eine dickere Version des vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 7 diskutierten unterstützenden Verbinders 53 sein. Die Verbindepassage 54

erstreckt sich zwischen der Zuführungspassage 52 und einem Innenende der Vorderkanten-Durchflussspassage 38. Auf diese Weise ausgestaltet, erkennt man, dass der entsprechende überdimensionierte unterstützende Verbinder 53 eine signifikant erhöhte Robustheit für diesen Abschnitt des Giesskerns bereitstellen würde und zur Beschränkung der relativen Bewegung zwischen den Komponenten des Kerns, der den Vorderkantenverbinder 38 und die dazu benachbarte Durchflussspassage 36 ausbildet, gut geeignet wäre. Da der Kernaufbau, der den Übergangspassagen 53 entspricht, herkömmlicherweise einer der problematischsten in Bezug auf die Verursachung von Ausfällen während des Giessprozesses ist, sollte die Hinzufügung einer grösseren strukturellen Robustheit zwischen diesen zwei Passagen in dem Giesskern für die Begebung eines Bedarfsgebietes gut geeignet sein. Gemäss Darstellung kann die vorliegende Erfindung einen spezialisierten Stopfen 61 aufweisen, der einen Stopfenkanal 62 zum Verringern einer Durchflusssquerschnittsfläche in Verbindung mit etwas enthält, was wahrscheinlich eine überdimensionierte Verbindungsleitung 54 ist, deren Ausbildung durch den überdimensionierten unterstützenden Verbinder 53 vorgegeben ist. Wie nachstehend diskutiert, ist der Stopfen 61 mit dem Innenbereich der Rotorblatt 16 verbunden und befindet sich in einer fixierten Blockierungsposition in Bezug auf die Verbindungsleitung 54 und begrenzt oder dosiert dadurch den Kühlmitteldurchfluss über diesen Weg. Fig. 9 stellt eine Seitenansicht des Stopfens 61 in Fig. 8 dar, welcher eine kugelartige Gestalt haben kann und Fig. 10 stellt eine andere Perspektive der Anordnung von Fig. 8 dar.

[0055] Fig. 11 und 12 veranschaulichen eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In diesem Falle hat der Stopfen 62 eine sich verjüngende Gestalt, die bei einem Eingriff vollständiger in die Verbindungsleitung 54 als der vorstehend diskutierte kugelartige Stopfen 62 eingeführt werden kann. Man wird erkennen, dass über die einem robusteren Giesskern zugeordneten Vorteile hinaus die vorliegende Erfindung eine Einstellbarkeit nach dem Giessvorgang bereitstellt, die vorher nicht verfügbar war.

[0056] Gemäss Darstellung können Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung Rotorblätter und/oder Statorblätter mit einer Innenkühlstruktur wie hierin bereitgestellt (sowie Giesskerne, die zu deren Fertigung verwendet werden) beinhaltet. Demzufolge beinhaltet die vorliegende Erfindung in bestimmten Ausführungsformen eine Durchflussspassage, die so ausgestaltet ist, dass sie einen durch einen nichtintegrierten Stopfen 61 dosierten Durchfluss dadurch hat. Dieser nichtintegrierte Stopfen 61 kann einen Stopfenkanal 62 enthalten, der einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die Kühlleitung entsprechend gestaltet ist. Der Stopfen 61 kann mit der Rotorblatt 16 in einer fixierten Blockierungsposition in Bezug auf die Durchflussspassage verbunden sein. Der Stopfenkanal 62 und die Blockierungsposition des Stopfens 61 können so ausgestaltet sein, dass sie einen Kühlmitteldurchfluss durch den Stopfenkanal 62 zulassen, während sie jeden anderen Kühlmitteldurchfluss durch die Durchflussspassage während des Betriebs blockieren.

[0057] In bestimmten Ausführungsformen kann die Durchflussspassage an einem stromaufwärts liegenden Ende einen Auslass für ein Kühlmittel bereitstellen, das aus einer Kammer oder einer Zuführungspassage 44 des Innenkühlkreises fliesst. Der Innenkühlkreis kann auch eine weitere Durchflussspassage enthalten, die ebenfalls einen Auslass für diese spezielle Kammer oder die Zuführungspassage 44 bereitstellt. Man erkennt, dass der Stopfen 61 und der Stopfenkanal 62 dafür gestaltet sein können, den Kühlmitteldurchfluss aus der Kammer zwischen diesen zwei Durchflussspassagen zu dosieren. In bestimmten Ausführungsformen kann die zweite Durchflussspassage ebenfalls einen nichtintegrierten Stopfen 61 enthalten, der mit einem Stopfenkanal 62 ausgestaltet ist. In derartigen Fällen können die zwei Stopfen 61 Stopfenkanäle 62 haben, die zum Dosieren des Grades des Kühlmitteldurchflusses zwischen den zwei Durchflussspassagen auf die gewünschten Grade ausgestaltet sind. Wie unter Bezugnahme auf die Fig. 8, 10 und 11 dargestellt, kann die Kammer dieses Beispiels eine vordere Zuführungspassage 44 enthalten und die zwei Durchflussspassagen, die von ihr abzweigen, können eine Durchflussspassage 36 enthalten, die Teil eines Serpentinenkreises ist, und eine Verbindungsleitung 54, die die Zuführungspassage 44 mit der Vorderkante verbindet.

[0058] Die vorliegende Erfindung kann ferner Verfahren zur Fertigung interner Kühlungsanordnungen wie die vorstehend beschriebenen enthalten. Man erkennt, dass diese Ausführungsformen einen verbesserten Grad an Einstellbarkeit nach dem Giessvorgang für die Innenkühlstrukturen von Turbinenblättern 16 bereitstellen. In bestimmten Ausführungsformen enthält das Verfahren die Schritte: Giessen des Innenkühlkreises in einer Rotorblatt 16 unter Verwendung eines Kerns 51, der eine überdimensionierte unterstützende Verbindung 53 enthält, welche für eine verbesserte Kernrobustheit gestaltet ist. Wie beschrieben, bildet die überdimensionierte unterstützende Verbindung 53 eine Verbindungsleitung 54 in dem Innenkühlkreis aus, wobei «überdimensioniert» relativ zu einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die Verbindungsleitung 54 während des Betriebs ist. Der Korridor der vorliegenden Erfindung, ein Stopfen 61, kann so gestaltet werden, dass er einen Stopfenkanal 62 hat. Der Stopfenkanal 62 kann dafür gestaltet sein, dass er einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die Verbindungsleitung 54 entspricht.

[0059] Ein weiterer Schritt des vorliegenden Verfahrens beinhaltet die Verbindung des Stopfens 61 mit der Rotorblatt 16 so, dass der Stopfen 61 in einer Blockierungsposition in Bezug auf die Verbindungsleitung 54 fixiert wird. Der Schritt der Verbindung des Stopfens 61 mit der Blatt kann jeden(s) herkömmliche(n) Prozess oder Verfahren, wie z.B. Hartverlöten oder Verschweißen beinhalten. Die Blockierungsposition kann den Stopfen 61 so ausrichten, dass ein Kühlmitteldurchfluss durch den Stopfenkanal 62 zugelassen wird, während jeder andere Kühlmitteldurchfluss durch die Verbindungsleitung 54 verhindert wird.

[0060] Der Stopfen 61 und die Verbindungsleitung 54 können, wie dargestellt, so gestaltet sein, dass sie eine mechanische Presspassung dazwischen beinhalten, die eine Stromabwärtsbewegung des Stopfens 61 über einen bestimmten Punkt in der Verbindungsleitung 54 hinaus verhindert. Die mechanische Presspassung kann einen für die Aufnahme des Stopfens

61 gestalteten Sitz und einen verengten Halsbereich oder Hals 64 in der Verbindepassage 54 enthalten, welcher eine Stromabwärtsbewegung des Stopfens 61 verhindert. Wie dargestellt, kann die Blockierungsposition den Stopfen 61 in einem stromaufwärts liegenden Abschnitt der Verbindepassage 54 sitzend enthalten.

[0061] Man erkennt, dass der Stopfen 61 eine beliebige von mehreren möglichen Ausgestaltungen haben kann. Fig. 9 und 12 stellen bevorzugte Ausführungsformen bezüglich der Ausgestaltung des Stopfens 61 bereit. Gemäss Darstellung in Fig. 9 kann der Stopfen 61 eine abgerundete oder kugelartige Form haben. Gemäss Darstellung in Fig. 12 kann der Stopfen 61 eine sich verjüngende Form haben, welche an einem schmaleren Ende zur Aufnahme in dem Sitz der mechanischen Presspassung gestaltet ist, und am breiteren Ende der sich verjüngenden Form zur Aufnahme in dem Hals 54 zur Begrenzung der Bewegung gestaltet ist. Der Stopfenkanal 62 kann erzeugt werden, bevor der Stopfen an der Rotor-schaufel befestigt wird, oder der Stopfenkanal 62 kann durch den Stopfen 81 hindurch herausgearbeitet werden, sobald er mit der Rotorschaufel 16 verbunden ist. Mit einer Sichtlinie auf den Stopfen 61, welche für viele typische Kühlpassagen-gestaltungen verfügbar wäre, kann ein speziell gestaltetes Loch oder Kanal durch den Stopfen 61 mittels EDM oder anderer herkömmlicher Bearbeitungsprozesse gebohrt werden, um den Dosierungskanal durch den Stopfen 61 hindurch zu erzeugen.

[0062] Wie festgestellt, kann der Stopfenkanal 62 in Hinblick auf einen gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss dimensioniert werden. Der gewünschte Grad kann ein angenommener minimaler Grad an Kühlmitteldurchfluss sein, um den Rotorschaufel-Kühlungsbedarf zu decken. Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung eine effiziente Modifikation an dem Stopfen 61 und dem Stopfenkanal 62 ermöglicht, wenn später festgestellt wird, dass der tatsächliche Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die Verbindepassage 54 unzureichend ist. Beispielsweise kann, wenn festgestellt wird, dass der tatsächliche Grad an Kühlmitteldurchfluss unzureichend ist, der Stopfenkanal 62 so aufgeweitet werden, dass ein grösserer Betrag an Kühlmittel während des Turbinenbetriebs durch diesen fliesst. Diese Modifikation kann durch Trennen des Stopfens 61 von der Rotorschaufel und Herausarbeiten eines breiteren Stopfenkanals 62 ausgeführt werden. Eine derartige Modifikation kann auch durch Trennen des Stopfens 61 von der Rotorschaufel und durch Ersetzen dieses durch einen anderen modifizierten oder neuen Stopfen 61 ausgeführt werden, der einen breiteren Stopfenkanal 62 enthält, welcher eine Geometrie hat, von der angenommen wird, dass sie einen gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss dadurch bereitstellt. Schliesslich kann diese Modifikation durch Bearbeitung des Stopfens 61 durchgeführt werden während er an der Rotorschaufel 16 befestigt bleibt.

[0063] Andererseits kann festgestellt werden, dass der tatsächliche Grad an Kühlmitteldurchfluss durch den Stopfenkanal 62 zu stark ist und reduziert werden sollte. Wiederum kann diese Art von Modifikation auf verschiedene Weise durchgeführt werden. Beispielsweise kann der Stopfen 61 durch einen modifizierten Stopfen 61 mit einem Stopfenkanal 62 reduzierter Grösse ersetzt werden. Oder der Stopfen 61 selbst kann modifiziert werden, um so die Grösse seines Stopfenkanals 62 zu reduzieren. Dieses kann durch Entfernen des Stopfens von der Rotorschaufel 16 erfolgen, oder es kann mit an der Rotorschaufel verbleibenden Stopfen 61 erfolgen. Derartige Modifikationen können unter Anwendung herkömmlicher Prozesse und Materialien ausgeführt werden, und der Stopfen 61 kann unter Verwendung jedes für die extreme Umgebung der Gasturbine geeignete Material aufgebaut werden. Man erkennt, dass die spezifischen Abmessungen des Stopfenkanals 62 von der spezifischen Anwendung abhängig sein können und auf spezifische Durchflussmengen in unterschiedlichen Bereichen der internen Kühlungsgestaltung speziell angepasst werden können.

[0064] Auf diese Weise ermöglicht die vorliegende Erfindung, dass die Geometrie des Kerns ausreichend robust ist, um besser dem Giessprozess zu widerstehen, während gleichzeitig Möglichkeiten für eine einfache Modifikation nach dem Giessvorgang bereitgestellt werden. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung dazu genutzt werden, um grössere, überdimensionierte Verbindungsstrukturen in den Giesskernen zu ermöglichen, um dadurch den Kern so zu verstärken, sodass er sowohl den Kernfertigungs- als auch den Schaufelgiessprozess erfolgreicher überlebt. Der Stopfen 61 der vorliegenden Erfindung kann dann verwendet werden, um die durch die überdimensionierte Verbindungsstruktur erzeugten Durchflusspassagen so zu verengen, dass der Durchfluss dadurch auf einen zulässigen Grad beschränkt wird. Die vorliegende Erfindung kann beispielsweise verwendet werden, wenn die Menge des durch eine spezielle Durchflusspassage gewünschten Kühlmitteldurchflusses ausreichend klein ist, sodass das Giessen der Durchflusspassage als ein «Giess»-Merkmak notwendigerweise zu einem Kern mit übermäßig filigranen Merkmalen führen würde. Die vorliegende Erfindung kann auch bestimmte andere Dosierungsverfahren und eine kompliziertere Kühlpassagenkonstruktion bereitstellen, indem eine relative Bewegung zwischen Kernbereichen begrenzt wird.

[0065] Beispielsweise wird in Vorderkanten-Durchflusspassagen 38 der zu diesem Hohlraum dosierte Durchfluss herkömmlicherweise unter Verwendung einer grossen Anzahl sehr kleiner Übergangspassagen erreicht, die eine Prallkühlung bereitstellen. Wie man erkennt, sind die Übergangspassagen Bereiche hoher Belastung aufgrund ihrer kleinen Grösse, Geometrie und grossen Wärmegradienten. Die vorliegende Erfindung kann die Entfernung von einigen der Übergangspassagen durch eine Innenverbindepassage ermöglichen, was diesen stark beanspruchten Bereich der Rotorschaufel verstärken würde. Insbesondere kann die vorliegende Erfindung die Entfernung der untersten Übergangsprallpassagen entlang der Vorderkante des Schaufelblattes ermöglichen, wo die mechanischen und thermischen Belastungen auf die Schaufel am extremsten sind. Dieses verbessert die Komponentenlebensdauer und reduziert die Lebensdauerzykluskosten der Turbine.

[0066] Wie der Fachmann erkennt, können die vorstehend in Bezug auf die mehreren exemplarischen Ausführungsformen beschriebenen vielen verschiedenen Merkmale und Ausgestaltungen ferner selektiv zur Ausbildung der anderen

möglichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung angewendet werden. Zum Zwecke der Abkürzung und unter Berücksichtigung der Fähigkeiten des Fachmanns werden nicht alle möglichen Wiederholungen bereitgestellt oder im Detail diskutiert, obwohl alle von den verschiedenen nachstehenden Ansprüchen oder anderweitig umfassten Kombinationen und Ausführungsformen Teil der vorliegenden Erfindung sein sollen. Zusätzlich wird der Fachmann aus der vorstehenden Beschreibung verschiedener exemplarischer Ausführungsformen der Erfindung Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen erkennen. Derartige Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen innerhalb des Stands der Technik sollen ebenfalls durch die beigefügten Ansprüche abgedeckt sein. Ferner dürfte ersichtlich sein, dass Vorstehendes nur die beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung betrifft, und dass zahlreiche Änderungen und Modifikationen hierin ohne Abweichung von dem Erfindungsgedanken und Schutzmfang der Anmeldung gemäss Definition durch die nachstehenden Ansprüche und ihre Äquivalente durchgeführt werden können.

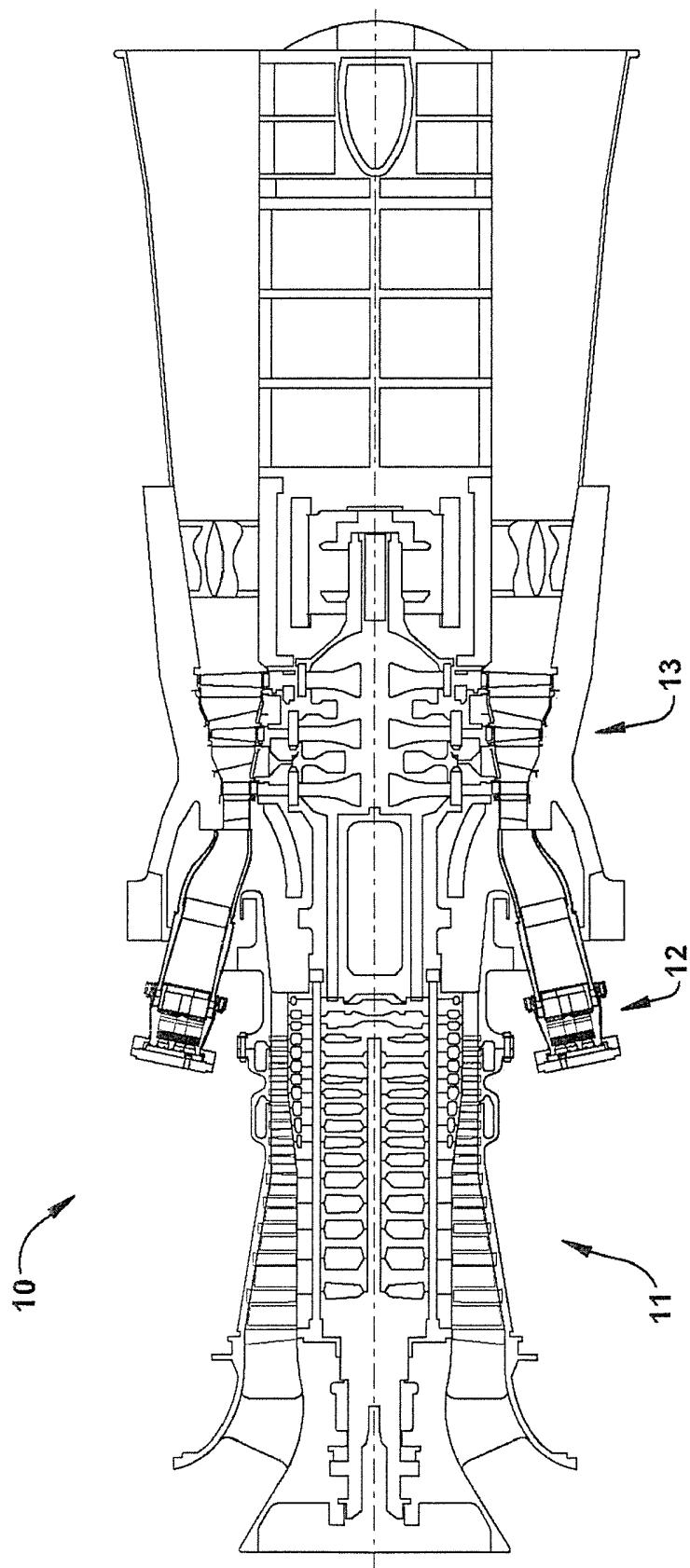
[0067] Es wird eine Rotorschaufel mit einem Schaufelblattabschnitt und einem Fussabschnitt und einem Innenkühlkreis mit Durchflusspassagen in dem Fussabschnitt und dem Schaufelblattabschnitt bereitgestellt, wobei der Innenkühlkreis enthält: eine erste Durchflusspassage; und einen nichtintegrierten Stopfen. Der Stopfen kann einen Stopfenkanal enthalten, der einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Kühlpassage entsprechend gestaltet ist. Der Stopfen kann mit der Rotorschaufel in einer fixierten Blockierungsposition in Bezug auf die erste Durchflusspassage verbunden sein.

Patentansprüche

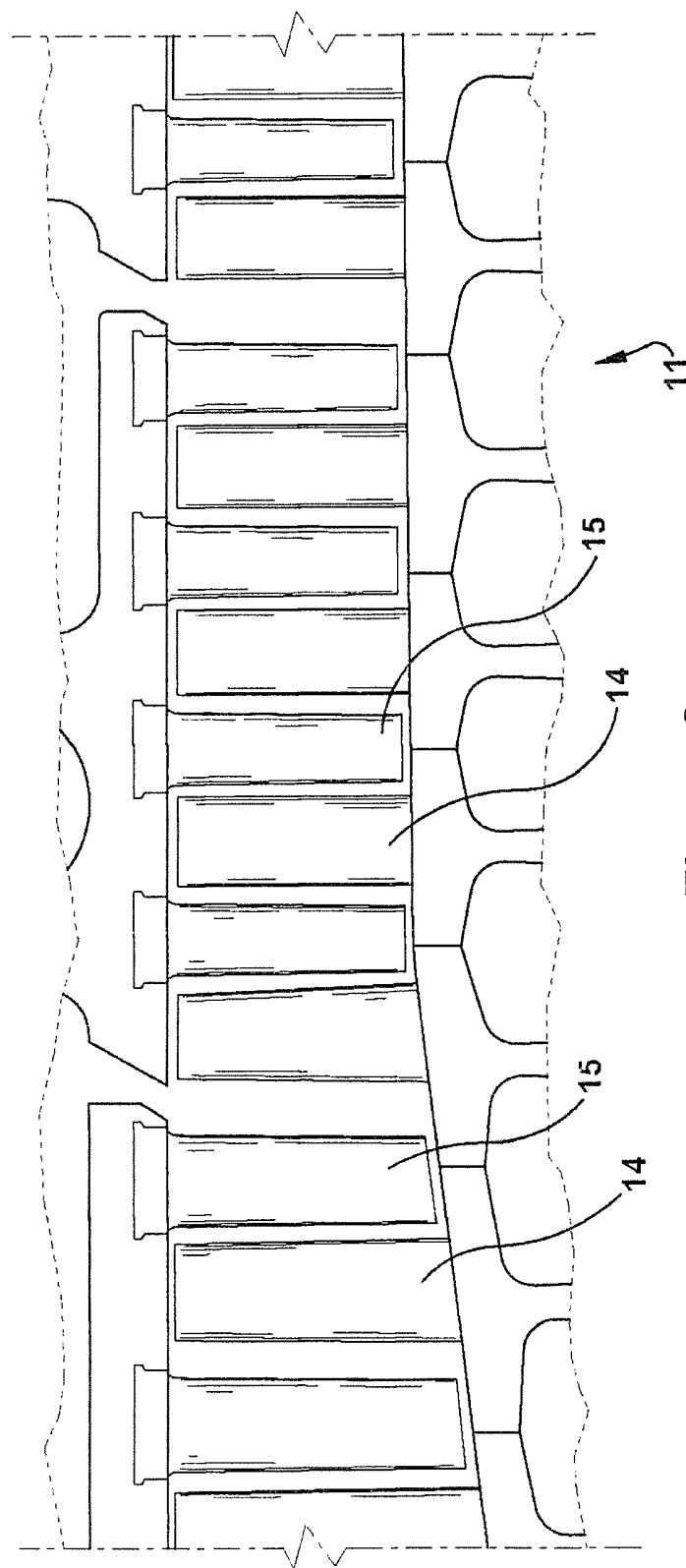
1. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel, bevorzugt einer Rotorschaufel in einem Turbinenbereich der Gasturbine mit einem Innenkühlkreis, wobei die Schaufel zur Verwendung in einer Gasturbine gestaltet ist, wobei die Turbinenschaufel einen Schaufelblattabschnitt und einen Fussabschnitt aufweist, und das Verfahren die Schritte aufweist:
Giessen des Innenkühlkreises unter Verwendung eines Kerns, der eine überdimensionierte Unterstützungsverbindung enthält, die für eine verbesserte Kernrobustheit gestaltet ist, wobei die überdimensionierte Unterstützungsverbindung eine erste Durchflusspassage in dem Innenkühlkreis ausbildet und in Bezug auf einen gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage während des Betriebs überdimensioniert ist;
Erzeugen eines Stopfens;
Erzeugen eines Stopfenkanals durch den Stopfen, wobei der Stopfenkanal einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage entsprechend gestaltet ist;
Verbinden des Stopfens mit der Schaufel so, dass der Stopfen in Bezug auf die erste Durchflusspassage in einer Blockierungsposition fixiert wird.
2. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 1, wobei der Schritt der Verbindung des Stopfens mit der Schaufel eine Hartverlötzung des Stopfens in der Blockierungsposition beinhaltet und/oder
wobei die Blockierungsposition eine Ausrichtung des Stopfens so umfasst, dass ein Kühlmitteldurchfluss durch den Stopfenkanal zugelassen wird, während jeder andere Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage verhindert wird und/oder
wobei der Stopfen und die erste Durchflusspassage so gestaltet sind, dass sie eine mechanische Presspassung dazwischen enthalten, die eine Stromabwärtsbewegung des Stopfens über einen vorbestimmten Punkt hinaus verhindert.
3. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 2, wobei die mechanische Presspassung einen Sitz beinhaltet, der für die Aufnahme des Stopfens gestaltet ist, und der vorbestimmte Punkt einen verengten Halsbereich in der ersten Durchflusspassage aufweist; und
wobei die Blockierungsposition den in einem stromaufwärts liegenden Abschnitt der ersten Durchflusspassage sitzenden Stopfen enthält,
wobei der Stopfen bevorzugt eine sich verjüngende Gestalt aufweist, wobei ein schmaleres Ende der sich verjüngenden Gestalt zur Aufnahme in dem Sitz der mechanischen Presspassung gestaltet ist und ein grösseres Ende der sich verjüngenden Gestalt zur Aufnahme in dem Halsbereich gestaltet ist, oder wobei alternativ der Stopfen eine kugelartige Gestalt hat.
4. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 2, wobei die Erzeugung des Stopfenkanals durch einen Bearbeitungsprozess vervollständigt wird, nachdem der Stopfen mit der Schaufel in der Blockierungsposition verbunden wurde und/oder wobei die Fertigung des Stopfenkanals vervollständigt wird, bevor der Stopfen mit der Schaufel in der Blockierungsposition verbunden wird.
5. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 1, wobei der gewünschte Grad an Kühlmitteldurchfluss einen minimalen Grad an Kühlmitteldurchfluss auf der Basis von Schaufelkühlungskriterien aufweist;
ferner mit den Schritten:
Feststellen, dass ein tatsächlicher Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflusspassage unzureichend ist; und
Aufweiten des Stopfenkanals in der ersten Durchflusspassage;
bevorzugt ferner mit den Schritten:
Trennen des Stopfens von der Schaufel;

CH 707 457 A2

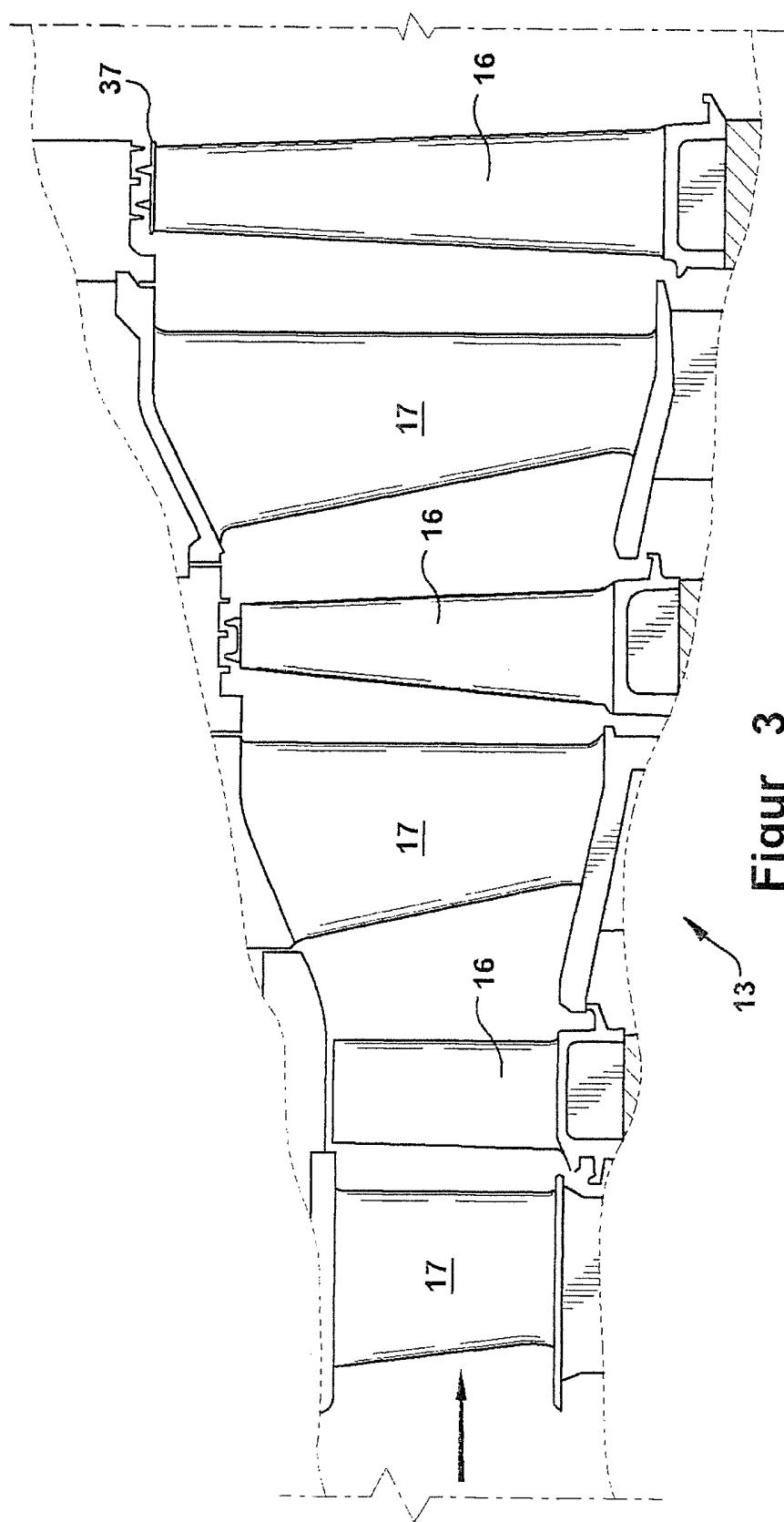
- Wiederverbinden des modifizierten Stopfens in der Blockierungsposition.
6. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 1, wobei der gewünschte Grad an Kühlmitteldurchfluss einen minimalen Grad an Kühlmitteldurchfluss auf der Basis von Schaufelkühlungskriterien aufweist; ferner mit den Schritten:
Feststellen, dass ein tatsächlicher Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflussspassage zu gross ist; und Verengen des Stopfenkanals in der ersten Durchflussspassage.
 7. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 6, ferner mit den Schritten:
Trennen des Stopfens von der Schaufel;
Erzeugen eines neuen Stopfens mit einem verkleinerten Stopfenkanal;
Wiederverbinden des neuen Stopfens in der Blockierungsposition.
 8. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 2, wobei der Stopfen einen ersten Stopfen aufweist; ferner mit dem Schritt der Ersetzung des ersten Stopfens durch einen zweiten Stopfen, wobei der zweite Stopfen einen modifizierten Stopfenkanal im Vergleich zu dem Stopfenkanal des ersten Stopfens aufweist.
 9. Verfahren zur Fertigung einer Schaufel nach Anspruch 2, wobei der Stopfen einen ersten Stopfen aufweist; ferner mit den Schritten:
Erzeugen eines zweiten Stopfens,
Erzeugen eines Stopfenkanals durch den zweiten Stopfen, wobei der Stopfenkanal dafür gestaltet ist, dass er einem neuen gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Durchflussspassage entspricht;
Trennen des ersten Stopfens von der Schaufel; und
Verbinden des zweiten Stopfens mit der Schaufel so, dass der zweite Stopfen die fixierte Blockierungsposition in Bezug auf die erste Durchflussspassage aufweist.
 10. Rotorschaufel mit einem Schaufelblattabschnitt und einem Fussabschnitt und einen Innenkühlkreis mit Durchflussspassagen in dem Fussabschnitt und dem Schaufelblattabschnitt, wobei der Innenkühlkreis enthält:
eine erste Durchflussspassage; und einen nichtintegrierten Stopfen;
wobei der Stopfen einen Stopfenkanal aufweist, der dafür gestaltet ist, dass er einem gewünschten Grad an Kühlmitteldurchfluss durch die erste Kühlpassage entspricht; und
wobei der Stopfen mit der Rotorschaufel in einer fixierten Blockierungsposition in Bezug auf die erste Durchflussspassage verbunden ist.



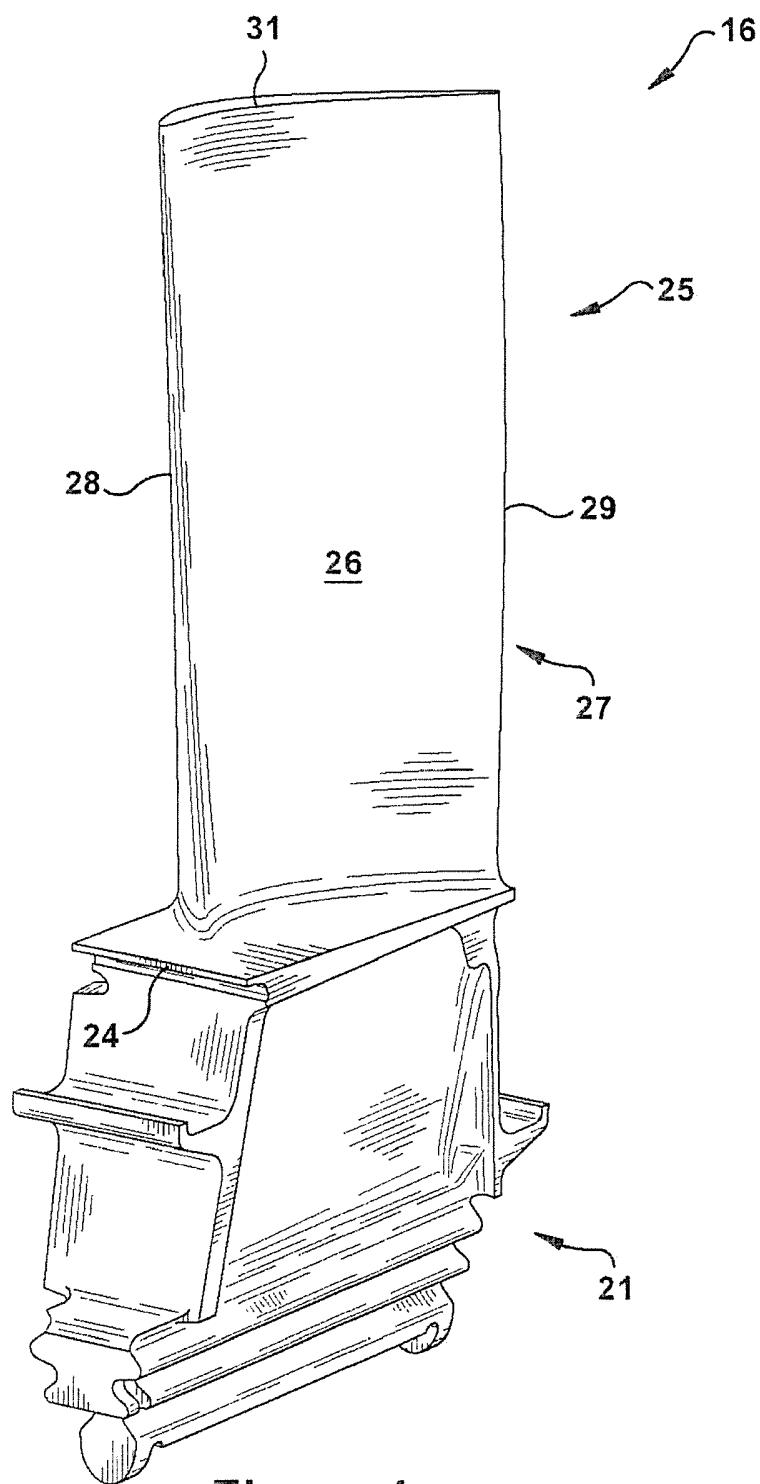
Figur 1
(Stand der Technik)



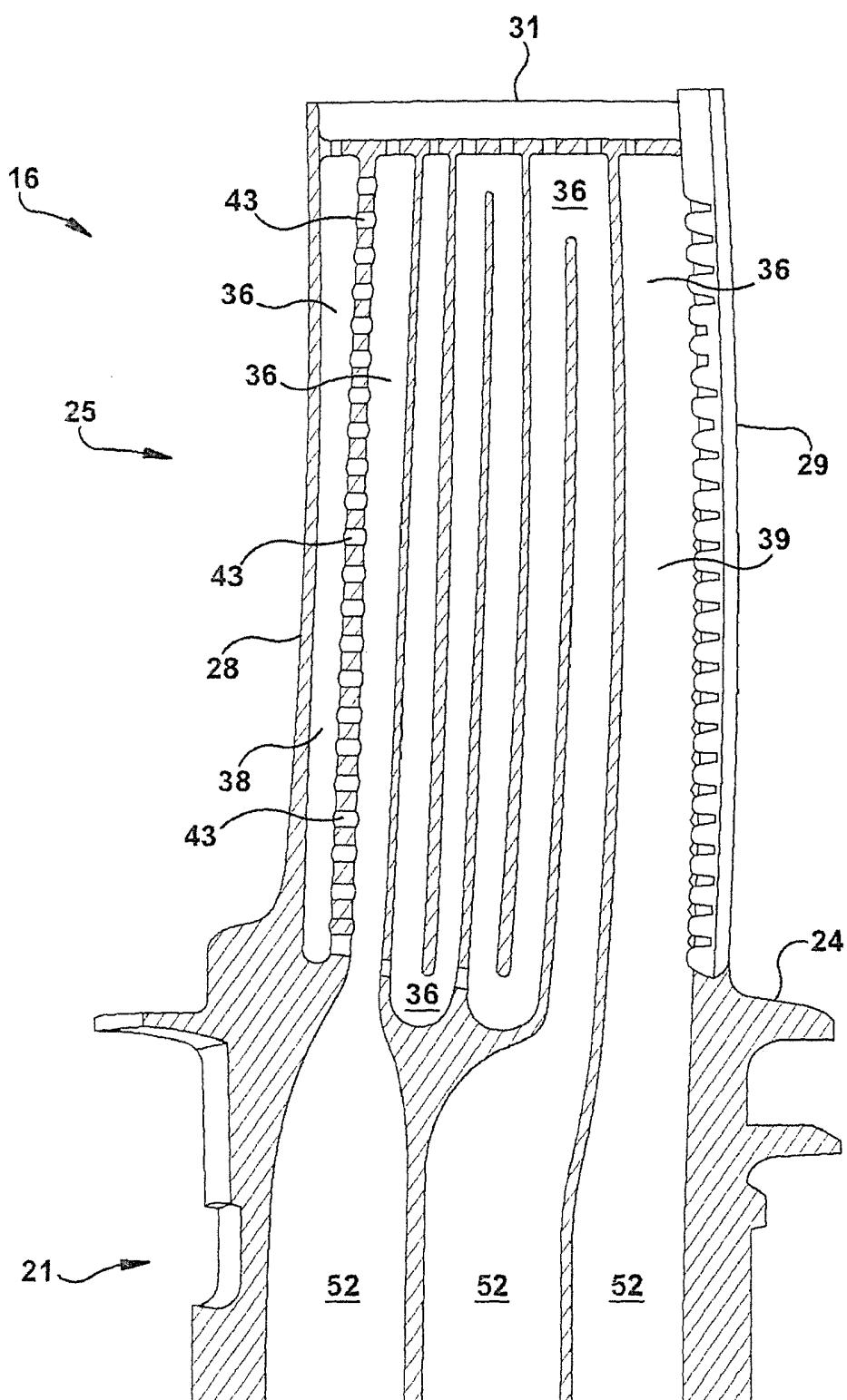
Figur 2
(Stand der Technik)



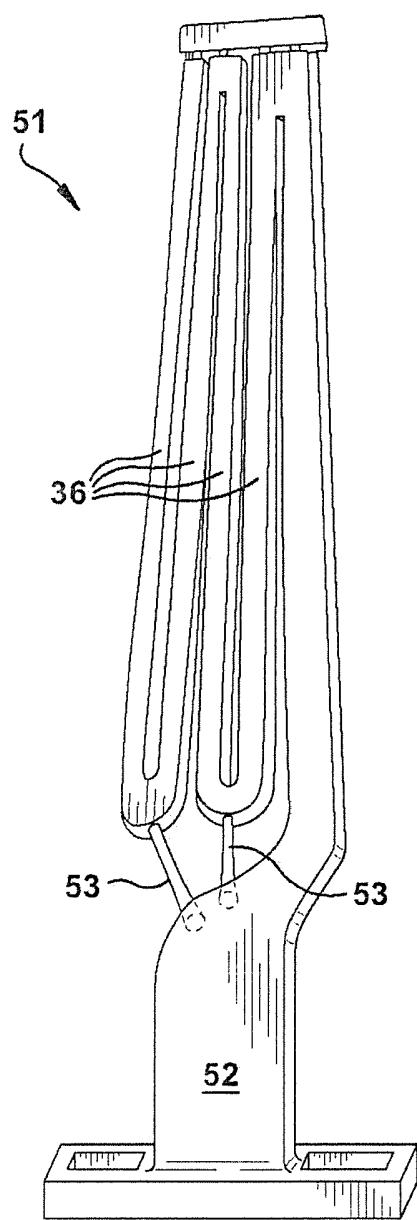
Figur 3
(Stand der Technik)



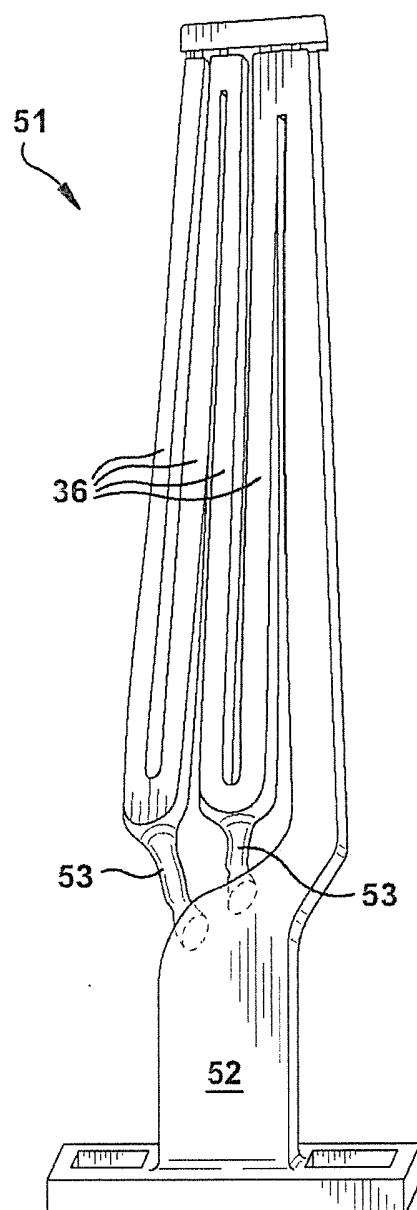
Figur 4
(Stand der Technik)



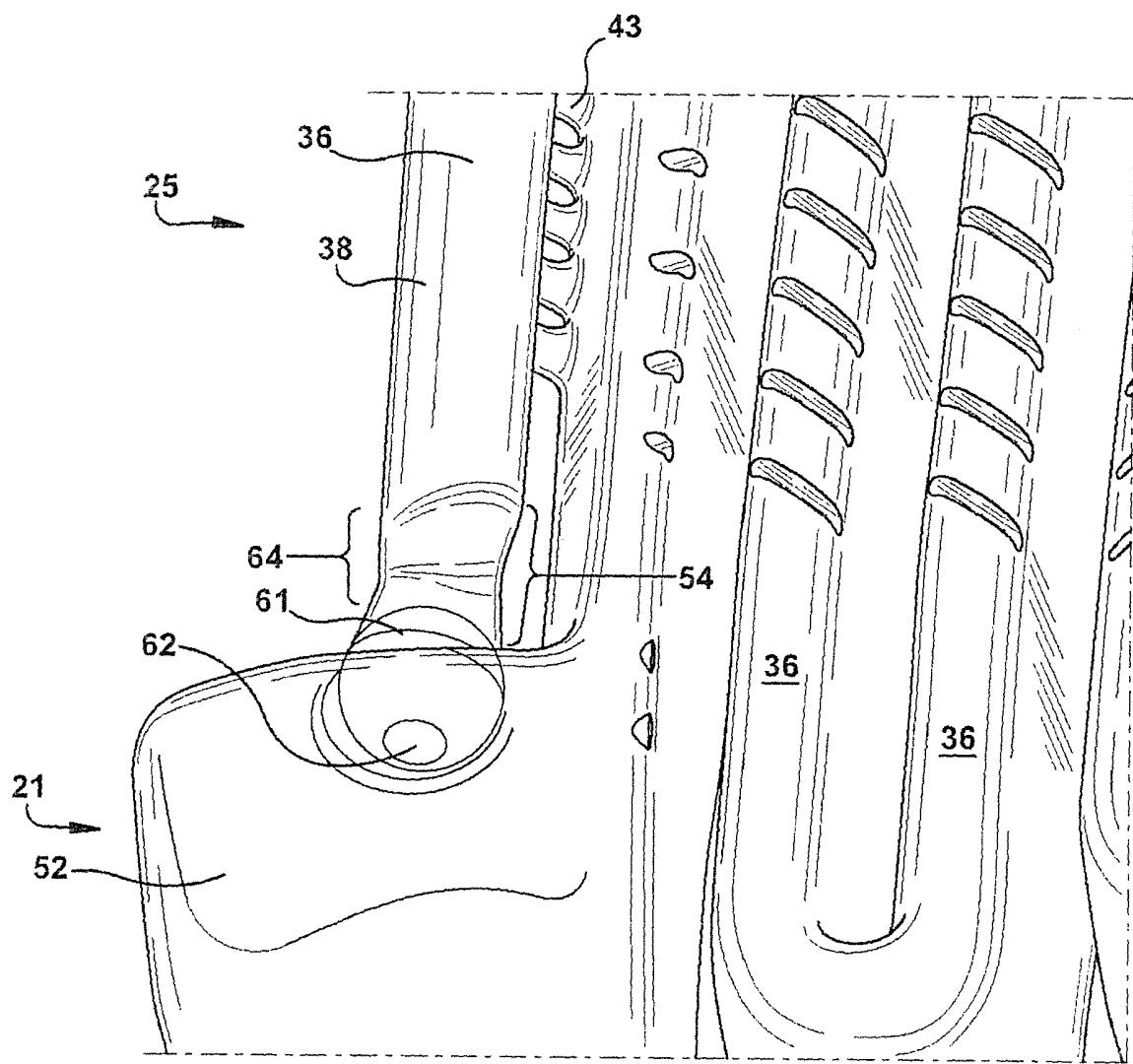
Figur 5
(Stand der Technik)



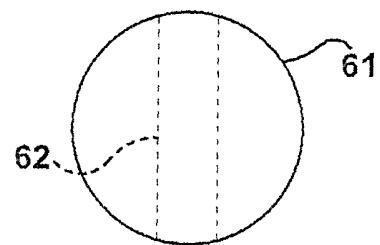
Figur 6
(Stand der Technik)



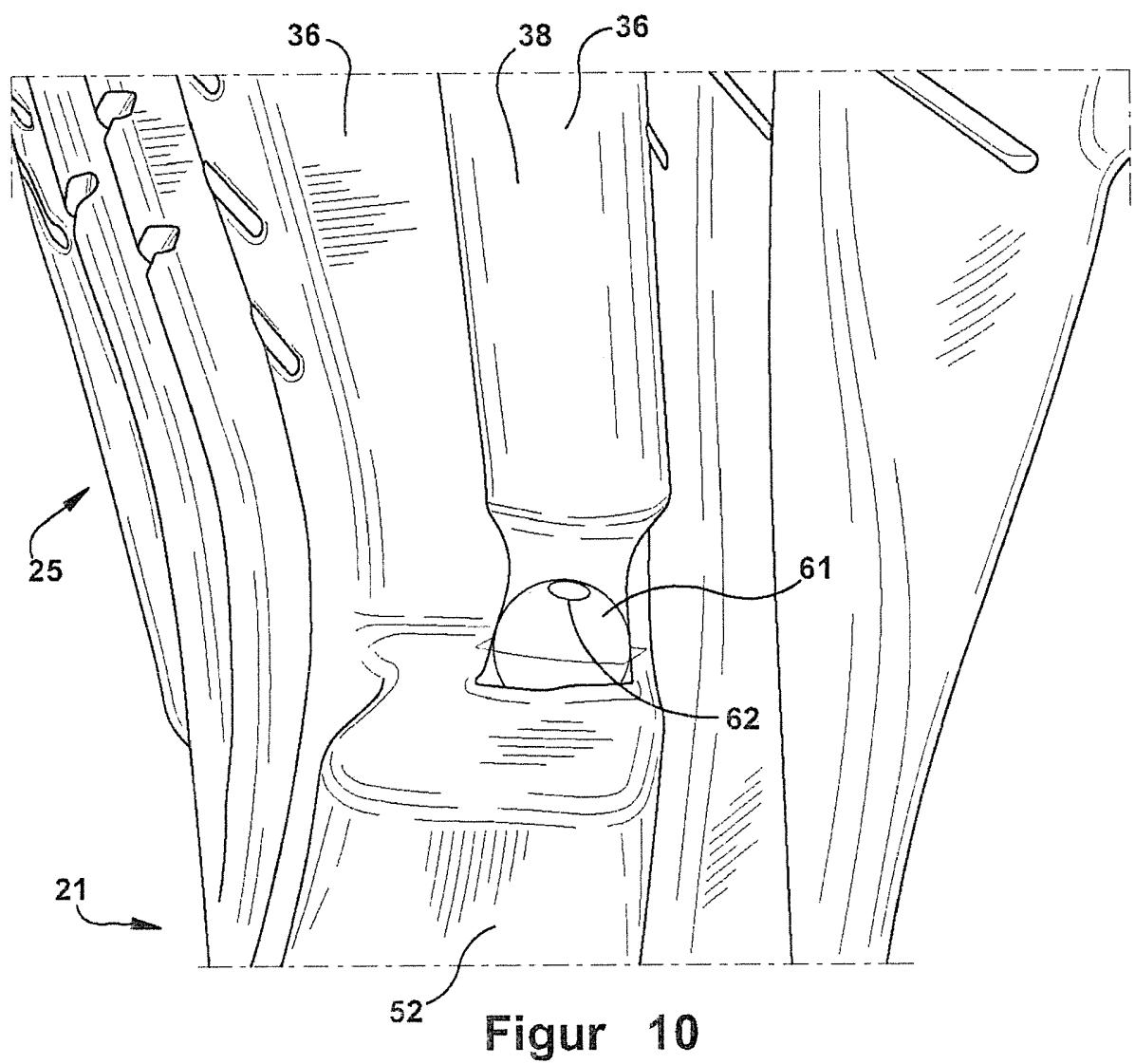
Figur 7

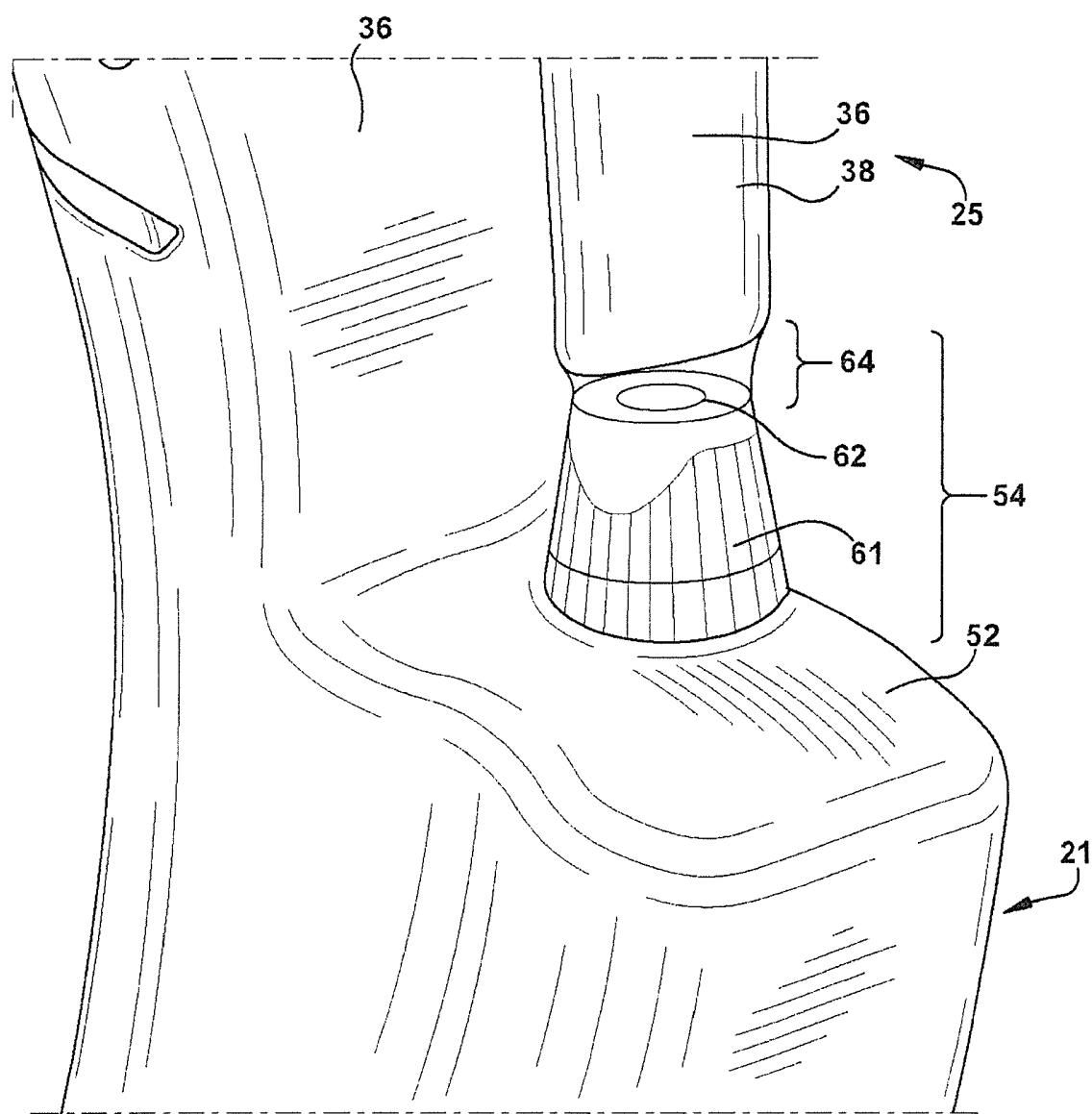


Figur 8

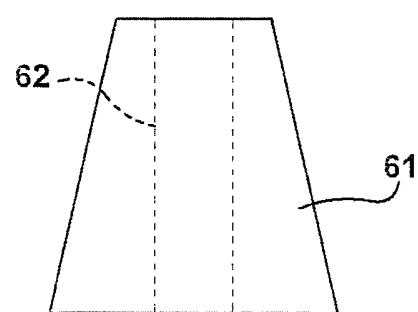


Figur 9





Figur 11



Figur 12