



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 706 961 A2

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

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01438/13

(22) Anmeldedatum: 22.08.2013

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.03.2014

(30) Priorität: 31.08.2012 US 13/600,756

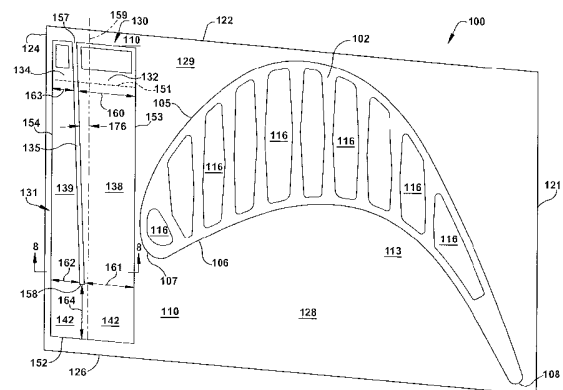
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Christopher Donald Porter,
Greenville, South Carolina 29615 (US)
Gary Michael Itzel, Greenville, South Carolina 29615 (US)

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

(54) Kühlung einer Turbinenschaufel.

(57) Es ist eine Kühlanordnung in einer Plattform (110) in einer Laufschaufel (100) oder einer Seitenwand in einer Leitschaufel in einer Turbine einer Verbrennungsturbine beschrieben. Die Kühlanordnung enthält: eine Kühlkammer (130), die konfiguriert ist, um ein Kühlmittel von einem Einlass (132) zu einem Auslass (134) weiterzuleiten; und eine Rippe (135), die innerhalb der Kühlkammer (130) angeordnet ist. Die Rippe (135) unterteilt die Kühlkammer teilweise, um eine Serpentine zu bilden. Die Rippe (135) verläuft in Bezug auf die Kühlkammer (130) derart schräg, dass die Serpentine einen sich zunehmend verengenden Kanal aufweist.



Beschreibung

Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft allgemein Verbrennungsturbinen, die, wie hierin verwendet und sofern nicht speziell anders angegeben, alle Arten von Verbrennungsturbinen, wie beispielsweise diejenigen, die bei der Energieerzeugung verwendet werden, sowie Flugtriebwerke, umfassen. Insbesondere, jedoch keinesfalls beschränkend, betrifft die vorliegende Anmeldung Vorrichtungen, Systeme und/oder Verfahren zur Kühlung der Plattformregion von Turbinenlaufschaukeln und der Seitenwandregion von Turbinenleitschaukeln.

[0002] Eine Gasturbine enthält gewöhnlich einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Turbine. Der Verdichter und die Turbine enthalten im Allgemeinen Reihen von Schaufelblättern oder Schaufeln, die axial in Stufen gestapelt sind. Jede Stufe enthält gewöhnlich eine Reihe von in Umfangsrichtung beabstandeten Leitschaukeln, die ortsfest sind, und einen Satz von in Umfangsrichtung beabstandeten Laufschaufeln, die rings um eine Mittelachse oder -welle rotieren. Im Betrieb werden die Laufschaufeln in dem Verdichter an der Welle gedreht, um einen Luftstrom zu verdichten. Die verdichtete Luft wird anschliessend innerhalb der Brennkammer dazu verwendet, einen zugeführten Brennstoff zu verbrennen. Die resultierende Strömung von Heissgasen aus dem Verbrennungsprozess wird beim Durchgang durch die Turbine expandiert, was die Laufschaufeln veranlasst, die Welle, an der sie befestigt sind, zu drehen. Auf diese Weise wird in dem Brennstoff enthaltene Energie in die mechanische Energie der umlaufenden Welle umgewandelt, die dann z.B. dazu verwendet werden kann, die Spulen eines Generators zu drehen, um Elektrizität zu erzeugen.

[0003] Bezugnehmend auf die Fig. 1 und 2 enthalten Turbinenlaufschaukeln 100 allgemein einen Schaufelblattabschnitt oder ein Schaufelblatt 102 und einen Fussabschnitt oder einen Fuss 104. Das Schaufelblatt 102 kann derart beschrieben sein, dass es eine konvexe Saugseite 105 und eine konkave Druckseite 106 aufweist. Das Schaufelblatt 102 kann ferner derart beschrieben sein, dass es eine Vorderkante 107, die die führende Kante ist, und eine Hinterkante 108 aufweist, die die nachlaufende Kante ist. Der Fuss 104 kann derart beschrieben sein, dass er eine Struktur (die, wie veranschaulicht, gewöhnlich einen Schwalbenschwanz 109 enthält) zur Befestigung der Schaufel 100 an der Rotorwelle, eine Plattform 110, von der sich das Schaufelblatt 102 aus erstreckt, und einen Schaft 112 aufweist, der die Struktur zwischen dem Schwalbenschwanz 109 und der Plattform 110 enthält.

[0004] Wie veranschaulicht, kann die Plattform 110 im Wesentlichen plan sein. Insbesondere kann die Plattform 110 eine plane Oberseite 113 aufweisen, die, wie in Fig. 1 veranschaulicht, eine sich axial und in Umfangsrichtung erstreckende flache Oberfläche enthalten kann. Wie in Fig. 2 veranschaulicht, kann die Plattform 110 eine plane Unterseite 114 aufweisen, die ebenfalls eine sich axial und in Umfangsrichtung erstreckende flache Oberfläche enthalten kann. Die Oberseite 113 und die Unterseite 114 der Plattform 110 können derart ausgebildet sein, dass jede im Wesentlichen parallel zu der anderen verläuft. Wie dargestellt, wird erkannt, dass die Plattform 110 gewöhnlich ein dünnes radiales Profil aufweist, d.h., es liegt ein relativ kurzer radialer Abstand zwischen der Oberseite 113 und der Unterseite 114 der Plattform 110 vor.

[0005] Im Allgemeinen wird die Plattform 110 an Turbinenlaufschaukeln 100 verwendet, um die innere Strömungspfadbegrenzung des Heissgaspfadabschnitts der Gasturbine zu bilden. Die Plattform 110 bietet ferner strukturellen Halt für das Schaufelblatt 102. Im Betrieb ruft die Drehgeschwindigkeit der Turbine eine mechanische Belastung hervor, die hoch beanspruchte Regionen entlang der Plattform 110 hervorruft, die in Verbindung mit hohen Temperaturen schliesslich die Bildung von betrieblichen Defekten, wie beispielsweise Oxidation, Kriechen, Ermüdungsrisse bei niederfrequenter Beanspruchung und andere, zur Folge haben. Diese Defekte beeinflussen natürlich negativ die Nutzungslebensdauer der Laufschaufel 100. Es wird erkannt, dass diese rauen Betriebsbedingungen, d.h. die Beaufschlagung durch extreme Temperaturen des Heissgaspfades und die mechanische Belastung, die mit den umlaufenden Schaufeln verbunden ist, beträchtliche Herausforderungen bei der Konstruktion dauerhafter, langlebiger Laufschaufelplattformen 110, die sowohl gut funktionieren als auch kostengünstig herzustellen sind, schaffen.

[0006] Eine übliche Lösung, um die Plattformregion 110 haltbarer zu machen, besteht darin, diese mit einer Strömung verdichteter Luft oder eines anderen Kühlmittels während des Betriebs zu kühlen, und es sind vielfältige dieser Arten von Plattformkonstruktionen bekannt. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, wirft die Plattformregion 110 jedoch bestimmte Konstruktionsprobleme auf, die ihre Kühlung auf diese Weise schwierig machen. Dies beruht in wesentlichem Masse insofern auf der unhandlichen Geometrie dieser Region, als die Plattform 110 eine periphere Komponente ist, die sich von dem zentralen Kern der Laufschaufel entfernt befindet und gewöhnlich so gestaltet ist, dass sie eine strukturell solide, aber dünne radiale Dicke hat.

[0007] Um ein Kühlmittel umzuwälzen, enthalten die Laufschaufeln 100 einen oder mehrere hohle Kühlkanäle 116 (siehe Fig. 3, 4, 5 und 9), die zumindest radial durch den Kern der Schaufel 100, einschliesslich durch den Fuss 104 und das Schaufelblatt 102, verlaufen. Wie in grösseren Einzelheiten nachstehend beschrieben, können derartige Kühlkanäle 116 zum Erhöhen des Wärmeaustauschs mit einem geschlängelten Pfad ausgebildet sein, der sich durch die zentralen Regionen der Schaufel 100 windet, obwohl auch andere Konfigurationen möglich sind. Im Betrieb kann ein Kühlmittel über einen oder mehrere Einlässe 117, die in dem Innenabschnitt des Fusses 104 ausgebildet sind, in die zentralen Kühlkanäle eintreten. Das Kühlmittel kann durch die Schaufel 100 zirkulieren und durch (nicht veranschaulichte) Auslässe, die an dem Schaufelblatt ausgebildet sind, und/oder über einen oder mehrere (nicht veranschaulichte) Auslässe, die in dem Fuss 104 ausgebildet sind, austreten. Das Kühlmittel kann unter Druck stehen und z.B. Druckluft, mit Wasser vermischte

Druckluft, Dampf und dergleichen beinhalten. In vielen Fällen ist das Kühlmittel verdichtete Luft, die von dem Verdichter der Maschine/Anlage abgeleitet wird, obwohl andere Quellen möglich sind. Wie in grösseren Einzelheiten nachstehend erläutert, enthalten diese Kühlkanäle gewöhnlich eine Hochdruckkühlmittelregion und eine Niederdruckkühlmittelregion. Die Hochdruckkühlmittelregion entspricht meist einem stromaufwärtigen Abschnitt des Kühlkanals, der einen höheren Kühlmitteldruck hat, während die Niederdruckkühlmittelregion einem stromabwärtigen Abschnitt entspricht, der einen relativ niedrigen Kühlmitteldruck aufweist.

[0008] In einigen Fällen kann das Kühlmittel aus den Kühlkanälen 116 in einen Hohlraum 119 geleitet werden, der zwischen den Schäften 112 und Plattformen 110 benachbarter Laufschaufeln 100 ausgebildet ist. Von dort kann das Kühlmittel zur Kühlung der Plattformregion 110 der Schaufeln verwendet werden, wobei eine herkömmliche Konstruktion hiervon in Fig. 3 dargestellt ist. Diese Konstruktionsart zieht gewöhnlich Luft aus einem der Kühlkanäle 116 ab und verwendet die Luft, um den jeweiligen zwischen den Schäften 112/Plattformen 110 gebildeten Hohlraum 119 mit Druck zu beaufschlagen. Sobald er mit Druck beaufschlagt worden ist, führt dieser Hohlraum 119 dann den durch die Plattformen 110 verlaufenden Kühlkanälen Kühlmittel zu. Nachdem sie die Plattform 110 durchströmt hat, kann die Kühlluft den Hohlraum durch in der Oberseite 113 der Plattform 110 ausgebildete Filmkühllöcher verlassen.

[0009] Es ist aber zu erkennen, dass diese herkömmliche Konstruktionsbauart verschiedene Nachteile hat. Erstens ist der Kühlkreislauf nicht in einem einzigen Teil in sich geschlossen, da der Kühlkreislauf erst gebildet wird, wenn zwei benachbarte Laufschaufeln 100 zusammengebaut werden. Dies erhöht wesentlich den Grad der Schwierigkeit und Komplexität von Strömungstests bei der Installation und Vorinstallation. Ein zweiter Nachteil ist, dass die Intaktheit des zwischen benachbarten Laufschaufeln 100 gebildeten Hohlraums davon abhängt, wie gut der Umfang des Hohlraums 119 abgedichtet ist. Eine unzureichende Abdichtung kann zu unzureichender Plattformkühlung und/oder ungenützter Kühlluft führen. Ein dritter Nachteil ist das inhärente Risiko, dass Gase des Heissgaspfades in den Hohlraum 119 oder die Plattform 110 selbst aufgenommen werden können. Dies kann vorkommen, wenn der Hohlraum 119 während des Betriebs nicht auf einem ausreichend hohen Druck gehalten wird. Wenn der Druck des Hohlraums 119 unter den Druck in dem Heissgaspfad fällt, werden heisse Gase in den Schafthohlraum 119 oder die Plattform 110 selbst aufgenommen, was diese Komponenten gewöhnlich beschädigt, da sie nicht dafür ausgelegt sind, die Belastungen der Heissgaspfad-Bedingungen auszuhalten.

[0010] Fig. 4 und 5 stellen einen weiteren Typ einer herkömmlichen Konstruktion zur Plattformkühlung dar. In diesem Fall ist der Kühlkreislauf innerhalb der Laufschaufel 100 enthalten und schliesst den Schafthohlraum 119 nicht ein, wie dargestellt. Kühlluft wird aus einem der Kühlkanäle 116, die sich durch den Kern der Schaufel 110 erstrecken, entnommen und nach hinten durch in der Plattform 110 ausgebildete Kühlkanäle 120 (d.h. «Plattformkühlkanäle 120») geleitet. Wie anhand mehrerer Pfeile veranschaulicht, strömt die Kühlluft durch die Plattformkühlkanäle 120 hindurch und tritt durch Auslässe in der hinteren Kante 121 der Plattform 110 oder aus Auslässen aus, die entlang der Saugseitenkante 122 angeordnet sind. (Es ist zu beachten, dass bei der Beschreibung oder Bezugnahme auf die Kanten oder Seiten der rechteckigen Plattform 110 diese jeweils basierend auf ihrer Lage im Verhältnis zu der Saugseite 105 und der Druckseite 106 des Schaufelblattes 102 und/oder zur Vorwärts- und Rückwärtsrichtung der Maschine/Anlage, wenn die Schaufel 100 eingebaut ist, beschrieben werden können. An sich kann, wie ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, die Plattform eine Hinterkante 121, eine Saugseitenkante 122, eine Vorderkante 124 und eine Druckseitenkante 126 enthalten, wie in den Fig. 3 und 4 angezeigt. Ausserdem werden die Saugseitenkante 122 und die Druckseitenkante 126 gewöhnlich auch als «Schlitzseitenwände» bezeichnet, und der schmale Hohlraum, der zwischen ihnen ausgebildet ist, wenn die benachbarten Laufschaufeln 100 eingebaut sind, kann als ein «Schlitzseitenwand-Hohlraum» bezeichnet werden.)

[0011] Es wird erkannt, dass die herkömmlichen Konstruktionen gemäss den Fig. 4 und 5 einen Vorteil gegenüber der Konstruktion nach Fig. 3 insofern haben, als sie von Schwankungen der Montage- oder Installationsbedingungen nicht beeinflusst werden. Herkömmliche Konstruktionen dieser Art haben jedoch mehrere Beschränkungen oder Nachteile. Erstens ist, wie dargestellt, nur ein einzelner Kreislauf auf jeder Seite des Schaufelblattes 102 vorgesehen, und es besteht daher der Nachteil, dass nur eine begrenzte Kontrolle über die Menge der Kühlluft, die an unterschiedlichen Stellen in der Plattform 110 eingesetzt wird, vorliegt. Zweitens haben herkömmliche Konstruktionen dieser Bauart einen Abdeckungsbereich, der im Allgemeinen begrenzt ist. Während der geschlängelte Pfad nach Fig. 5 gegenüber Fig. 4 eine Verbesserung hinsichtlich der Abdeckung darstellt, gibt es weiterhin tote Bereiche innerhalb der Plattform 110, die ungekühlt bleiben. Drittens steigen zum Erhalten einer besseren Abdeckung mit kompliziert gestalteten Plattformkühlkanälen 120 die Herstellungskosten drastisch an, insbesondere wenn die Kühlkanäle Formen aufweisen, für deren Erzeugung ein Giessprozess erforderlich ist. Viertens lassen diese herkömmlichen Konstruktionen gewöhnlich nach dem Gebrauch und bevor das Kühlmittel völlig aufgebraucht ist, Kühlmittel in den Heissgaspfad ab, was den Wirkungsgrad der Maschine/Anlage beeinträchtigt. Fünftens haben herkömmliche Konstruktionen dieser Art im Allgemeinen wenig Flexibilität. Das heisst, die Kanäle 120 sind als ein integraler Teil der Plattform 110 ausgebildet und bieten wenig o-der keine Möglichkeit, um ihre Funktion oder Konfiguration zu verändern, wenn die Betriebsbedingungen variieren. Ausserdem sind diese Arten von herkömmlichen Konstruktionen schwer zu reparieren oder zu überholen.

[0012] In bestimmten Fällen sind Plattformkühlkanäle mit einer Serpentina-Konfiguration eingerichtet. Ein Beispiel für eine derartige Konstruktion ist in Fig. 6 veranschaulicht. Wie veranschaulicht, kann die Serpentina-Konstruktion eine Kühlkammer 130, die einen Einlass 132 und einen Auslass 134 enthält, und eine Rippe 135 enthalten, die die Kammer 130 derart unterteilt, dass das Kühlmittel gezwungen wird, einen Umweg zu nehmen, bevor es den Auslass 134 erreicht. Auf diese Weise wird das Kühlmittel der Gesamtheit der Kühlkammer 130 ausgesetzt, so dass es die Umgebungsregion

konvektiv kühlen kann. Ein Nachteil dieser Serpentine-Bauart besteht darin, dass das Kühlmittel Wärme aufnimmt, während es durch die Serpentine strömt, so dass der stromabwärtige Abschnitt weniger Kühlung als die stromaufwärtigen Abschnitte erfährt, was eine ungleichmässige Kühlung durch die Plattform hinweg und die Entwicklung von einer Komponente schädigenden heissen Stellen hervorruft. Es wird ferner erkannt, dass die vorstehend erwähnten Probleme bei der Kühlung einer Laufschaufelplattform auf Seitenwandregionen innerhalb von Turbinenleitschaufeln anwendbar sind.

[0013] Demzufolge mangelt es den herkömmlichen Konstruktionen von Laufschaufelplattform- und Leitschaufelseitenwandkühlkonfigurationen an einem oder mehreren wichtigen Bereichen. Es besteht weiterhin ein Bedarf an verbesserten Vorrichtungen, Systemen und/oder Verfahren, die diese Schaufelregionen effektiv und effizient kühlen, während sie gleichzeitig kostengünstig beim Aufbau, flexibel bei der Anwendung und dauerhaft sind.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0014] In einem beispielhaften Aspekt beschreibt die vorliegende Anmeldung eine Kühlanordnung in einer Plattform in einer Laufschaufel in einer Turbine einer Verbrennungsturbinenmaschine/-anlage. Die Kühlanordnung kann enthalten: eine Kühlkammer, die konfiguriert ist, um ein Kühlmittel von einem Einlass zu einem Auslass weiterzuleiten; und eine Rippe, die innerhalb der Kühlkammer positioniert ist. Die Rippe kann die Kühlkammer teilweise unterteilen, um eine Serpentine zu bilden. Die Rippe kann in Bezug auf die Kühlkammer derart schräg verlaufen, dass die Serpentine einen sich zunehmend verengenden Kanal aufweist.

[0015] In einem weiteren beispielhaften Aspekt beschreibt die vorliegende Anmeldung ferner eine Kühlanordnung in einer Seitenwand in einer Leitschaufel in einer Turbine einer Verbrennungsturbinenmaschine/-anlage. Die Kühlanordnung kann enthalten: eine Kühlkammer, die konfiguriert ist, um ein Kühlmittel von einem Einlass zu einem Auslass weiterzuleiten; und eine Rippe, die innerhalb der Kühlkammer positioniert ist. Die Rippe kann die Kühlkammer teilweise unterteilen, um eine Serpentine zu bilden. Die Rippe kann in Bezug auf die Kühlkammer derart schräg verlaufen, dass die Serpentine einen ständig enger werdenden Kanal aufweist.

[0016] Besonders vorteilhafte und bevorzugte Ausführungsformen jedes von dem ersten und zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfassen eine oder mehrere der folgenden:

[0017] Der sich verengende Kanal kann einen Kanal aufweisen, der sich bei der Erstreckung des Kanals von dem Einlass zu dem Auslass der Kühlkammer mit einer konstanten Rate verengt.

[0018] Der sich zunehmend verengende Kanal kann einen Kanal aufweisen, der sich mit einer konstanten Rate entlang beider Flanken der Rippe verengt. Dann kann die Serpentine einen an jeder Flanke der Rippe positionierten Durchgang aufweisen: einen stromaufwärtigen Durchgang, der an einer Flanke der Rippe angeordnet ist, die mit dem Einlass zusammentrifft; und einen stromabwärtigen Durchgang, der an einer Flanke der Rippe angeordnet ist, die mit dem Auslass zusammentrifft; und wobei zwischen dem stromaufwärtigen Durchgang und dem stromabwärtigen Durchgang die Serpentine einen Wendeabschnitt aufweist, der eine Wendung von ungefähr 180° definiert.

[0019] Die Kühlkammer kann einen ersten Rand und einen zweiten Rand aufweisen, wobei der zweite Rand dem ersten Rand über die Kühlkammer gegenüberliegt; wobei sich die Rippe geradlinig zwischen einem ersten Ende, das an dem ersten Rand der Kühlkammer zwischen dem Einlass und dem Auslass angeordnet ist, und einem zweiten Ende erstreckt, das zu dem zweiten Rand der Kühlkammer in einem Abstand versetzt angeordnet ist.

[0020] Die Rippe kann derart schräg verlaufen, dass: eine Kanalweite des stromaufwärtigen Durchgangs bei der Erstreckung des stromaufwärtigen Durchgangs von dem Einlass zu dem zweiten Ende der Rippe mit einer linearen Rate abnimmt; und eine Kanalweite des stromabwärtigen Durchgangs bei der Erstreckung des stromabwärtigen Durchgangs von dem zweiten Ende der Rippe zu dem Auslass mit einer linearen Rate abnimmt; und eine Kanalweite eines stromabwärtigen Endes des stromaufwärtigen Durchgangs gerade noch grösser ist als eine Kanalweite eines stromaufwärtigen Endes des stromabwärtigen Durchgangs.

[0021] Die Kühlkammer kann eine plane Konfiguration und ein Aussenprofil eines Vierecks aufweisen; und wobei die Rippe geradlinig ist. Das Viereck kann ein erstes Paar und ein zweites Paar von gegenüberliegenden Kanten aufweisen, wobei jedes Paar zwei der Seiten des Vierecks aufweist, die über die Kühlkammer einander gegenüberliegen; wobei das erste Paar der gegenüberliegenden Kanten eine erste Kante und eine zweite Kante enthält und das zweite Paar gegenüberliegenden Kanten eine dritte Kante und eine vierte Kante enthält; und wobei der Einlass und der Auslass an der ersten Kante angeordnet sind und zwischen dem Einlass und dem Auslass ein erstes Ende der Rippe an der ersten Kante positioniert ist. Vorzugsweise kann sich die Rippe von dem ersten Ende aus in Richtung auf die zweite Kante erstrecken, wobei die Rippe an einem zweiten Ende endet; wobei das zweite Ende der Rippe in einem Abstand zu der zweiten Kante versetzt angeordnet ist, wobei die dritte Kante zu der vierten Kante parallel verläuft und wobei die Rippe in Bezug auf eine Richtung einer Längsachse der Kühlkammer schräg verläuft, die durch zwischen der dritten und der vierten Kante definierte Mittelpunkte festgelegt ist.

[0022] Die Rippe kann in Richtung auf die dritte Kante derart schräg verlaufen, dass bei der Erstreckung der Rippe von der ersten Kante zu der zweiten Kante ein Abstand zwischen der Rippe und der dritten Kante mit einer linearen Rate abnimmt, während ein Abstand zwischen der Rippe und der vierten Kante mit der linearen Rate zunimmt.

[0023] Der Winkel, der zwischen der Rippe und der Richtung der Längsachse der Kühlkammer definiert ist, beträgt vorzugsweise zwischen 0° und 30° .

[0024] Der Winkel, der zwischen der Rippe und der Längsachse der Kühlkammer definiert ist, kann zwischen 0° und 60° betragen; wobei die Serpentine aufweist: a) eine Einlasskanalweite, die die Kanalweite der Serpentine an dem Einlass repräsentiert; b) eine Kanalweite vor der Wendung, die die Kanalweite der Serpentine zwischen dem zweiten Ende der Rippe und der dritten Kante repräsentiert; c) eine Kanalweite nach der Wendung, die die Kanalweite der Serpentine zwischen dem zweiten Ende der Rippe und der vierten Kante repräsentiert; und d) eine Auslasskanalweite, die die Kanalweite des Serpentinpfads an dem Auslass repräsentiert; und wobei der sich zunehmend verengende Kanal eine Konfiguration aufweist, in der die Einlassweite grösser ist als die Weite vor der Wendung, die Weite vor der Wendung grösser ist als die Weite nach der Wendung und die Weite nach der Wendung grösser ist als die Auslasskanalweite.

[0025] Zwischen der Kanalweite vor der Wendung und der Kanalweite nach der Wendung kann die Serpentine einen Wendeabschnitt aufweisen, innerhalb dessen eine Wendeabschnitt-Kanalweite eine Kanalweite der Serpentine zwischen dem zweiten Ende der Rippe und der zweiten Kante der Kühlkammer repräsentiert; wobei der sich zunehmend verengende Kanal vorzugsweise eine Konfiguration aufweist, in der die Wendeabschnitt-Kanalweite kleiner ist als die Kanalweite vor der Wendung und grösser ist als die Kanalweite nach der Wendung.

[0026] Der sich zunehmend verengende Kanal entlang der beiden Flanken der Rippe kann aufweisen, dass: die Kanalweite der Serpentine mit einer konstanten linearen Rate zwischen der Einlasskanalweite und der Kanalweite vor der Wendung abnimmt und die Kanalweite der Serpentine zwischen der Kanalweite nach der Wendung und der Auslasskanalweite mit einer konstanten linearen Rate abnimmt.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Aussen-profil der Kühlkammer ein Parallelogramm auf. Dann weist die eine von der Plattform und der Seitenwand vorzugsweise eine plane Konfiguration auf, wobei die Kühlkammer eine plane Konfiguration aufweist, die mit der planen Konfiguration der einen von der Plattform und der Seitenwand ausgerichtet und darin enthalten ist.

[0028] Die eine von der Plattform und der Seitenwand kann eine plane Oberseite aufweisen, wobei die Kühlkammer vorzugsweise eine plane Decke, die sich gerade noch innen von der Oberseite befindet, und einen planen Boden aufweist, der zu der Decke radial versetzt angeordnet ist, und wobei eine radiale Höhe der Kühlkammer den radialen Versatz zwischen der Decke und dem Boden aufweist; und wobei die radiale Höhe der Kühlkammer konstant ist.

[0029] Die Kühlanordnung kann in der Plattform der Laufschaufel angeordnet sein, wobei die Laufschaufel einen darin ausgebildeten inneren Kühlkanal enthält, der sich von einer Verbindung mit einer Kühlmittelquelle an dem Fuss zu der ungefähren radialen Höhe der Plattform erstreckt, wobei im Betrieb der innere Kühlkanal eine Hochdruckkühlmittelregion und eine Niederdruckkühlmittelregion aufweist, und ferner aufweist: einen Hochdruckanschluss, der den Einlass mit der Hochdruckkühlmittelregion des inneren Kühlkanals verbindet, und einen Niederdruckanschluss, der den Auslass mit der Niederdruckkühlmittelregion des inneren Kühlkanals verbindet.

[0030] Die Kühlanordnung kann in der Plattform der Laufschaufel angeordnet sein, wobei die Laufschaufel einen darin ausgebildeten inneren Kühlkanal enthält, der sich von einem Anschluss mit einer Kühlmittelquelle an dem Fuss zu der ungefähren radialen Höhe der Plattform erstreckt, und ferner aufweist: einen Anschluss, der den Einlass mit dem inneren Kühlkanal verbindet, und mehrere Filmkühlkanäle, die mit dem Auslass strömungsmässig kommunizieren.

[0031] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Anmeldung werden bei einer Durchsicht der folgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den Zeichnungen und den beigefügten Ansprüchen offenkundig.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0032] Diese und weitere Merkmale dieser Erfindung werden beim sorgfältigen Studium der folgenden detaillierteren Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen umfassender verstanden und geschätzt, in denen zeigen:

- Fig. 1 eine Perspektivansicht einer beispielhaften Turbinenlaufschaufel, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können;
- Fig. 2 eine Unterseitenansicht einer Turbinenlaufschaufel, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können;
- Fig. 3 eine Schnittansicht von benachbarten Turbinenlaufschaufeln, die ein Kühlsystem gemäss einer herkömmlichen Konstruktion aufweisen;
- Fig. 4 eine Draufsicht von oben auf eine Turbinenlaufschaufel, die eine Plattform mit inneren Kühlkanälen gemäss einer herkömmlichen Konstruktion aufweist;

- Fig. 5 eine Draufsicht von oben auf eine Turbinenlaufschaufel, die eine Plattform mit inneren Kühlkanälen gemäss einer alternativen herkömmlichen Konstruktion aufweist;
- Fig. 6 eine teilweise im Querschnitt dargestellte Draufsicht auf eine Turbinenlaufschaufel, die eine Plattform mit einem inneren Kühlkanal aufweist, der eine Serpentinenkongfiguration aufweist, gemäss einer herkömmlichen Konstruktion;
- Fig. 7 eine teilweise im Querschnitt dargestellte Draufsicht auf eine Plattform einer Turbinenlaufschaufel, die eine Kühlkonfiguration gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist;
- Fig. 8 eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht entlang der Linie 8–8 nach Fig. 7;
- Fig. 9 eine teilweise im Querschnitt dargestellte Draufsicht auf eine Plattform einer Turbinenlaufschaufel, die eine Kühlkonfiguration gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist;
- Fig. 10 eine teilweise im Querschnitt dargestellte Draufsicht auf eine Plattform einer Turbinenlaufschaufel, die eine Kühlkonfiguration gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist;
- Fig. 11 eine teilweise im Querschnitt dargestellte Draufsicht auf eine Plattform einer Turbinenlaufschaufel, die eine Kühlkonfiguration gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist;
- Fig. 12 eine grafische Darstellung, die «Strömungsparameter» in Abhängigkeit von der «gesamten Strömungstrecke durch die Serpentine» gemäss experimentellen Daten an Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung aufzeigt;
- Fig. 13 eine Seitenansicht einer Turbinenleitschaufel unter Veranschaulichung der Positionierung einer Kühlkonfiguration gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und
- Fig. 14 eine teilweise im Querschnitt dargestellte Draufsicht auf eine Seitenwand einer Turbinenleitschaufel, die eine Kühlkonfiguration gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0033] Wie vorstehend erläutert, sind verschiedene herkömmliche Konstruktionen von inneren Kühlkanälen 116 bei der Kühlung bestimmter Regionen innerhalb einer Laufschaufel 100 beschränkt wirksam. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet jedoch verstehen wird, stellt sich die Plattformregion als anspruchsvoller dar. Dies rührt zum Teil von der ungünstigen Geometrie der Plattform her - d.h. von ihrer geringen radialen Höhe und der Art und Weise, in der diese von dem Kern oder Hauptkörper der Laufschaufel 100 hervorsticht. Nichtsdestoweniger sind bei ihrer gegebenen Beaufschlagung durch extreme Temperaturen des Heissgaspfades und eine hohe mechanische Belastung die Kühlanforderungen der Plattform 110 beträchtlich. Wie vorstehend beschrieben, sind herkömmliche Plattformkühlkonstruktionen ineffektiv, weil sie die besonderen Herausforderungen dieser Region nicht bewältigen, bei ihrer Nutzung des Kühlmittels ineffizient sind und/oder kostspielig herzustellen sind. Es wird ferner verstanden, dass die Seitenwände von Leitschaufeln ähnliche Probleme und Unzulänglichkeiten mit herkömmlichen Methoden bereiten, was in grösseren Einzelheiten in Bezug auf die Fig. 12 und 13 nachstehend erläutert ist.

[0034] Verschiedene spezielle beschreibende Begriffe können verwendet werden, um beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung zu beschreiben. Die Bedeutung für diese Begriffe soll die folgenden Definitionen enthalten. Die Begriffe «stromabwärts» und «stromaufwärts» sind Ausdrücke, die eine Richtung in Bezug auf die Strömung eines Arbeitsfluids durch die Turbine oder, wie dies der Fall sein kann, eines Kühlmittels durch einen Kühlkanal anzeigen. Demgemäss bedeutet der Begriff «stromabwärts» die Richtung der Strömung, und der Begriff «stromaufwärts» bedeutet in der entgegengesetzten Richtung der Strömung. Der Begriff «radial» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position senkrecht zu einer Achse. Es ist häufig erforderlich, Teile zu beschreiben, die sich an unterschiedlichen radialen Positionen in Bezug auf die Achse befinden. In diesen Fällen kann in dem Fall, dass eine erste Komponente sich näher an der Achse befindet als eine zweite Komponente hierin angegeben werden, dass sich die erste Komponente entweder «innerhalb» oder «radial innen» von der zweiten Komponente befindet. Falls sich andererseits die erste Komponente von der Achse weiter weg als die zweite Komponente befindet, kann hierin angegeben werden, dass sich die erste Komponente «ausserhalb» oder «radial aussen» von der zweiten Komponente befindet. Der Begriff «axial» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position parallel zu einer Achse. Und der Begriff «in Umfangsrichtung» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position rings um eine Achse. Sofern nicht anders angegeben, werden die Begriffe «radial», «axial» oder «in Umfangsrichtung», wenn sie verwendet werden, unter Bezugnahme auf die Mittelachse der Turbine verwendet.

[0035] Indem nun auf die Fig. 7 bis 11 Bezug genommen wird, werden verschiedene Ansichten beispielhafter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bereitgestellt. Insbesondere sind Laufschaufeln 100, die eine Plattformkühlkonfiguration 130 gemäss bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung aufweisen, veranschaulicht. Wie veranschaulicht, enthält die Laufschaufel 100 eine Plattform 110, die sich an der Verbindungsstelle zwischen einem Schaufelblatt

102 und einem Fuss 104 befindet. Innerhalb der Plattform 110 kann eine Kühlkammer 130 ausgebildet sein. Zum Beispiel kann, wie in Fig. 7 veranschaulicht, die Kühlkammer 130 in der Nähe der Vorderkante 124 der Plattform 110 positioniert sein. Die Kühlkammer 130 kann einen Einlass 132 und einen Auslass 134 enthalten. Der Einlass 132 kann mit einem Kühlmittel über verschiedene Wege, wie beispielsweise durch einen inneren Kühldurchgang durch die Laufschaufel 110 oder über den Schafthohlraum 119 versorgt werden. Während des Betriebs kann ein Kühlmittel durch die Kühlkammer 130 geleitet werden, wobei es von einem Einlass 132 zu einem Auslass 134 strömt. Innerhalb der Kühlkammer 130 kann eine Rippe 135 angeordnet sein. Die Rippe 135 kann konfiguriert sein, um die Kühlkammer 130 teilweise zu unterteilen, so dass ein geschlängelter oder serpentinenförmiger Pfad (hier nachstehend «Serpentine 131») gebildet ist. Wie nachstehend in grösseren Einzelheiten erläutert, kann die Rippe 135 in Bezug auf die Kühlkammer 130 schräg verlaufen. Gemäss Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann die Rippe 135 unter einem Winkel derart schräg verlaufen, dass die Serpentine 131 einen sich zunehmend verengenden Kanal aufweist.

[0036] In bestimmten bevorzugten Ausführungsformen ist der sich zunehmend verengende Kanal gemäss der vorliegenden Erfindung einer, der sich mit einer konstanten Rate verengt, während er sich von dem Einlass 132 zu dem Auslass 134 der Kühlkammer 130 erstreckt. In anderen bevorzugten Ausführungsformen ist der sich zunehmend verengende Kanal, wie hierin verwendet, als ein Kanal definiert, der sich mit einer konstanten Rate entlang der beiden Flanken der Rippe 135 verengt. Insbesondere kann die Serpentine 131 derart beschrieben sein, dass sie einen Durchgang aufweist, der an jeder Flanke der Rippe 135 positioniert ist. Diese Durchgänge können bezeichnet werden als: ein stromaufwärtiger Durchgang 138 (weil er mit der Seite der Rippe 135 zusammentrifft, auf der der Einlass 132 angeordnet ist); und ein stromabwärtiger Durchgang 139 (weil er mit der Seite der Rippe 135 zusammentrifft, auf der der Auslass 134 angeordnet ist). Ausserdem wird erkannt, dass die Serpentine 131 zwischen dem stromaufwärtigen Durchgang 138 und dem stromabwärtigen Durchgang 139 derart beschrieben werden kann, dass sie einen Wendeabschnitt 142 aufweist. Der Wendeabschnitt 142 kann eine Wendung von ungefähr 180° definieren.

[0037] Die Kühlkammer 130 kann eine plane Konfiguration aufweisen, die mit der Plattform 110 oder einem speziellen Bereich der Plattform 110 ausgerichtet und darin enthalten ist. In dem hierin verwendeten Sinne bezeichnet ein «Aussenprofil» der Kühlkammer 130 das Profil, wie es von einer Position ausserhalb der Plattform 110 gesehen wird, die, wie erkannt wird, die in den Fig. 7 und 9 bis 11 veranschaulichte Perspektive ist. Es wird erkannt, dass in manchen Ausführungsformen die Kühlkammer 130 zu einer gekrümmten Fläche versetzt sein kann, wie beispielsweise eine Plattform 110, die eine Oberseite 113 aufweist, die eine Fläche mit einer ausgeprägteren Wölbung enthält. In manchen Ausführungsformen kann das Aussenprofil der Kühlkammer 130 dasjenige eines Vierecks sein, d.h. vier geradlinige Seiten aufweisen. Die Rippe 135 kann, wie veranschaulicht, eine geradlinige Konfiguration aufweisen. In manchen Ausführungsformen ist das Aussenprofil der Kühlkammer 130 ein Parallelogramm. Insbesondere kann das Aussenprofil der Kühlkammer 130 dasjenige eines Quadrats, eines Rhombus oder eines Rechtecks sein.

[0038] Wie am deutlichsten in Fig. 8 veranschaulicht, enthält die Plattform 110 eine plane Oberseite 113. (Es ist zu beachten, dass «plan», wie hierin verwendet, ungefähr oder im Wesentlichen in Gestalt einer Ebene bedeutet. Zum Beispiel wird ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen, dass eine Plattform derart konfiguriert ist, dass sie eine Aussenfläche aufweist, die etwas gewölbt und konvex ist, wobei die Krümmung dem Umfang der Turbine an der radialen Stelle der Laufschaufeln entspricht. Wie hierin verwendet, wird diese Art einer Plattformgestalt als plan angesehen, da der Krümmungsradius hinreichend gross ist, um der Plattform eine flache Erscheinungsform zu verleihen.) Die Kühlkammer 130 kann eine plane Decke 168, die sich gerade noch innen von der Oberseite 113 der Plattform 110 befindet, sowie einen planen Boden 169 enthalten, der zu der Decke 168 radial versetzt angeordnet ist. Die radiale Höhe der Kühlkammer 130 kann als der radiale Versatz zwischen der Decke 168 und dem Boden 169 beschrieben werden. Wie veranschaulicht, ist die radiale Höhe der Kühlkammer 130 in bevorzugten Ausführungsformen im Wesentlichen konstant. Die Rippe 135 erstreckt sich von dem Boden 139 zu der Decke 168 der Kühlkammer 130.

[0039] Das Viereckprofil der Kühlkammer 130 kann derart beschrieben werden, dass es ein erstes Paar und ein zweites Paar gegenüberliegender Seiten oder Ränder enthält, wobei jedes Paar zwei Ränder des Vierecks enthält, die über die Kühlkammer 130 einander gegenüberliegen. Das erste Paar gegenüberliegender Ränder enthält einen ersten Rand 151 und einen zweiten Rand 152, und das zweite Paar gegenüberliegender Ränder enthält einen dritten Rand 153 und einen vierten Rand 154.

[0040] In manchen bevorzugten Ausführungsformen sind der Einlass 132 und der Auslass 134 entlang des ersten Randes 151 der Kühlkammer 130 positioniert, und zwischen dem Einlass 132 und dem Auslass 134 kann ein erstes Ende 157 der Rippe 135 angeordnet sein, das den Einlass 132 von dem Auslass 134 trennt. Von dem ersten Ende 157 aus erstreckt sich die Rippe 135 in Richtung auf den zweiten Rand 152 der Kühlkammer 130, endet jedoch an einer Stelle kurz vor dem zweiten Rand 152. Der Endpunkt wird hierin als das zweite Ende 158 der Rippe 135 bezeichnet. Das heisst, das zweite Ende der Rippe 135 ist in einem Abstand zu dem zweiten Rand 152 versetzt, wodurch der Wendeabschnitt 142 gebildet wird, der die Kühlmittelströmung in Richtung auf den Auslass 134 umlenkt. Die Rippe 135 ist, wie erwähnt, in Bezug auf die Kühlkammer 130 schräg verlaufend. Wie in Fig. 7 veranschaulicht, kann die Schrägung der Rippe 135 relativ zu der Längsachse der Kühlkammer 130 sein. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Rippe 135 derart schräg angeordnet, dass eine Kanalweite des stromaufwärtigen Durchgangs 138 mit einer linearen Rate abnimmt, während sich der stromaufwärtige Durchgang 138 von dem Einlass 132 zu dem zweiten Ende 158 der Rippe 135 erstreckt. Ferner kann die Rippe 135 derart schräg verlaufen, dass eine Kanalweite des stromabwärtigen Durchgangs 139 mit einer linearen Rate

abnimmt, während sich der stromabwärtige Durchgang 139 von dem zweiten Ende 158 der Rippe 135 zu dem Auslass 134 erstreckt. Die Kanalweite des stromabwärtigen Endes des stromaufwärtigen Durchgangs 138 kann gerade noch grösser als eine Kanalweite eines stromaufwärtigen Endes des stromabwärtigen Durchgangs 139 sein. Es wird erkannt, dass in einer bevorzugten Ausführungsform die Rippe 135 in Richtung auf den dritten Rand 153 derart schräg verläuft, dass bei der Erstreckung der Rippe 135 von dem ersten Rand 151 in Richtung auf den zweiten Rand 152 sich der Abstand zwischen der Rippe 135 und dem dritten Rand 153 verringert, während sich ein Abstand zwischen der Rippe 135 und dem vierten Rand 154 vergrößert.

[0041] Der Winkel oder die Schrägung der Rippe 135 kann anhand der Beziehung, die diese in Bezug auf die Längsachse der Kühlkammer 130 aufrechterhält, beschrieben werden. Es wird erkannt, dass in dem Fall, wenn der dritte Rand 153 und der vierte Rand 154 parallel zueinander verlaufen, eine Bezugslinie, die sich durch die Mittelpunkte zwischen dem dritten Rand 153 und dem vierten Rand 154 erstreckt, die Längsachse der Kühlkammer 130 ist, die als die Längsachsen-Bezugslinie 159 in Fig. 7 veranschaulicht ist. In manchen bevorzugten Ausführungsformen beträgt der Winkel 176, den die Rippe 135 mit der Längsachsen-Bezugslinie 159 der Kühlkammer 130 festlegt, zwischen 0° und 60° . Bevorzugterweise beträgt der Winkel 176, der zwischen der Rippe 135 und der Längsachsen-Bezugslinie 159 der Kühlkammer 130 festgelegt ist, zwischen 0° und 30° .

[0042] Wie in Fig. 7 veranschaulicht, kann der durch die Serpentine 131 definierte Kühlmittelpfad derart beschrieben werden, dass er enthält: a) eine Einlasskanalweite 160, die die Kanalweite der Serpentine 131 an dem Einlass 132 repräsentiert, b) eine Kanalweite vor der Wendung 131, die die Kanalweite der Serpentine 131 zwischen dem zweiten Ende 158 der Rippe 135 und dem dritten Rand 153 repräsentiert, c) eine Kanalweite 162 nach der Wendung, die die Kanalweite der Serpentine 131 zwischen dem zweiten Ende 158 der Rippe 135 und dem vierten Rand 154 repräsentiert, und d) eine Auslasskanalweite 163, die die Kanalweite des Pfads der Serpentine 131 an dem Auslass 134 repräsentiert. Der sich zunehmend verengende Kanal enthält eine Konfiguration, in der die Einlasskanalweite 160 grösser ist als die Kanalweite vor der Wendung 161, die Kanalweite 161 vor der Wendung grösser ist als die Kanalweite 162 nach der Wendung und die Weite 162 nach der Wendung grösser ist als die Auslasskanalweite 163. Wie ferner in Fig. 7 veranschaulicht, enthält die Serpentine 131 zwischen der Kanalweite vor der Wendung 161 und der Kanalweite nach der Wendung 162 den Wendeabschnitt 142, innerhalb dessen eine Wendeabschnittkanalweite 164 eine Kanalweite der Serpentine 131 zwischen dem zweiten Ende 158 der Rippe 135 und dem zweiten Rand 152 der Kühlkammer 130 repräsentiert. Gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält der sich zunehmend verengende Kanal der Serpentine 131 eine Konfiguration, in der die Wendeabschnittkanalweite 164 kleiner ist als die Kanalweite 161 vor der Wendung und grösser ist als die Kanalweite 162 nach der Wendung. Der sich zunehmend verengende Kanal entlang der beiden Flanken der Rippen 135 kann ferner derart beschrieben werden, dass er enthält: die mit einer konstanten linearen Rate zwischen der Einlasskanalweite 160 und der Kanalweite 161 vor der Wendung abnehmende Kanalweite der Serpentine 131 und die mit einer konstanten linearen Rate zwischen der Kanalweite vor der Wendung 162 und der Auslasskanalweite 163 abnehmende Kanalweite der Serpentine 131.

[0043] Wie beschrieben, können die Kühlkanäle innerhalb der Turbinenschaufeln auf unterschiedliche Weise mit einem Kühlmittel versorgt werden. Gewöhnlich empfangen die Kühlkanäle entweder ein Kühlmittel über innere Durchgänge, die durch den Fuss der Schaufel hindurch mit einer Kühlmittelquelle verbunden sind, oder sie können über eine Verbindung mit dem Schafthohlraum mit einem Kühlmittel versorgt werden. Sofern nicht anders hierin angegeben, sollte die vorliegende Anmeldung nicht auf irgendein spezielles Verfahren oder irgendeine spezielle Konfiguration zur Zuführung eines Kühlmittels zu dem Einlass 132 oder zur Abführung eines Kühlmittels aus dem Auslass 134 der Kühlkammer 130 beschränkt werden.

[0044] Es wird erkannt, dass Turbinenschaufeln, die über die interne Zirkulation eines Kühlmittels gekühlt werden, gewöhnlich einen inneren Kühlkanal 116 enthalten, der sich von dem Fuss aus radial nach aussen, durch die Plattformregion hindurch und in das Schaufelblatt hinein erstreckt, wie dies vorstehend in Bezug auf die verschiedenen herkömmlichen Kühlkonstruktionen beschrieben ist. Es wird ferner erkannt, dass bestimmte bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit herkömmlichen Kühlkanälen verwendet werden können, um eine effiziente aktive Plattformkühlung zu verbessern oder zu ermöglichen, und dass Aspekte der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit einer üblichen Konstruktion, beispielsweise einem inneren Kühlkanal 116, der eine gewundene oder serpentinenförmige Konfiguration aufweist, erläutert werden können, obwohl der Aspekt hinsichtlich seiner Anwendung nicht beschränkt ist. Wie in den Figuren dargestellt, ist der serpentinenförmige Pfad des inneren Kühlkanals 116 gewöhnlich konfiguriert, um eine Einwegströmung des Kühlmittels zu ermöglichen, und enthält Merkmale, die den Wärmeaustausch zwischen dem Kühlmittel und dem umgebenden Schaufelblatt 102 fördern. Im Betrieb wird ein unter Druck stehendes Kühlmittel, das gewöhnlich verdichtete Luft ist, die von dem Verdichter abgezapft wird (obwohl andere Kühlmittelarten, wie beispielsweise Dampf, ebenfalls bei Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können) zu dem inneren Kühlkanal 116 über eine Verbindung geliefert, die durch den Fuss 104 hindurch ausgebildet ist. Der Druck treibt das Kühlmittel durch den inneren Kühlkanal 116, und das Kühlmittel nimmt Wärme durch Konvektion von den umgebenden Wänden auf.

[0045] Es wird erkannt, dass das Kühlmittel, während es durch den Kühlkanal 116 strömt, an Druck verliert, wobei das Kühlmittel in den stromaufwärtigen Abschnitten des inneren Kühlkanals 116 einen höheren Druck aufweist als das Kühlmittel in stromabwärtigen Abschnitten. Wie in grösseren Einzelheiten nachstehend erläutert, kann diese Druckdifferenz verwendet werden, um ein Kühlmittel über oder durch Kühlkanäle, die in der Plattform ausgebildet sind, zu treiben. Es

wird erkannt, dass die vorliegende Erfindung in Laufschaufeln 100 verwendet werden kann, die innere Kühlkanäle mit unterschiedlichen Konfigurationen aufweisen, und nicht auf innere Kühlkanäle mit einer Serpentinform beschränkt ist. Demgemäss soll in dem hierin verwendeten Sinne der Ausdruck «innerer Kühlkanal» o-der «Kühlkanal» einen beliebigen Durchgang oder hohlen Kanal umfassen, durch den ein Kühlmittel in der Laufschaufel umgewälzt werden kann. Wie hierin vorgesehen, erstreckt sich der innere Kühlkanal 116 gemäss der vorliegenden Erfindung wenigstens bis zu der ungefähren radialen Höhe der Plattform 116, und er kann wenigstens eine Region mit relativ höherem Kühlmitteldruck (die hier nachstehend als eine «Hochdruckregion» bezeichnet wird und in einigen Fällen ein stromaufwärtiger Abschnitt innerhalb eines Serpentinakanals sein kann) und wenigstens eine Region mit relativ geringerem Kühlmitteldruck enthält (die hier nachstehend als eine Niederdruckregion bezeichnet wird und in Bezug auf die Hochdruckregion ein stromabwärtiger Abschnitt innerhalb eines Serpentinakanals sein kann).

[0046] Wie in den Fig. 9 und 10 veranschaulicht, kann ein Hochdruckanschluss 171 eingerichtet sein, um den Einlass 132 mit einer Hochdruck-Kühlmittelregion des inneren Kühlkanals 116 zu verbinden, und ein Niederdruckanschluss 172 kann eingerichtet sein, um den Auslass 134 mit einer Niederdruck-Kühlmittelregion des inneren Kühlkanals 116 zu verbinden. Im Betrieb treibt die Druckdifferenz zwischen der Hochdruckregion und der Niederdruckregion das Kühlmittel durch die Kühlkammer 130. Das heisst, der Hochdruckanschluss 171 entnimmt einen Teil des Kühlmittels aus dem inneren Kühlkanal 116, der innerhalb der Kühlkammer 130 verwendet wird, um Wärme von der Plattform 110 abzuführen, und anschliessend über den Niederdruckanschluss 172 zu dem inneren Kühlkanal 116 zurückgeführt wird, wo er weiter zur Kühlung der Laufschaufel verwendet werden kann.

[0047] In anderen Fällen kann der Einlass 132, wie in Fig. 11 veranschaulicht, mit einem Kühlmittel über einen Anschluss zu einem inneren Kühlkanal 116 (wie beispielsweise dem Hochdruckanschluss 171) versorgt werden, während der Auslass 134 mit mehreren Filmkühlkanälen oder Oberflächenkanälen 175 strömungsmässig kommuniziert, die an der Oberfläche der Plattform 110 ausgebildet sind. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Oberflächenkanäle 175, wie veranschaulicht, entlang der Druckseiten-Schlitzseitenwand 126 positioniert. In anderen Ausführungsformen können die Oberflächenkanäle 175 an der Saugseiten-Schlitzseitenwand 122 positioniert sein.

[0048] Die vorliegende Anmeldung beschreibt dadurch einen geschlängelten oder serpentinenförmigen Kühlmittelpfad mit zwei Durchgängen zur Verwendung in der Plattform einer Turbinenlaufschaufel, der eine unter einem Winkel oder schräg verlaufende Rippe enthält, die eine gleichmässiger verteilte Kühlung fördert. Bezug nehmend auf Fig. 12 wird erkannt, dass die schräg verlaufende Rippe einen sich verringernenden Kühlmittel-Durchflussquerschnittsbereich erzeugt, während der Strömungsabstand durch den Kühlmittelpfad zunimmt. Insbesondere liefert Fig. 12 eine grafische Darstellung von «Strömungsparametern» in Abhängigkeit von der «gesamten Strömungstrecke durch die Serpentine». Wie veranschaulicht, nimmt die «Durchflussquerschnittsfläche aufgrund der schräg verlaufenden Rippe linear ab. Der sich verringernende Kühlmitteldurchflussbereich bewirkt, dass die Geschwindigkeit des Kühlmittels steigt, was bewirkt, dass der «Wärmeübergangskoeffizient» des Kühlmittels steigt. Diese Steigerung wirkt dem Verlust der Kühleffektivität entgegen, der von einem Anstieg der «Kühlmitteltemperatur» herrührt, der auftritt, wenn das Kühlmittel Wärme aufnimmt, während es entlang des Kühlmittelpfads strömt. Dies hat einen ungefähr konstanten «Wärmeübergangskoeffizienten» zur Folge, während das Kühlmittel von einem Ende des Kühlmittelpfads zu dem anderen strömt, was eine gleichmässige Kühlung durch die Plattform hindurch fördert, was der Entwicklung von heissen Stellen, die eine Verschlechterung der Komponente beschleunigen, entgegenwirkt oder diese verhindert.

[0049] Durch die winkelige Ausrichtung der Rippe zwischen den beiden Durchgängen der Serpentine verringert sich insbesondere die Querschnittsfläche konstant, während das Kühlmittel durch den Pfad strömt. Da der Massendurchsatz des Kühlmittels konstant ist, muss die sich verringernende Fläche wiederum eine grössere Geschwindigkeit hervorrufen. Weil Wärmeübergangskoeffizienten einer Kanalströmung in grossem Masse durch die Fluidgeschwindigkeit beeinflusst sind, ruft dies einen zunehmenden Wärmeübergangskoeffizienten hervor, während das Fluid durch die Serpentine strömt. Es wird erkannt, dass, weil die Temperatur des Kühlmittels zunimmt, während dieses entlang der Serpentine strömt und Wärme von der Laufschaufel aufnimmt, das Kühlmittel weniger in der Lage sein wird, die stromabwärtigen Abschnitte eines typischen Kühlmittelpfads zu kühlen. Jedoch beschreibt die vorliegende Anmeldung einen Weg, auf dem dieser Verlust an Kühlmittelleffektivität aufgrund eines Temperaturanstiegs (über die Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten aufgrund der vergrösserten Geschwindigkeit) ausgeglichen werden kann, so dass, im Gegensatz zu einer sich verringernenden, eine relativ konstante Wärmeübertragungsrate durch die Länge des Kühlmittelpfads hinweg aufrechterhalten wird. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, ermöglichen Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung für Anwendungen mit geringeren Durchflüssen, in denen Konvektionswärmeübergangskoeffizienten niedrig sind, eine grössere Wärmeübertragung mit der gleichen Durchflussmenge. Dies kann die Verwendung eines Serpentinokerns in manchen Anwendungen mit geringem Durchfluss ermöglichen, in denen er zuvor aufgrund von Strömungsbeschränkungen nicht verwendet werden konnte. In anderen Anwendungen kann die Durchflussrate reduziert werden, wenn von einem Kern mit einer konstanten Querschnittsfläche zu der vorgeschlagenen Konstruktion gewechselt wird, da die Strömung effizienter genutzt wird, was sich in Bezug auf Turbinenmaschinen/-anlagen in der Steigerung der Maschinen-/Anlageneffizienz niederschlägt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass in einigen Fällen Turbulatoren entfernt werden können, die unerwünschte hohe Reibungsverluste in Serpentinokernen hervorrufen. Ausserdem kann die gesamte Fläche der gesamten Serpentine mit zwei Durchgängen unverändert sein, wobei die einzige Modifikation in der Schrägstellung der Rippe besteht, was eine stärkere Kühlung oder Erhöhung der Grösse der Kühlmittelkanäle oder der Kühlmittelmenge ermöglicht.

[0050] In einer Alternative können die vorstehend beschriebenen Konstruktionsmerkmale in ähnliche Weise auf die Seitenwandregion einer Leitschaufel angewandt worden. Fig. 13 veranschaulicht eine Seitenwand einer Turbinenleitschaufel unter Veranschaulichung der Positionierung einer Kühlkonfiguration gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0051] Fig. 14 veranschaulicht eine ausschnittsweise, im Querschnitt dargestellte Draufsicht von oben auf eine Seitenwand einer Turbinenleitschaufel 180, die eine Kühlkonfiguration gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist. Die Leitschaufel 180 kann ein Schaufelblatt 182 enthalten, das von einer Befestigung an der umgebenden stationären Struktur des Turbinenabschnitts der Verbrennungsmaschine/-anlage aus nach innen vorsteht. An dem Innenrand des Schaufelblattes 182 kann die Leitschaufel 182 eine Seitenwand 184 enthalten, die einen inneren radialen Rand des Arbeitsfluidströmungspaths durch die Turbine definiert. Es wird erkannt, dass die Seitenwand 184 hinsichtlich der Gestalt der Plattform 110 der Laufschaufel 100 ähnlich ist. Die Seitenwand 184 kann eine Kühlkammer 130 mit im Wesentlichen den gleichen Merkmalen, wie vorstehend erläutert, enthalten. Es wird erkannt, dass, wie veranschaulicht, die Kühlkammer 130 der Seitenwand 184 einen Einlassanschluss 185, der mit einem Einlass 132 der Kühlkammer 130 strömungsmässig kommuniziert, sowie einen Auslassanschluss 186 aufweisen kann, der mit einem Auslass 134 der Kühlkammer strömungsmässig kommuniziert. Die Kühlkammer 130 der Seitenwand 184 kann eine Rippe 135 aufweisen, die unter einem Winkel oder schräg verlaufend ausgerichtet ist, wie vorstehend erläutert, was einen sich zunehmend verengenden stromaufwärtigen 138 und stromabwärtigen Durchgang 139 ergeben kann.

[0052] Wie ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, können die vielen variierenden Merkmale und Konfigurationen, wie sie vorstehend in Bezug auf die verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen beschrieben sind, ferner wahlweise angewandt werden, um die anderen möglichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu schaffen. Der Kürze wegen und unter Berücksichtigung der Fähigkeiten eines Fachmanns auf dem Gebiet sind nicht alle möglichen Wiederholungen gegeben oder im Einzelnen erläutert, obwohl alle Kombinationen und möglichen Ausführungsformen von den verschiedenen nachstehenden Ansprüchen umfasst sind oder ansonsten einen Teil der vorliegenden Anmeldung bilden sollen. Ausserdem werden Fachleute auf dem Gebiet anhand der vorstehenden Beschreibung verschiedener beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung Verbesserungen, Veränderungen und Modifikationen erkennen. Derartige Verbesserungen, Veränderungen und Modifikationen innerhalb der Fachkenntnis sollen durch die beigefügten Ansprüche abgedeckt sein. Ferner sollte offensichtlich sein, dass das Vorstehende lediglich die verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung betrifft und dass daran zahlreiche Veränderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne dass von dem Rahmen und Umfang der Anmeldung, wie durch die folgenden Ansprüche definiert, und deren Äquivalente abgewichen wird.

[0053] Es ist eine Kühlanordnung in einer Plattform in einer Laufschaufel oder einer Seitenwand in einer Leitschaufel in einer Turbine einer Verbrennungsturbine beschrieben. Die Kühlanordnung kann enthalten: eine Kühlkammer, die konfiguriert ist, um ein Kühlmittel von einem Einlass zu einem Auslass weiterzuleiten; und eine Rippe, die innerhalb der Kühlkammer angeordnet ist. Die Rippe kann die Kühlkammer teilweise unterteilen, um eine Serpentine zu bilden. Die Rippe kann in Bezug auf die Kühlkammer derart schräg verlaufen, dass die Serpentine einen sich zunehmend verengenden Kanal aufweist.

Bezugszeichenliste

[0054]

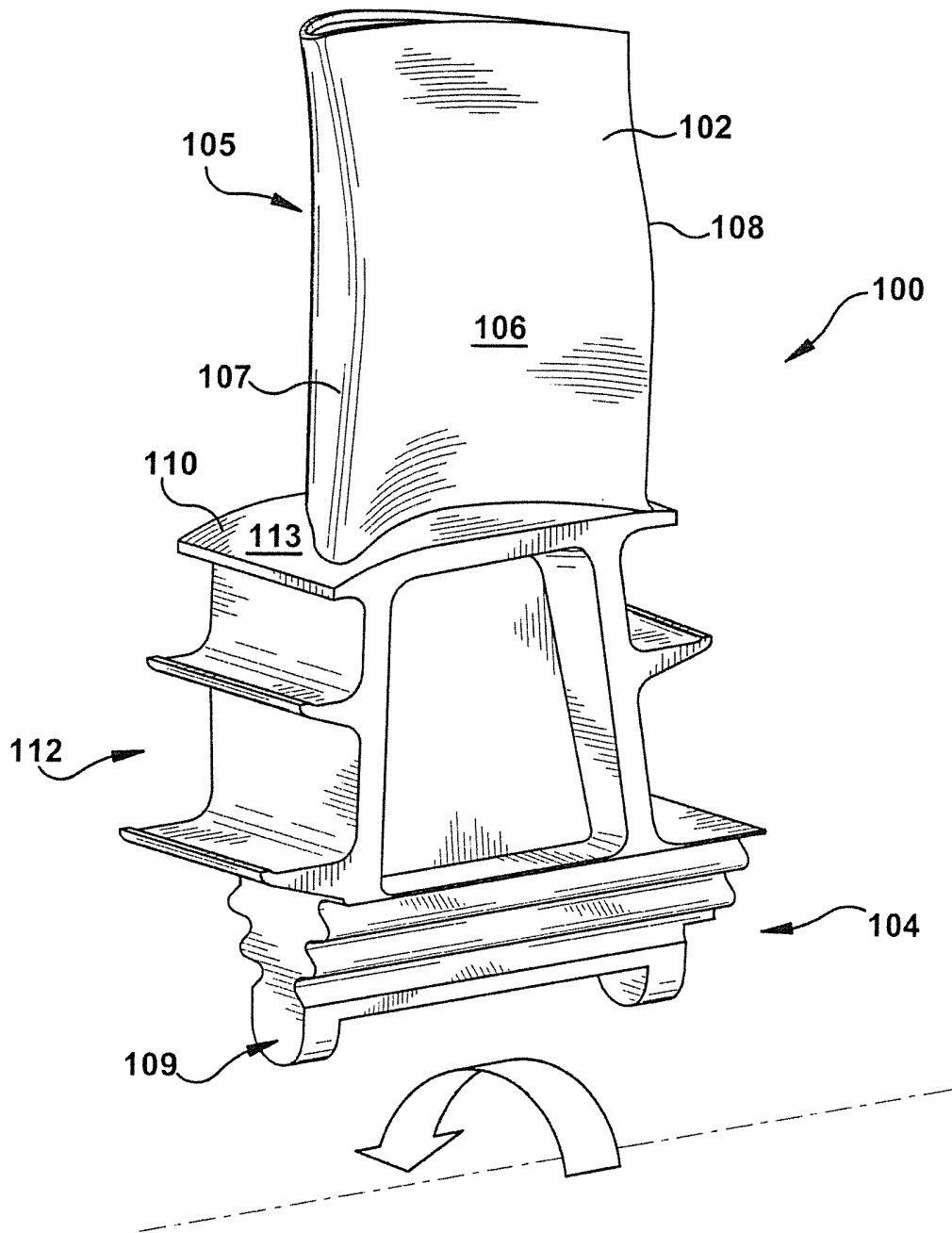
- 100 Turbinenlaufschaufel
- 102 Laufschaufelblatt oder Schaufelblatt
- 104 Fuss
- 105 Saugseite
- 106 Druckseite
- 107 Vorderkante
- 108 Hinterkante
- 109 Schwalbenschwanz
- 110 Plattform
- 112 Schaft
- 113 Oberseite der Plattform
- 114 Unterseite der Plattform
- 116 Innerer Kühlkanal

- 117 Einlass
- 119 Hohlraum
- 120 Kühlkanäle der Plattform
- 121 Hinterkante
- 122 Saugseitenkante oder Schlitzseitenwand
- 124 Vorderkante
- 126 Druckseitenkante oder Schlitzseitenwand
- 128 Druckseite der Plattform
- 130 Kühlkammer
- 131 Serpentine
- 132 Einlass
- 134 Auslass
- 135 Rippe
- 138 Stromaufwärtiger Durchgang
- 139 Stromabwärtiger Durchgang
- 142 Wendeabschnitt
- 151 Erster Rand
- 152 Zweiter Rand
- 153 Dritter Rand
- 154 Vierter Rand
- 157 Erstes Ende
- 158 Zweites Ende
- 159 Längsachsen-Bezugslinie
- 160 Einlasskanalweite
- 161 Kanalweite vor der Wendung
- 162 Kanalweite nach der Wendung
- 163 Auslasskanalweite
- 164 Kanalweite des Wendeabschnitts
- 168 Decke (der Kühlkammer)
- 169 Boden (der Kühlkammer)
- 171 Hochdruckanschluss
- 172 Niederdruckanschluss
- 175 Oberflächenkanäle
- 176 Winkel
- 180 Leitschaufel
- 181 Leitschaufelblatt oder Schaufelblatt

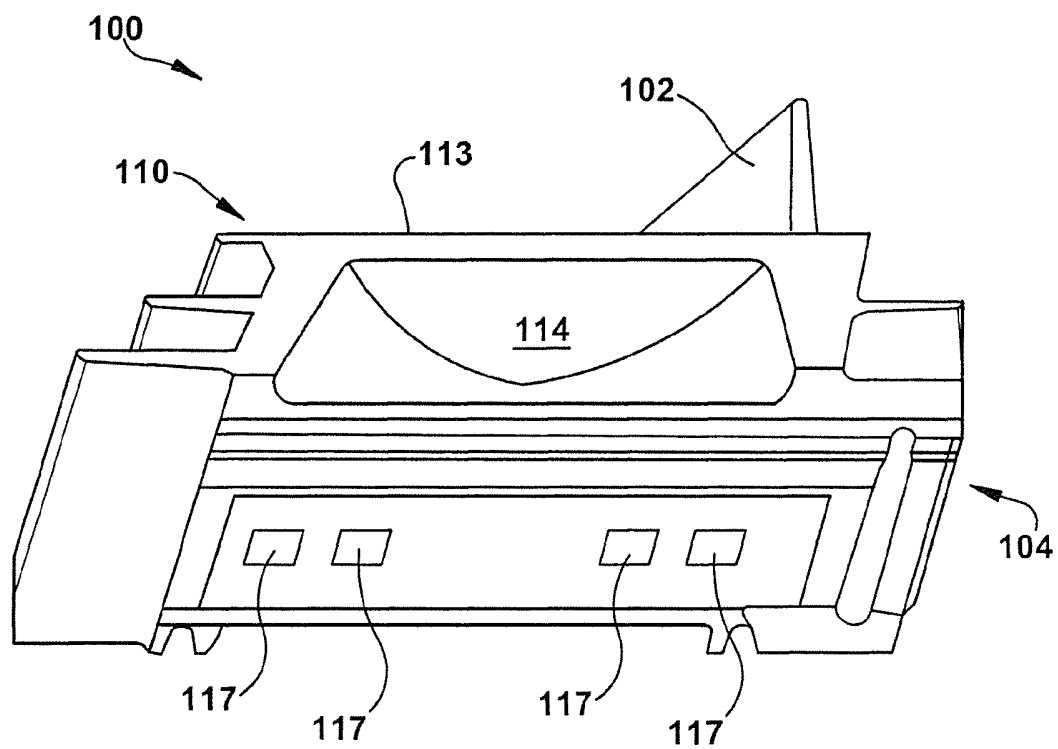
- 184 Seitenwand
- 185 Einlassanschluss
- 186 Auslassanschluss

Patentansprüche

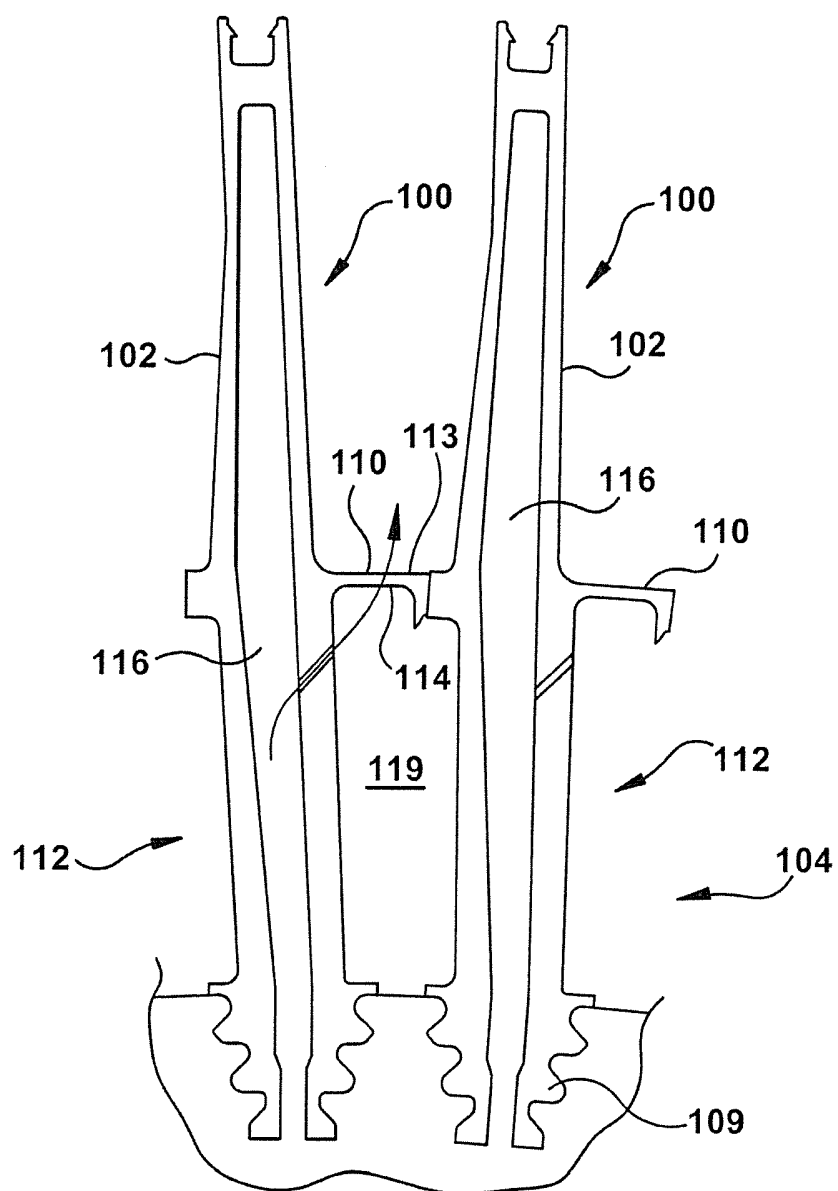
1. Kühlanordnung in entweder einer Seitenwand einer Leitschaufel oder einer Plattform in einer Laufschaufel in einer Turbine einer Verbrennungsturbine, wobei die Kühlanordnung aufweist:
eine Kühlkammer, die eingerichtet ist, um Kühlmittel von einem Einlass zu einem Auslass weiterzuleiten; und
eine Rippe, die innerhalb der Kühlkammer angeordnet ist, wobei die Rippe die Kühlkammer teilweise unterteilt, um eine Serpentine zu bilden;
wobei die Rippe in Bezug auf die Kühlkammer derart schräg verläuft, dass die Serpentine einen sich zunehmend verengenden Kanal aufweist.
2. Kühlanordnung nach Anspruch 1, wobei der sich zunehmend verengende Kanal einen Kanal aufweist, der sich bei der Erstreckung des Kanals von dem Einlass zu dem Auslass der Kühlkammer mit einer konstanten Rate verengt.
3. Kühlanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der sich verengende Kanal einen Kanal aufweist, der sich mit einer konstanten Rate entlang beider Flanken der Rippe verengt.
4. Kühlanordnung nach Anspruch 3, wobei die Serpentine einen an jeder Flanke der Rippe angeordneten Durchgang aufweist: einen stromaufwärtigen Durchgang, der an einer Flanke der Rippe angeordnet ist, die mit dem Einlass zusammentrifft; und einen stromabwärtigen Durchgang, der an einer Flanke der Rippe angeordnet ist, die mit dem Auslass zusammentrifft; und wobei zwischen dem stromaufwärtigen Durchgang und dem stromabwärtigen Durchgang die Serpentine einen Wendeabschnitt aufweist, der eine Wendung von ungefähr 180° definiert.
5. Kühlanordnung nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühlkammer einen ersten Rand und einen zweiten Rand aufweist, wobei der zweite Rand über die Kühlkammer dem ersten Rand gegenüberliegt; wobei sich die Rippe geradlinig zwischen einem ersten Ende, das an dem ersten Rand der Kühlkammer zwischen dem Einlass und dem Auslass angeordnet ist, und einem zweiten Ende erstreckt, dass in einem Abstand zu dem zweiten Rand der Kühlkammer versetzt angeordnet ist.
6. Kühlanordnung nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei:
die Rippe derart schräg verläuft, dass: eine Kanalweite des stromaufwärtigen Durchgangs sich mit einer linearen Rate verringert, während der stromaufwärtige Durchgang von dem Einlass zu dem zweiten Ende der Rippe verläuft; und
eine Kanalweite des stromabwärtigen Durchgangs sich mit einer linearen Rate verringert, während der stromabwärtige Durchgang sich von dem zweiten Ende der Rippe zu dem Auslass erstreckt; und
eine Kanalweite eines stromabwärtigen Endes des stromaufwärtigen Durchgangs gerade noch grösser ist als eine Kanalweite eines stromaufwärtigen Endes des stromabwärtigen Durchgangs.
7. Kühlanordnung nach einem der beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühlkammer eine plane Konfiguration und ein Aussenprofil eines Vierecks aufweist; und wobei die Rippe geradlinig ist.
8. Kühlanordnung nach Anspruch 7, wobei das Viereck ein erstes Paar und ein zweites Paar gegenüberliegender Ränder aufweist, wobei jedes Paar zwei der Seiten des Vierecks aufweist, die über die Kühlkammer einander gegenüberliegen;
wobei das erste Paar gegenüberliegender Ränder einen ersten Rand und einen zweiten Rand enthält und das zweite Paar gegenüberliegender Ränder einen dritten Rand und einen vierten Rand enthält; und
wobei der Einlass und der Auslass an dem ersten Rand angeordnet sind und zwischen dem Einlass und dem Auslass ein erstes Ende der Rippe an dem ersten Rand angeordnet ist.
9. Kühlanordnung nach Anspruch 8, wobei sich die Rippe von dem ersten Ende aus in Richtung auf den zweiten Rand erstreckt, wobei die Rippe an einem zweiten Ende endet;
wobei das zweite Ende der Rippe in einem Abstand zu dem zweiten Rand versetzt angeordnet ist;
wobei der dritte Rand parallel zu dem vierten Rand verläuft; und
wobei die Rippe in Bezug auf eine Richtung einer Längsachse der Kühlkammer schräg verläuft, die durch zwischen dem dritten und dem vierten Rand definierte Mittelpunkte festgelegt ist.
10. Kühlanordnung nach Anspruch 9, wobei die Rippe in Richtung auf den dritten Rand derart schräg verläuft, dass bei der Erstreckung der Rippe von dem ersten Rand in Richtung auf den zweiten Rand ein Abstand zwischen der Rippe und dem dritten Rand sich mit einer linearen Rate verringert, während sich ein Abstand zwischen der Rippe und dem vierten Rand mit der linearen Rate vergrößert.



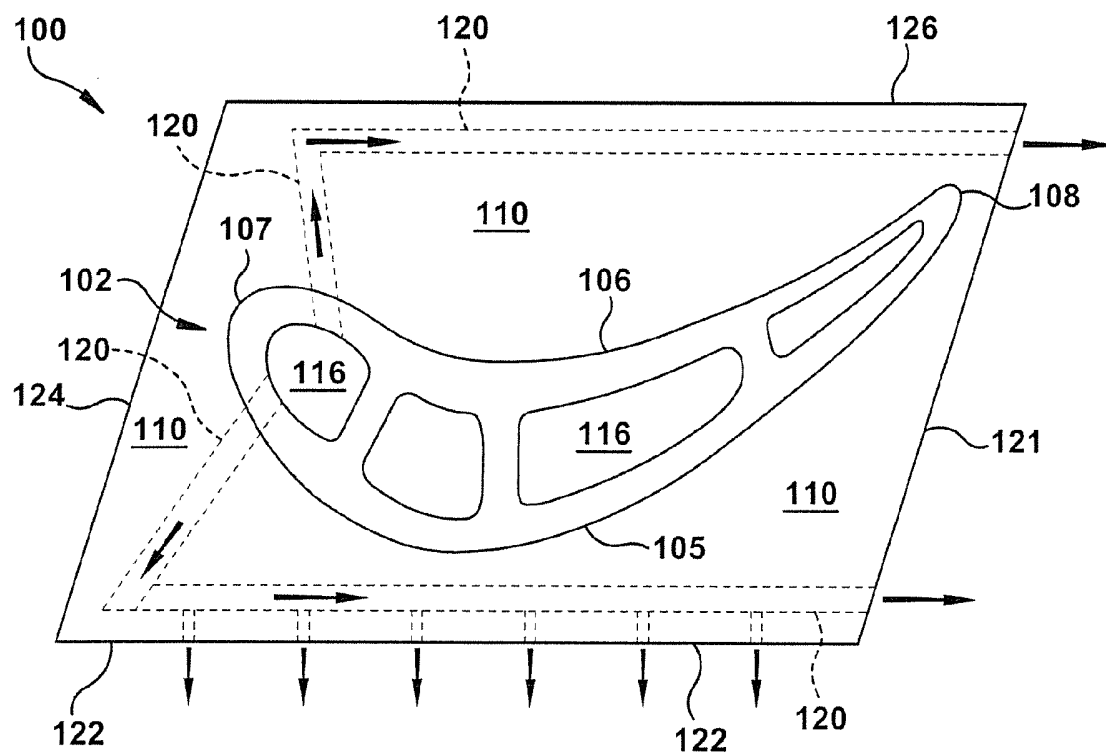
Figur 1



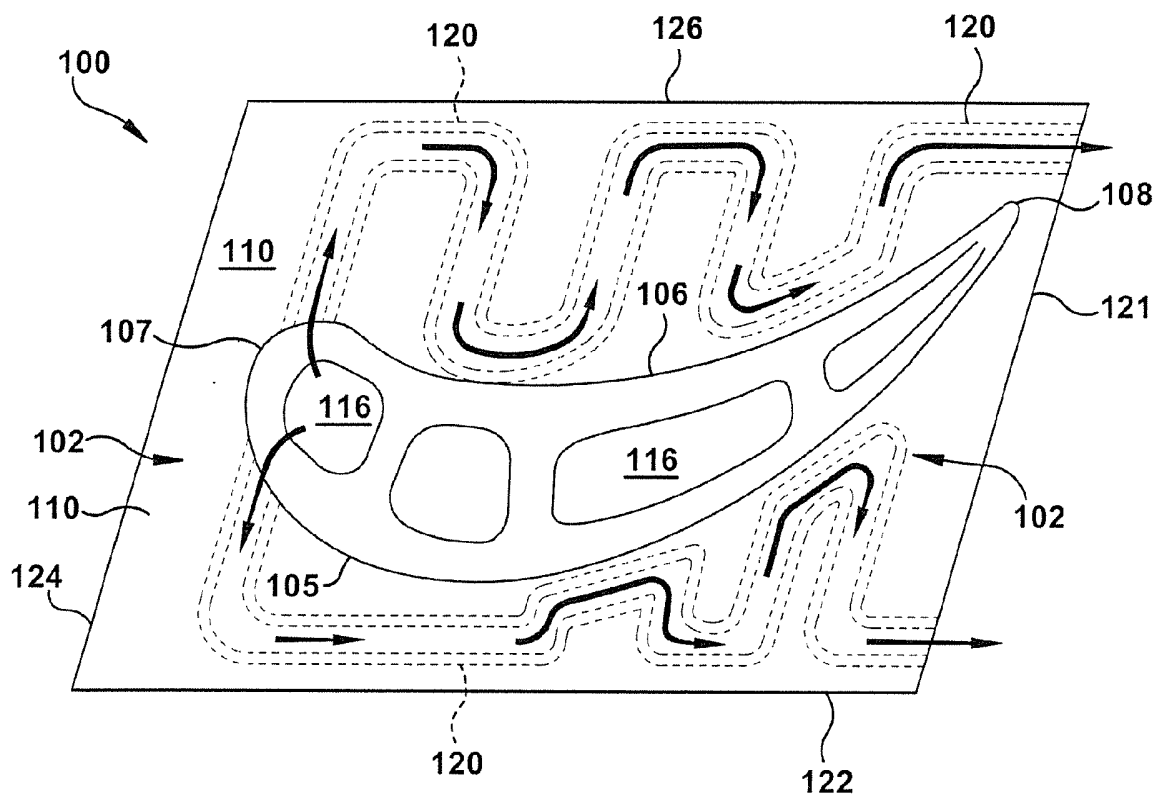
Figur 2



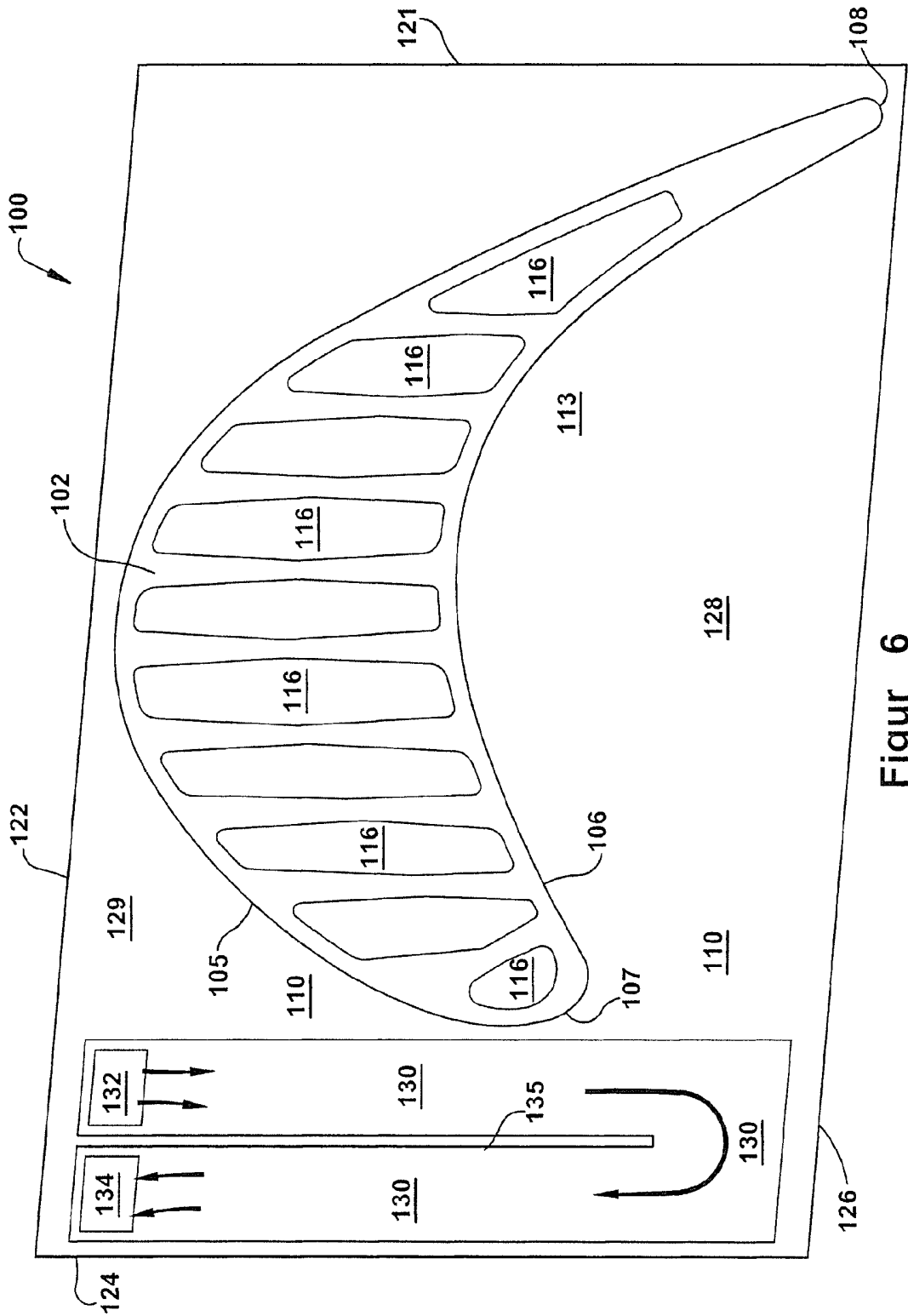
Figur 3
(Stand der Technik)



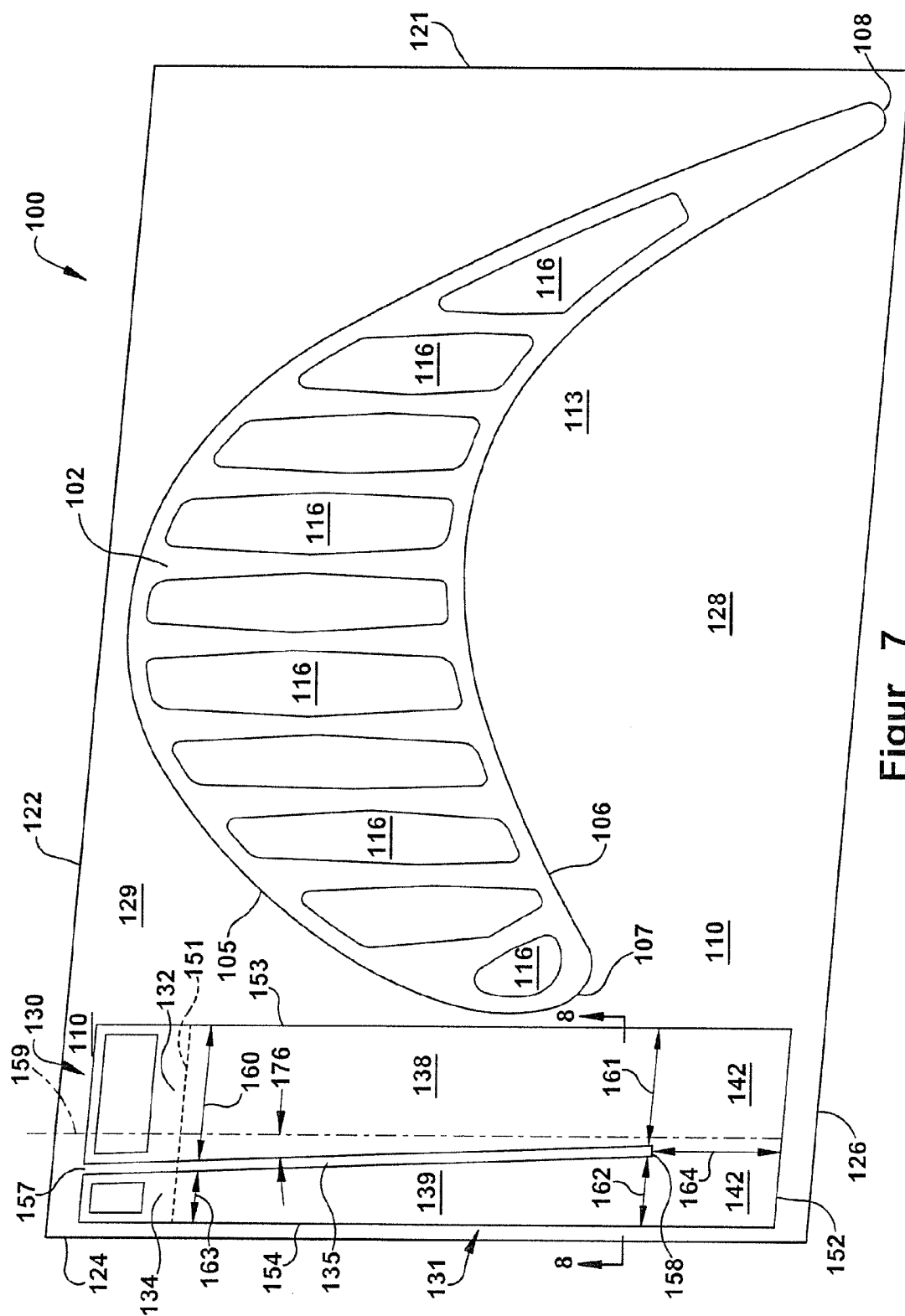
Figur 4
(Stand der Technik)



Figur 5
(Stand der Technik)



Figur 6
(Stand der Technik)



Figur 7

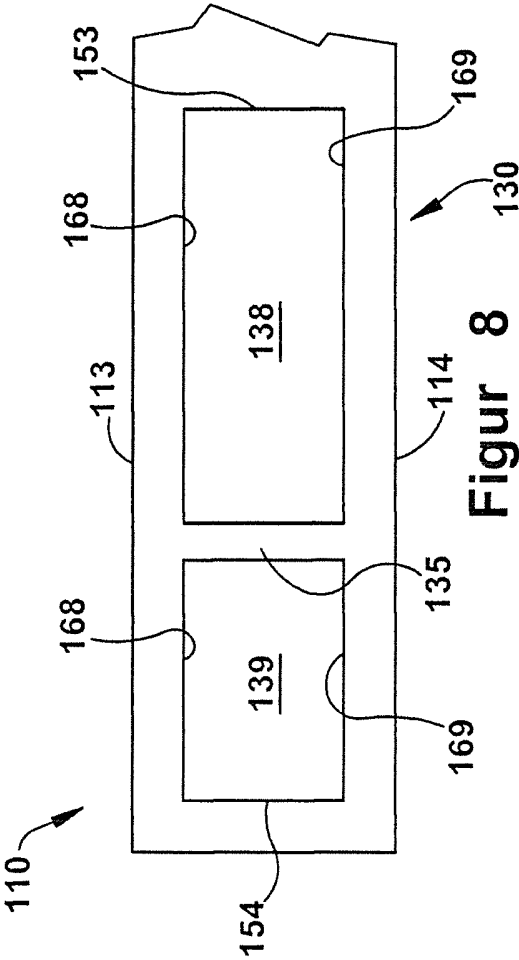


Figure 8

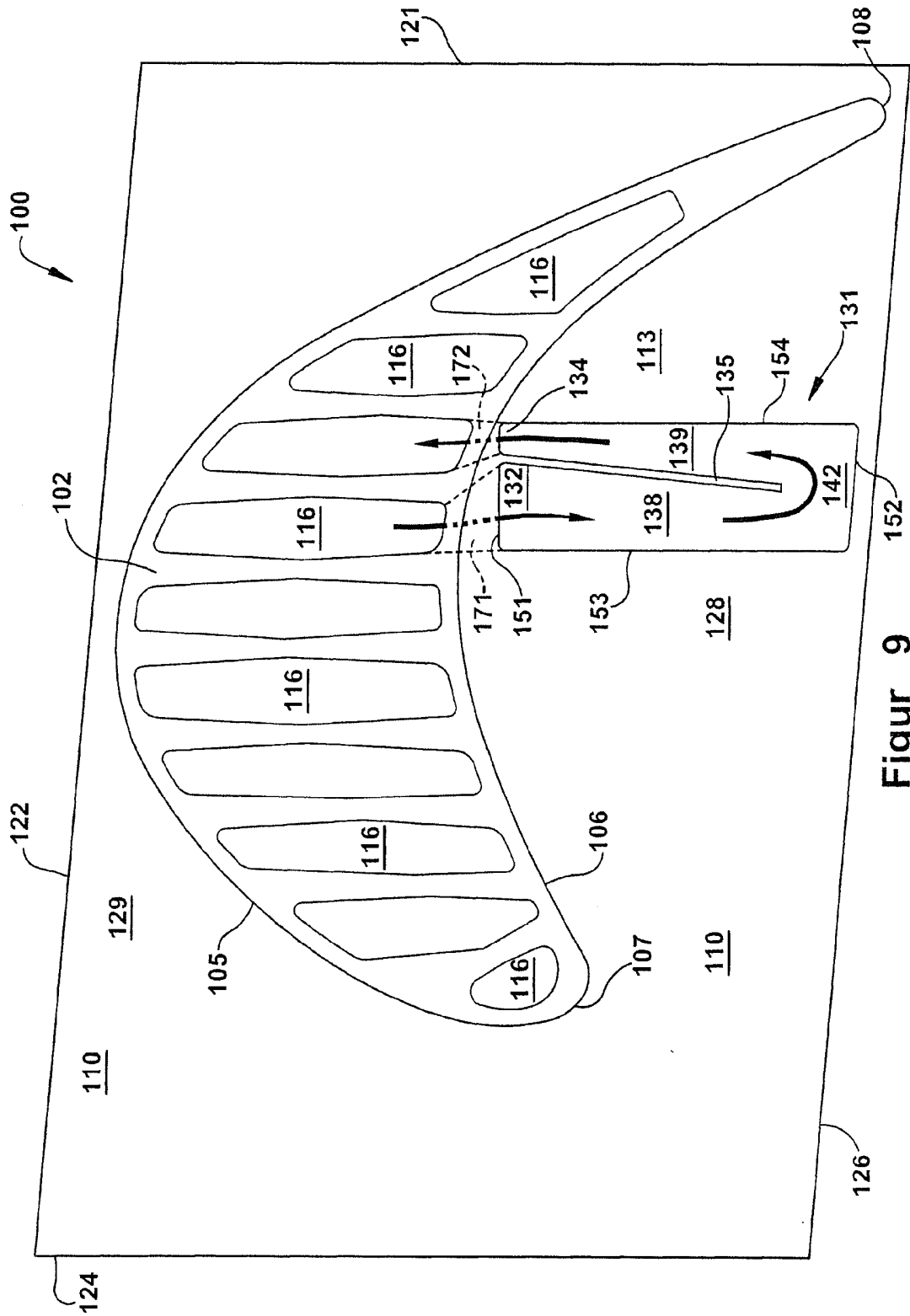


Figure 9

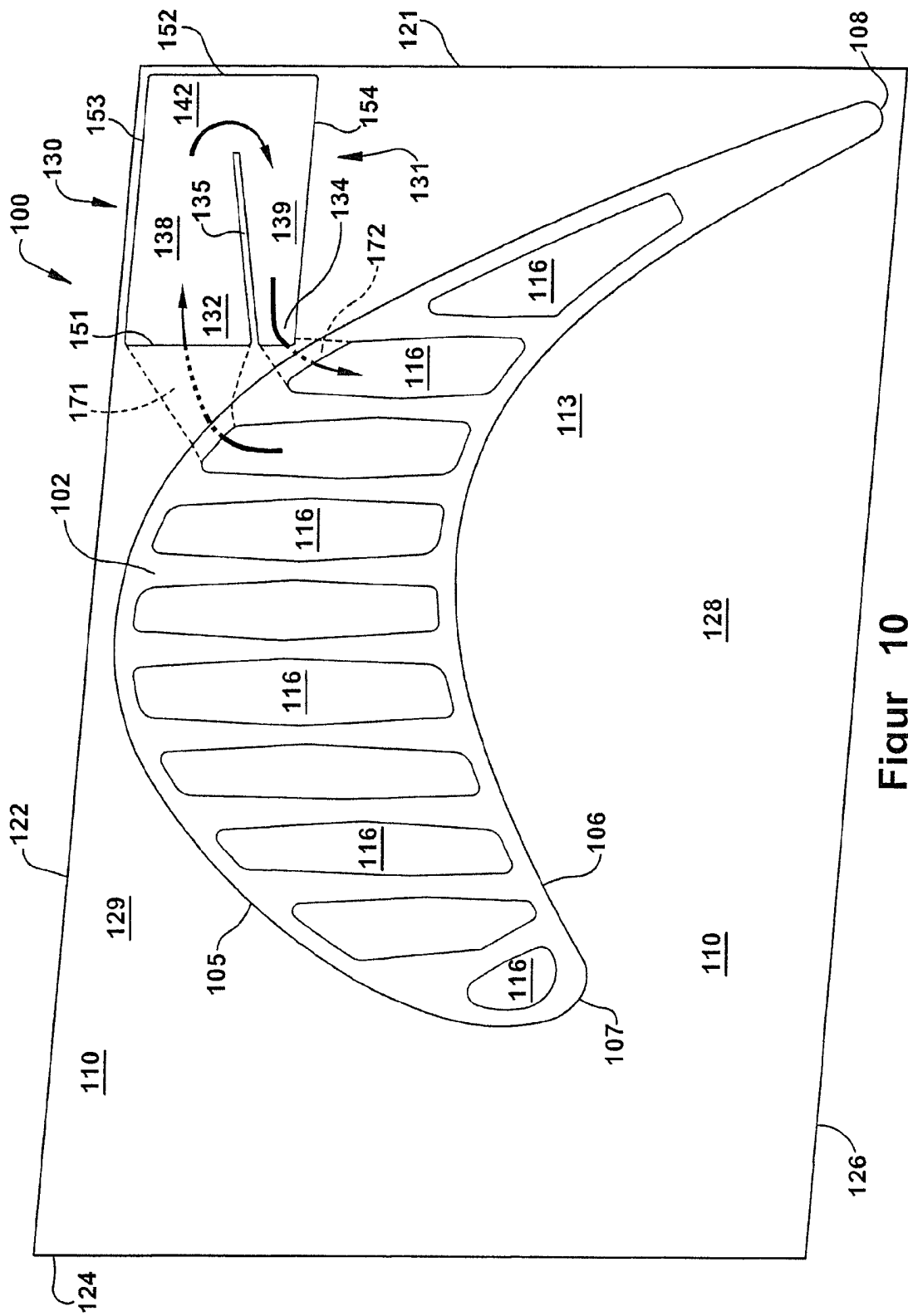


Figure 10

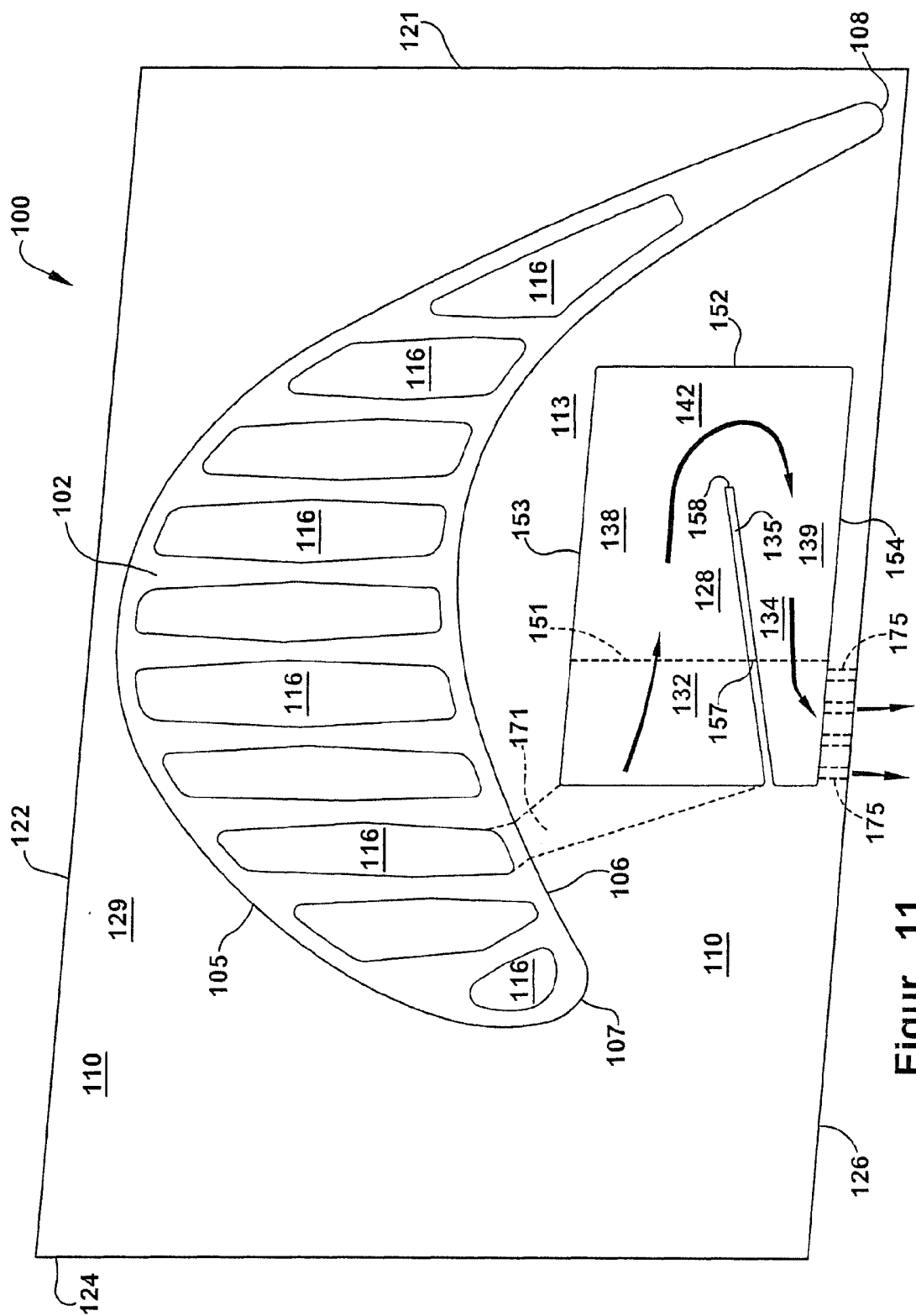
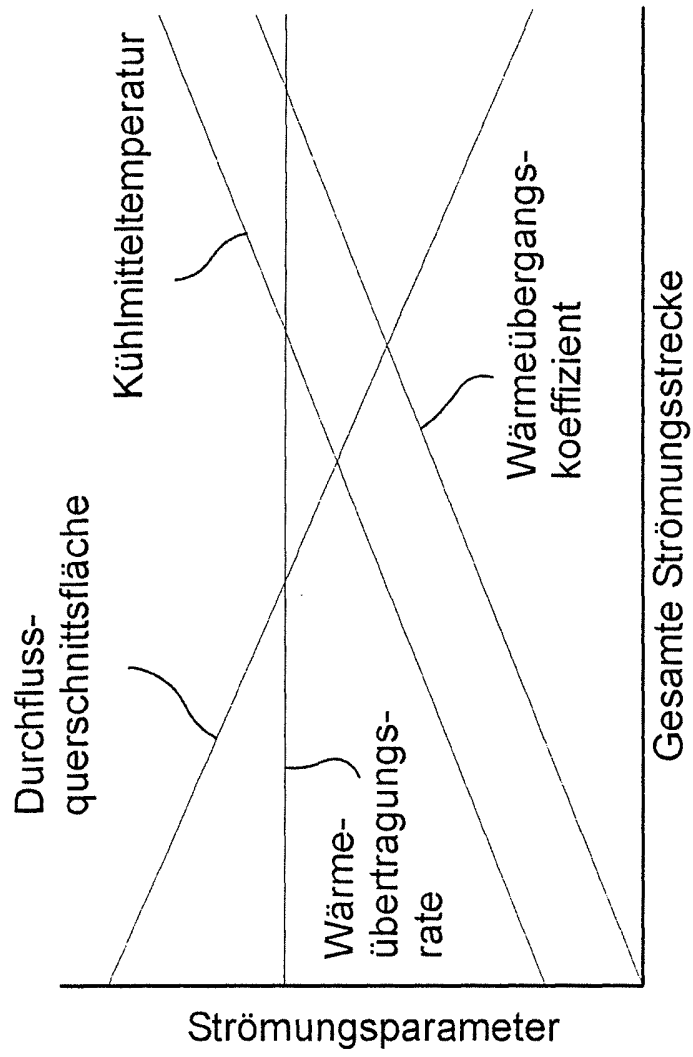


Figure 11



Figur 12

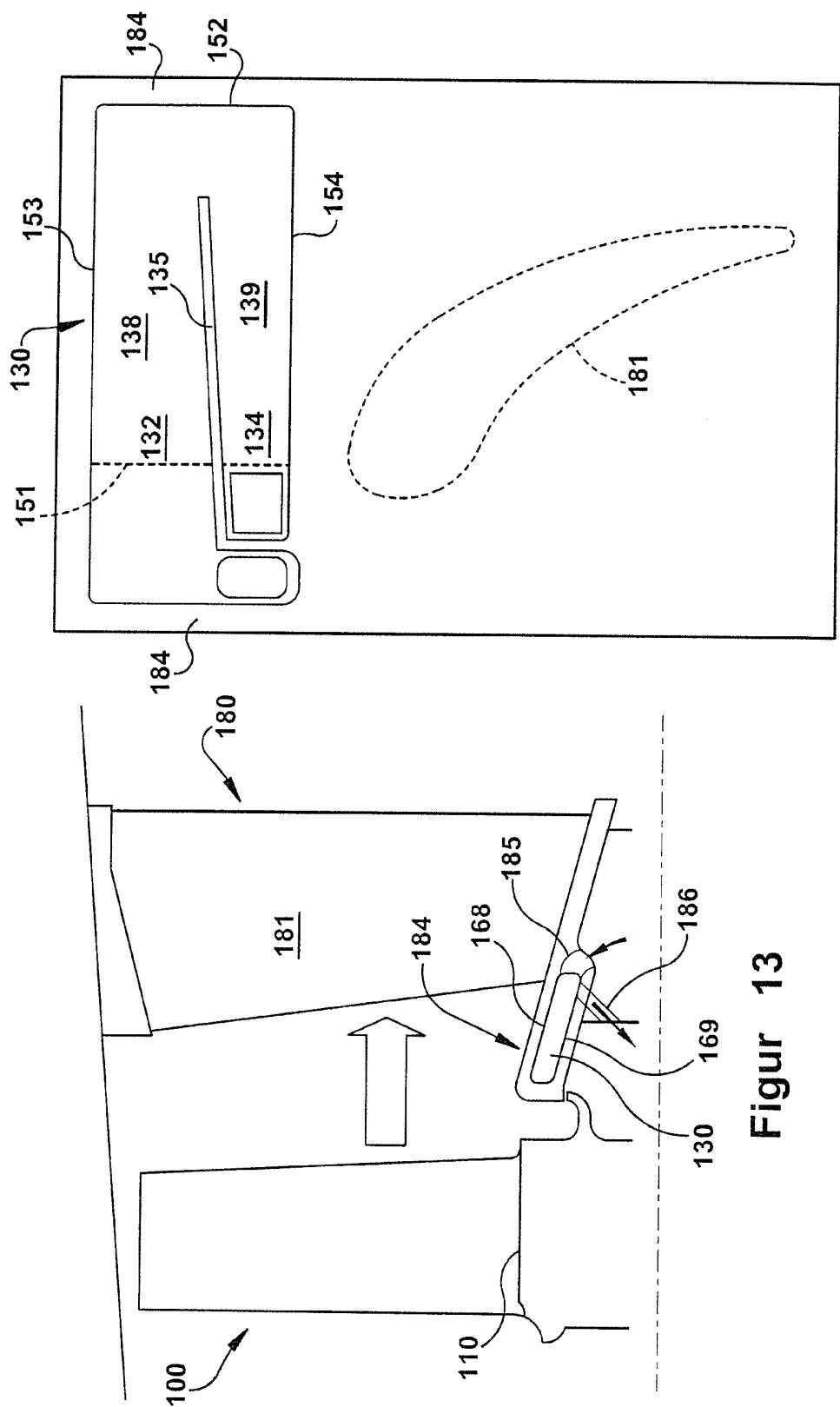


Figure 14

Figure 13