



(11) CH

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

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind allgemein Gasturbinen, was, sofern hier nicht ausdrücklich anderweitig spezifiziert, alle Arten von Gasturbinen einschliesst, wie beispielsweise solche, die zur Energieerzeugung eingesetzt werden, wie auch solche von Luftfahrzeugen. Ohne darauf beschränkt zu sein, bezieht sich die vorliegende Beschreibung spezieller auf Einrichtungen, Systeme und/oder Verfahren zur Kühlung des Plattformabschnitts von Turbinenrotorschaukeln.

[0002] Eine Gasturbine umfasst typischerweise einen Verdichter, einen Brenner und eine Turbine. Der Verdichter und die Turbine enthalten allgemein Reihen von Schaufeln oder Blättern, die axial in Stufen hintereinander angeordnet sind. Jede Stufe umfasst typischerweise eine Reihe von in Umfangsrichtung beabstandeten Rotorschaukeln, die fest angeordnet sind, sowie einen Satz von in Umfangsrichtung beabstandeten Rotorschaukeln, die um eine zentrale Achse oder Welle drehen. In Betrieb werden die Rotorschaukeln des Verdichters um die Welle gedreht, um einen Luftstrom zu verdichten. Die verdichtete Luft wird dann in dem Brenner zur Verbrennung von zugeleitetem Kraftstoff genutzt. Der aus dem Verbrennungsprozess resultierende Heissgasstrom wird dann im Durchgang durch die Turbine expandiert, wodurch die Rotorschaukeln die Welle drehen, an der sie befestigt sind. Auf diese Weise wird die im Brennstoff enthaltene Energie in die mechanische Energie der drehenden Welle umgesetzt, die dann beispielsweise zum Antrieb von Generatorspulen genutzt werden kann, um Strom zu erzeugen.

[0003] Es sei auf die Fig. 1 und 2 verwiesen; die Rotorschaukeln 100 der Turbine weisen allgemein einen Blattabschnitt oder Blatt 102 und einen Fussabschnitt oder Fuss 104 auf. Das Blatt 102 hat eine konvexe Saugfläche 105 und eine konkave Druckfläche 106. Das Blatt 102 weist ausserdem eine Anströmkante 107, die die Vorderkante ist, und eine Abströmkante 108 auf, die die Hinterkante ist. Der Fuss 104 hat eine Struktur (die, wie dargestellt, typischerweise einen Schwalbenschwanz 109 enthält) zur Befestigung des Blatts 100 an der Rotorwelle, eine Plattform 110, von der sich das Blatt 102 weg erstreckt, sowie einen Schaft 112, der die Struktur zwischen dem Schwalbenschwanz 109 und der Plattform 110 umfasst.

[0004] Wie dargestellt, kann die Plattform 110 im Wesentlichen eben ausgebildet sein. Im Einzelnen kann die Plattform 110 eine ebene Oberseite 113 aufweisen, die wie in Fig. 1 veranschaulicht, eine sich in Axial- und Umfangsrichtung erstreckende flache Oberfläche aufweist. Wie in Fig. 2 veranschaulicht, kann die Plattform 110 eine ebene Unterseite 114 aufweisen, die ebenfalls eine sich in Axialrichtung und in Umfangsrichtung erstreckende flache Fläche aufweist. Die Oberseite 113 und die Unterseite 114 der Plattform 110 können so ausgebildet sein, dass sie im Wesentlichen parallel zueinander orientiert sind. Wie veranschaulicht ist ersichtlich, dass die Plattform 110 typischerweise ein dünnes radiales Profil aufweist, d.h. dass ein relativ geringer radialer Abstand zwischen der Oberseite 113 und der Unterseite 114 der Plattform 110 vorhanden ist.

[0005] Allgemein wird die Plattform 110 an einer Turbinenrotorschaukel 100 dazu genutzt, die innere Strömungsweggrenze des Heissgaspfadabschnitts der Gasturbine zu bilden. Die Plattform 110 erbringt ausserdem die strukturelle Unterstützung des Blatts 102. Im Betrieb verursacht die Drehgeschwindigkeit der Turbine eine mechanische Belastung, die entlang der Plattform 110 hochbelastete Bereiche erzeugt, so dass in Verbindung mit hohen Temperaturen schlussendlich betriebsbedingte Defekte entstehen können, wie beispielsweise Oxidation, Kriechen, Ermüdungsbrüche bei niedriger Lastspielzahl und dergleichen. Diese Defekte schlagen sich selbstverständlich negativ auf die Nutzdauer der Rotorschaukel 100 nieder. Es ist ersichtlich, dass diese harten Betriebsbedingungen, d.h. die Exposition gegenüber hohen Temperaturen des Heissgaspfads und auf die rotierenden Schaufeln einwirkende mechanische Belastung eine beträchtliche Herausforderung bei der Gestaltung dauerhafter, langlebiger Rotorschaukelplattformen 110 verursacht, die sich sowohl gut verhalten, als auch kosteneffizient herzustellen sind.

[0006] Eine verbreitete Lösung den Plattformbereich 110 dauerhafter auszugestalten ist, ihn während des Betriebs mit einem Strom komprimierter Luft oder eines anderen Kühlmittels zu kühlen, wobei eine Vielzahl derartiger Gestaltungen bekannt ist. Jedoch wird der Fachmann verstehen, dass der Plattformbereich 110 eine gewisse Herausforderung hinsichtlich der Gestaltung darstellt, die es schwer macht ihn auf diese Weise zu kühlen. Zum grossen Teil liegt dies an der umständlichen Geometrie dieses Bereichs, was daran liegt, dass die Plattform 110 wie beschrieben eine Peripheriekomponente ist, die von dem zentralen Kern der Rotorschaukel entfernt angeordnet und typischerweise darauf eingerichtet ist, eine strukturell gesunde, jedoch radial geringe Dicke zu haben.

[0007] Zur Leitung des Kühlmittels weist die Rotorschaukel 100 typischerweise einen oder mehrere Kühlkanäle 116 (siehe Fig. 3, 4, 5 und 9) auf, die sich mindestens durch den Kern der Schaukel 100 einschliesslich des Fusses 104 und des Blatts 102 radial erstrecken. Wie nachstehend detaillierter beschrieben, können solche Kühlkanäle 116 zur Erhöhung des Wärmeaustauschs in Form von Serpentinien ausgebildet sein, die sich durch die Zentralabschnitte der Schaukel 100 winden, wobei auch andere Gestaltungen möglich sind. Während des Betriebs kann ein Kühlmittel über einen oder mehrere Einlässe 117, die in dem Einlassabschnitt des Fusses 104 ausgebildet sind, in die zentralen Kühlkanäle einströmen. Das Kühlmittel kann durch die Schaukel 100 zirkulieren und durch (nicht veranschaulichte) Auslässe austreten, die an dem Blatt ausgebildet sind und/oder durch einen oder mehrere Auslässe (nicht dargestellt), die in dem Fuss 104 ausgebildet sind. Das Kühlmittel kann unter Druck stehen und beispielsweise Druckluft, mit Wasser vermischte Druckluft, Dampf oder

Ähnliches sein. In vielen Fällen ist das Kühlmittel Druckluft, die aus dem Verdichter der Gasturbine abgezapft worden ist, wobei auch andere Quellen möglich sind. Wie nachstehend detaillierter beschrieben, umfassen die Kühlkanäle typischerweise einen Hochdruckkühlbereich und einen Niederdruckkühlbereich. Der Hochdruckkühlbereich entspricht typischerweise einem stromaufwärtigen Abschnitt des Kühlkanals, der einen höheren Kühlmitteldruck aufweist, wohingegen der Niederdruckkühlbereich einem stromabwärtigen Abschnitt entspricht, in dem ein vergleichsweise niedrigerer Kühlmitteldruck herrscht.

[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 Rotorscheufeln 100 ausgebildet ist. Von dort aus kann das Kühlmittel genutzt werden, um den Plattformbereich 110 der Schaufel zu kühlen, von der in Fig. 3 eine konventionelle Gestaltung veranschaulicht ist. Bei dieser Bauart wird typischerweise Luft aus einem der Kühlkanäle 116 entnommen und die Luft wird genutzt, um den zwischen den Schäften 112 bzw. Plattformen 110 gebildeten Hohlraum 119 unter Druck zu setzen. Einmal unter Druck gesetzt liefert der Hohlraum 119 dann Kühlmittel an Kühlkanäle, die sich durch die Plattformen 110 erstrecken. Nach Durchquerung der Plattform 110 kann die Kühlluft den Hohlraum durch Filmkühlungslöcher verlassen, die in der Oberseite 113 der Plattform 110 ausgebildet sind.

[0009] Es versteht sich jedoch, dass diese Art herkömmlicher Bauart verschiedene Nachteile hat. Zunächst ist der Kühlkreis nicht vollständig in einem Teil ausgebildet, denn der Kühlkreis wird lediglich ausgebildet, nachdem zwei benachbarte Rotorscheufeln 100 zusammengebaut sind. Dies führt zu hohen Ansprüchen und Komplexität hinsichtlich der Installation und Strömungstests vor der Installation. Ein zweiter Nachteil liegt darin, dass die Integrität des zwischen benachbarten Rotorscheufeln 100 ausgebildeten Hohlraums 119 davon abhängt, wie gut der Umfang des Hohlraums 119 abgedichtet ist. Eine schlechte Abdichtung kann eine nicht ausreichende Plattformkühlung und/oder die Kühlluftverlust bedeuten. Ein dritter Nachteil liegt in dem inhärenten Risiko, dass Heissgaspfadgase in den Hohlraum 119 oder die Plattform 110 selbst eingesaugt werden. Dies kann geschehen, wenn der Hohlraum 119 während des Betriebs nicht bei ausreichend hohem Druck gehalten wird. Wenn der Druck in dem Hohlraum 119 unter den im Heissgaspfad herrschenden Druck fällt, gelangen Heissgase in den Schafthohlraum 119 oder die Plattform 110 selbst, was typischerweise diese Komponenten beschädigt, denn sie sind nicht dafür bemessen auf Dauer den Bedingungen in dem Heissgaspfad ausgesetzt zu werden.

[0010] Die Fig. 4 und 5 veranschaulichen eine andere Art einer herkömmlichen Gestaltung zur Plattformkühlung. In diesem Fall ist der Kühlkreis in der Rotorscheufel 100 enthalten und umfasst wie dargestellt, keinen Schafthohlraum 119. Aus einem der Kühlkanäle 116 der sich durch den Kern des Blatts 110 erstreckt, wird Kühlluft entnommen und durch Kühlkanäle 120, die in der Plattform 110 ausgebildet sind (d.h. «Plattformkühlkanäle 120») nach rückwärts gerichtet. Wie durch verschiedene Pfeile angedeutet ist, strömt die Kühlluft durch die Plattformkühlkanäle 120 und tritt durch Auslässe in der Hinterkante 121 der Plattform 110 oder aus Auslässen aus, die entlang der saugseitigen Kante 122 ausgebildet sind. (Es wird angemerkt, dass bei der Beschreibung oder Bezugnahme auf Kanten oder Flächen der rechteckigen Plattform 110 jede auf Grundlage ihrer Anordnung in Bezug auf die Saugfläche 105 oder Druckfläche 106 des Blatts 102 und/oder die vordere und rückwärtige Richtung der Gasturbine beschrieben werden kann, sobald die Schaufel 100 installiert ist. Insoweit kann die Plattform, wie der Fachmann erkennt, eine Hinterkante 121, eine Saugseitenkante 122, eine Vorderkante 124 und eine Druckseitenkante 126 aufweisen, wie in Fig. 3 und 4 angedeutet ist. Zusätzlich können die saugseitige Kante 122 und die druckseitige Kante 126 als «Spaltflächen» bezeichnet werden, wobei der Hohlraum, der zwischen ihnen ausgebildet ist sobald benachbarte Rotorscheufeln 100 installiert sind, als «Spalthohlraum» bezeichnet werden kann.)

[0011] Es ist einsichtig, dass die herkömmlichen Strukturen der Fig. 4 und 5 gegenüber der Struktur nach Fig. 3 dahingehend einen Vorteil haben, dass sie nicht durch Abweichungen beim Zusammenbau oder Installationsbedingungen beeinträchtigt werden. Jedoch haben herkömmliche Gestaltungen dieser Art verschiedene Beschränkungen und Nachteile. Zunächst ist, wie dargestellt, an jeder Seite des Blatts 102 nur ein einziger Kreislauf vorgesehen und somit ergibt sich der Nachteil der beschränkten Kontrolle der an verschiedenen Stellen der Plattform 110 genutzten Kühlluftmenge. Zweitens haben konventionelle Gestaltungen dieser Art einen Abdeckbereich, der generell beschränkt ist. Während der serpentinartig gewundene Pfad nach Fig. 5 eine Verbesserung im Hinblick auf die Abdeckung gegenüber Fig. 4 darstellt, existieren immer noch Totbereiche in der Plattform 110, die ungekühlt bleiben. Drittens erhöhen sich die Herstellkosten dramatisch, wenn, um eine bessere Abdeckung mit innerlich ausgebildeten Plattformkühlkanälen 120 zu erreichen, die Kühlkanäle insbesondere Formen haben, die zu ihrer Ausbildung einen Giessprozess erfordern. Viertens entlassen diese herkömmlichen Designs typischerweise Kühlmittel nach Nutzung und vor vollständiger Ausnutzung des Kühlmittels in den Heissgaspfad, was die Effizienz der Gasturbine negativ beeinflusst. Fünftens haben Gestaltungen dieser Art allgemein eine geringe Flexibilität. Dies bedeutet, dass die Kanäle 120 als integraler Bestandteil der Plattform 110 ausgebildet sind und wenig oder keine Möglichkeit lassen, ihre Funktion oder Konfiguration zu ändern, wenn die Betriebsbedingungen variieren. Ausserdem sind diese Arten konventioneller Gestaltungen schwer zu reparieren oder instand zu setzen.

[0012] Im Ergebnis haben herkömmliche Plattformkühlstrukturen Nachteile in einem oder mehreren Bereichen. Es verbleibt ein Bedürfnis nach verbesserten Einrichtungen, Systemen und Verfahren zur effektiven und effizienten Kühlung des Plattformbereichs von Turbinenrotorscheufeln, die kosteneffizient herzustellen und flexibel in der Anwendung sowie dauerhaft sein sollen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0013] Die vorliegende Erfindung beschreibt somit eine Plattformkühlanordnung in einer Turbinenrotorschaukel mit einer Plattform an einer Stelle zwischen einem Schaufelblatt und einem Fuss, wobei die Rotorschaukel einen in ihr ausgebildeten Kühlkanal aufweist, der sich von einem Anschluss einer Kühlmittelquelle an dem Fuss zur wenigstens ungefähr der radialen Position der Plattform erstreckt, wobei entlang einer Seite, die mit einer Druckseite des Schaufelblatts übereinstimmt, eine Druckseite der Plattform eine obere, sich in Umfangsrichtung erstreckende Seite aufweist, die sich von dem Schaufelblatt zu einer druckseitigen Spaltfläche erstreckt, und wobei entlang einer Seite, die mit einer Saugseite des Schaufelblatts übereinstimmt, eine Saugseite der Plattform eine obere Fläche aufweist, die sich von dem Schaufelblatt in Umfangsrichtung zu einer saugseitigen Spaltfläche erstreckt. Die Plattformkühlanordnung kann enthalten: Ein Hauptvolumen, das sich bezogen auf die planare Oberseite innen befindet und sich der Druckseite oder der Saugseite der Plattform von einer hinteren Position zu einer vorderen Position erstreckt, wobei das Hauptvolumen eine Längsachse aufweist, die ungefähr parallel zu der planaren oberen Fläche ausgerichtet ist; ein Liefervolumen, das sich zwischen dem Hauptvolumen und dem inneren Kühlkanal erstreckt; sowie eine Anzahl von Kühlöffnungen, wobei sich jede Kühlöffnung von der druckseitigen oder saugseitigen Spaltfläche zu einer Verbindung mit dem Hauptvolumen erstreckt.

[0014] Die vorliegende Anmeldung beschreibt ausserdem ein Verfahren zur Erzeugung einer Plattformkühlanordnung für eine Turbinenrotorschaukel mit einer Plattform an einer Verbindung zwischen einem Blatt und einem Fuss, wobei das Rotorblatt einen in ihm ausgebildeten inneren Kühlkanal aufweist, der sich von einer Verbindung zu einer Kühlmittelquelle an dem Fuss zu wenigstens ungefähr der radialen Höhe der Plattform erstreckt, wobei eine Druckseite der Plattform entlang einer Seite, die mit einer Druckseite des Schaufelblatts übereinstimmt, eine sich von dem Schaufelblatt zu einer druckseitigen Spaltfläche in Umfangsrichtung erstreckende Oberseite aufweist. Das Verfahren weist die Schritte auf: Ausbilden eines Hauptvolumens, wobei das Hauptvolumen bezogen auf die planare obere Seite innen angeordnet ist und sich innerhalb der Druckseite der Plattform von einer hinteren Position zu einer vorderen Position erstreckt und eine Längsachse aufweist, die ungefähr parallel zu der planaren Oberseite ist; Herausarbeiten eines Liefervolumens entlang eines vorbestimmten linearen Wegs, wobei der lineare Weg einen Anfangspunkt an einer axial zentralen Position an der druckseitigen Spaltfläche aufweist und sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung so erstreckt, dass das Liefervolumen eine Verbindung zu dem inneren Kühlkanal herstellt und dazwischen das Hauptvolumen durchschneidet; sowie Ausarbeiten einer Anzahl von Kühlöffnungen, die jeweils einen Anfang an der druckseitigen Spaltfläche haben und sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung zu einer Verbindung mit dem Hauptvolumen erstrecken.

[0015] Die vorliegende Anmeldung beschreibt ausserdem ein Verfahren zur Erzeugung einer Plattformkühlanordnung in einer Turbinenrotorschaukel mit einer Plattform zwischen einem Schaufelblatt und einem Fuss, wobei die Rotorschaukel einen inneren Kühlkanal aufweist, der in ihr ausgebildet ist und sich von einer Verbindung mit einer Kühlmittelquelle an dem Fuss zu wenigstens ungefähr der radialen Höhe der Plattform erstreckt, wobei der innere Kühlkanal in Betrieb einen Hochdruckkühlmittelabschnitt und einen Niederdruckkühlmittelabschnitt aufweist und wobei eine Druckseite der Plattform entlang einer Seite, die mit einer Druckseite des Schaufelblatts übereinstimmt, eine obere Seite aufweist, die sich von dem Schaufelblatt in Umfangsrichtung zu einer druckseitigen Spaltfläche erstreckt, und wobei eine Saugseite der Plattform entlang einer Seite, die mit einer Saugseite des Schaufelblatts übereinstimmt, eine obere Seite aufweist, die sich von dem Schaufelblatt in Umfangsrichtung zu einer saugseitigen Spaltfläche erstreckt. Das Verfahren kann die Schritte aufweisen: Ausbilden eines Hauptvolumens mittels eines Giessprozesses wobei das Hauptvolumen so ausgebildet wird, dass das Hauptvolumen gerade innen zu der planaren Oberseite angeordnet ist, eine Längsachse aufweist, die ungefähr parallel zu der planaren Oberseite orientiert ist und sich von einem Auslass, der an einer hinteren Position der druckseitigen Spaltfläche ausgebildet ist, zu einem Auslass krümmt, der an einer vorderen Position der druckseitigen Spaltfläche ausgebildet ist, wobei die Biegungskrümmung in ihrer Form der Profilkontur der Druckfläche des Schaufelblatts entspricht; Bearbeiten eines Liefervolumens entlang eines vorbestimmten linearen Wegs, wobei der lineare Weg einen Startpunkt an einer axial zentralen Position der saugseitigen Druckfläche aufweist und sich ungefähr in Umfangsrichtung so erstreckt, dass das Liefervolumen eine Verbindung zu dem Hauptvolumen bildet und dazwischen den inneren Kühlkanal durchschneidet; sowie Bearbeiten einer Anzahl von Kühlöffnungen, wobei jede einen Anfang auf der druckseitigen Spaltfläche aufweist und sich ungefähr in Umfangsrichtung zu einer Verbindung mit dem Hauptvolumen erstreckt.

[0016] Diese und andere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen ersichtlich, wenn diese in Verbindung mit den Zeichnungen und den nachfolgenden Ansprüchen gesehen werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Diese und andere Merkmale der Erfindung werden durch sorgfältiges Studium der nachfolgenden detaillierteren Beschreibung exemplarischer Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen genauer verständlich und gewürdigt, in denen:

[0018] Fig. 1 eine Perspektivansicht einer exemplarischen Turbinenrotorschaukel veranschaulicht, bei der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung genutzt werden können;

[0019] Fig. 2 eine Ansicht einer Turbinenrotorschaukel von unten veranschaulicht, bei der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung genutzt werden können;

[0020] Fig. 3 eine Querschnittsansicht benachbarter Turbinenrotorschaukeln veranschaulicht, die ein Kühlsystem gemäss einem herkömmlichen Aufbau haben;

[0021] Fig. 4 eine Draufsicht auf eine Turbinenrotorschaukel veranschaulicht, die eine Plattform mit inneren Kühlkanälen gemäss einem konventionellen Aufbau aufweist;

[0022] Fig. 5 eine Draufsicht auf eine Turbinenrotorschaukel veranschaulicht, die eine Plattform mit inneren Kühlkanälen gemäss einem alternativen konventionellen Aufbau aufweist;

[0023] Fig. 6 eine Perspektivansicht einer Plattformkühlanordnung gemäss einer exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht;

[0024] Fig. 7 eine teilweise geschnittene Draufsicht auf eine Plattform einer Turbinenrotorschaukel veranschaulicht, die eine Kühlanordnung gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat;

[0025] Fig. 8 eine Vorderansicht aus einem Blickwinkel entlang Linien 8-8 von Fig. 7 veranschaulicht;

[0026] Fig. 9 eine Querschnittsansicht entlang der Linie 9-9 in Figur 7 veranschaulicht;

[0027] Fig. 10 eine teilweise geschnittene Draufsicht auf eine Turbinenrotorschaukel mit einer Plattformkühlanordnung gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht; und

[0028] Fig. 11 ein exemplarisches Verfahren zur Erzeugung einer Plattformkühlanordnung gemäss einer exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0029] Es versteht sich, dass Turbinenschaufeln, die durch die interne Zirkulation eines Kühlmittels gekühlt werden, typischerweise einen internen Kühlkanal 116 aufweisen, der sich von dem Fuss durch den Plattformbereich und in den Blattabschnitt radial nach aussen erstreckt, wie oben in Bezug auf verschiedene herkömmliche Kühlstrukturen beschrieben ist. Es versteht sich, dass gewisse Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit herkömmlichen Kühlkanälen genutzt werden können, um eine effiziente aktive Plattformkühlung zu verbessern oder zu ermöglichen, wobei die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit einem herkömmlichen Aufbau diskutiert wird, nämlich: einem inneren Kühlkanal 116, der sich windet oder als Serpentine verläuft. Wie in den Figur 7 veranschaulicht, ist der Serpentinengang typischerweise so ausgebildet, dass er einen in einer Richtung gerichteten Kühlmittelfluss gestattet und Strukturdetails enthält, die den Wärmeaustausch zwischen dem Kühlmittel und der umgebenden Rotorschaukel 100 fördert. Während des Betriebs kann ein unter Druck stehendes Kühlmittel, das typischerweise von einem Verdichter abgezapfte Druckluft ist (wobei bei verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auch andere Typen von Kühlmittel, wie beispielsweise Dampf, genutzt werden können), durch eine durch den Fuss 104 führende Verbindung in das Innere des Kühlkanals 116 geleitet. Der Druck treibt das Kühlmittel durch den inneren Kühlkanal 116 und das Kühlmittel nimmt Wärme von den umgebenden Wänden auf.

[0030] Mit der Bewegung durch den Kühlkanal 116 verliert das Kühlmittel, wie leicht erkennbar ist, Druck, so dass das Kühlmittel in den stromaufwärtigen Abschnitten des internen Kühlkanals 116 einen höheren Druck aufweist als das Kühlmittel in stromabwärtigen Abschnitten. Wie detaillierter weiter unten diskutiert ist, kann diese Druckdifferenz dazu genutzt werden, das Kühlmittel über oder durch Kühlkanäle zu treiben, die in der Plattform ausgebildet sind. Es ist ersichtlich, dass die vorliegende Erfindung bei Rotorschaukeln 100 genutzt werden kann, die interne Kühlkanäle unterschiedlicher Konfigurationen aufweisen, und nicht auf interne Kühlkanäle mit Serpentinengestaltung beschränkt ist. Entsprechend umfasst der hier verwendete Begriff «innerer Kühlkanal» oder «Kühlkanal» jeden Durchgang oder Kanal, durch den Kühlmittel innerhalb der Rotorschaukel geleitet werden kann. Wie hier vorausgesetzt, erstreckt sich der interne Kühlkanal 160 der vorliegenden Erfindung wenigstens ungefähr bis zur radialen Position der Plattform 116 und kann wenigstens einen Abschnitt vergleichsweise höheren Kühlmitteldrucks umfassen (der nachfolgend als «Hochdruckabschnitt» bezeichnet wird, der in einigen Fällen ein stromaufwärtiger Abschnitt innerhalb eines Serpentinengangs sein kann) sowie wenigstens einen Abschnitt vergleichsweise niedrigeren Kühlmitteldrucks (der nachfolgend als «Niederdruckabschnitt» bezeichnet wird und der relativ zu dem Hochdruckabschnitt innerhalb eines Serpentinengangs ein stromabwärtiger Bereich sein kann).

[0031] Allgemein sind die verschiedenen Gestaltungen herkömmlicher interner Kühlkanäle 116 hinsichtlich der Erbringung einer aktiven Kühlung für bestimmte Bereiche innerhalb der Rotorschaukel 100 wirksam. Jedoch erweisen sich die Plattformbereiche, wie der Fachmann weiss, als schwieriger. Dies liegt wenigstens teilweise in der schwierigen Plattformgeometrie, d.h. ihrer geringen radialen Höhe und der Art, in der sie von dem Kern oder Hauptkörper der Rotorschaukel 100 weg steht. Angesichts der hohen Temperaturen, denen sie im Heissgaspfad ausgesetzt ist, und der hohen mechanischen Belastung sind die Kühlanforderungen der Plattform durchaus beträchtlich. Wie oben beschrieben, sind herkömmliche Plattformkühlgestaltungen ineffektiv, weil sie sich den speziellen Herausforderungen dieses Bereichs nicht stellen, sie sind hinsichtlich der Ausnutzung des Kühlmittels ineffizient und sie sind in der Herstellung kostenträchtig.

[0032] Es wird nun auf die Fig. 6 bis 11 verwiesen, die verschiedene Ansichten exemplarischer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. Insbesondere veranschaulichen die Fig. 6 bis 9 eine Rotorschaukel 100 mit einer Plattformkühlanordnung 130 gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie veranschaulicht, weist die Rotorschaukel 100 eine Plattform 110 auf, die an der Verbindung zwischen einem Schaufelblatt 102 und einem Fuss 104

angeordnet ist. Die Rotorscheufel 100 weist einen inneren Kühlkanal 116 auf, der sich von dem Fuss 104 zu wenigstens ungefähr der radialen Höhe der Plattform 110 und in den meisten Fällen in das Schaufelblatt 102 hinein erstreckt. An der Seite der Plattform 110, die mit einer Druckfläche 106 des Schaufelblatts 102 übereinstimmt, kann, wie ersichtlich ist, die Plattform 110 eine planare Oberseite 113 aufweisen, die sich von dem Schaufelblatt 102 zu einer druckseitigen Spaltfläche 126 erstreckt. Es sei angemerkt, dass «planar», wie hier benutzt, ungefähr oder im Wesentlichen in Form einer Ebene bedeutet. Beispielsweise ist dem Fachmann klar, dass Plattformen eine Aussenbordfläche haben können, die leicht gekrümmt oder konvex ist, wobei die Krümmung dem Umfang der Turbine und der radialen Position der Rotorscheufeln entspricht. In der hier genutzten Verwendung wird diese Art der Plattformform als planar angesehen, denn der Radius der Krümmung ist ausreichend gross, um der Plattform ein flaches Aussehen zu geben. Ausserdem kann in dem Inneren der Plattform 110 bei einer exemplarischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgebildet sein: Ein Hauptvolumen 132; ein Liefervolumen 134, das das Hauptvolumen 132 mit dem inneren Kühlkanal 116 verbindet; sowie eine Anzahl von Kühlöffnungen 136, durch die Kühlmittel über die Innenbereiche der Plattform 110 verteilt werden kann.

[0033] Das Augenmerk mag auf das Hauptvolumen 132 gerichtet werden, das bezogen auf die planare Oberseite 113 innen ausgebildet sein und sich von einer rückwärtigen Stelle zu einer vorderen Stelle entlang der druckseitigen Spaltfläche 126 erstrecken kann, obwohl verständlicherweise das Hauptvolumen 134 wie auch die anderen hier beschriebenen Einzelheiten gleichermassen an der Saugseite 110 und entlang der saugseitigen Spaltfläche ausgebildet sein können. Zusätzlich kann das Hauptvolumen 32, wie dargestellt, parallel zu der Plattform 110 orientiert sein, und d.h. das Hauptvolumen 132 kann ein langer und relativ enger Kanal sein und eine Längsachse aufweisen, die parallel zu der planaren Oberseite orientiert ist. In einer Ausführungsform führt das Hauptvolumen 132 in einem Bogen von einer rückwärtigen Position zu einer vorderen Position an der druckseitigen Spaltfläche 126. Von der Druckseite der Plattform 110 gesehen, kann der Bogen konkav sein. Wie ausserdem klarer aus Figur 7 ersichtlich ist, kann die Krümmung des Bogens dem Profil der Kontur der Druckfläche 106 des Schaufelblatts 102 entsprechen (d.h. entsprechend der Form des Schaufelblatts 102, gesehen aus der Perspektive 107). Spezieller kann der Bogen ungefähr die gleiche Form haben, wie die Druckfläche 106 des Schaufelblatts 102 an der Stelle, wo die Druckfläche 106 des Schaufelblatts 102 die Plattform 110 schneidet. Es versteht sich, dass diese bevorzugte Anordnung eine aussergewöhnliche Kühlmittelverteilung und Abdeckung erbringt, wie detaillierter weiter unten diskutiert ist. In bevorzugten Ausführungsformen ist das Hauptvolumen 132 so geformt, dass es sich über einen wesentlichen Abschnitt der Plattform 110 erstreckt. Eine Weise, in der dies definiert werden kann, ist der Vergleich der axialen Länge des Hauptvolumens 132 mit der axialen Länge des Schaufelblatts 102. In bevorzugten Ausführungsformen hat das Hauptvolumen 132 eine axiale Länge von wenigstens 0,75 der axialen Länge des Schaufelblatts 102. Dieser Typ der axialen Länge erbringt eine günstige Kühlmittelverteilung über den gesamten Innenraum der Plattform 110 entlang der Druckseite der Rotorscheufel. In einigen Ausführungsformen gehört zu dem Hauptvolumen 132 ein Hauptvolumenauslass 133 an einer oder an mehreren Stellen entlang der druckseitigen Spaltfläche 126. In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Hauptvolumen 132, wie dargestellt, einen Auslass 133 an einer hinteren Position an der druckseitigen Spaltfläche 126 sowie einen Auslass 133 an einer vorderen Position an der druckseitigen Spaltfläche 126 aufweisen. Jeder der Hauptvolumenauslässe 133 kann so ausgebildet sein, dass er eine Strömungsquerschnittsfläche aufweist, die kleiner ist als die Strömungsquerschnittsfläche des Hauptvolumens, wie dargestellt. Wie detaillierter weiter unten diskutiert ist, kann dies aus verschiedenen Gründen so sein. Zunächst kann die Strömungsquerschnittsfläche reduziert sich, um das durch diese Auslässe austretende Kühlmittel auszuschliessen. Wie der Fachmann einsieht kann dies dazu führen, dass das austretende Kühlmittel eine gewünschte Kühlmittelprallcharakteristik, wie z.B. eine erhöhte Kühlmittelaustrittsgeschwindigkeit hat, so dass die Kühlwirkung des sich ergebenden Kühlmittelstroms erhöht ist.

[0034] Wie jeder Fachmann erkennt, können die vielen verschiedenen Merkmale und Konfigurationen, die oben in Bezug auf verschiedene exemplarische Ausführungsformen beschrieben worden sind, wahlweise weiter angewendet werden, um die anderen möglichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu bilden. Zum Zwecke der Kürze und die Fähigkeiten des Durchschnittsfachmanns in Betracht ziehend werden hier nicht alle möglichen Zwischenschritte angegeben und im Detail diskutiert, obwohl alle Kombinationen und möglichen Ausführungsformen, die durch die nachfolgenden oder anderweitigen Ansprüche umfasst sind, Teil der vorliegenden Anmeldung sind. Zusätzlich wird der Fachmann aus der obigen Beschreibung verschiedener exemplarischer Ausführungsformen der Erfindung verschiedene Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen wahrnehmen. Solche Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen, die im Rahmen des Fachwissens liegen, sollen durch die nachfolgenden Ansprüche ebenfalls abgedeckt werden. Ausserdem sollte ersichtlich sein, dass sich das vorstehende nur auf beschriebene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bezieht und dass zahlreiche Abwandlungen und Modifikationen daran gemacht werden können, ohne den Geist und Umfang der Anmeldung zu verlassen, wie sie nachfolgend durch die Ansprüche und deren Äquivalente definiert wird.

[0035] Zweitens kann die Strömungsquerschnittsfläche der Hauptvolumenauslässe 133 im Hinblick auf die Grösse des Hauptvolumens und das Bedürfnis reduziert werden, das Kühlmittel über den gesamten Innenraum der Plattform 110 gleichmässig zu verteilen. Dies bedeutet, dass das Hauptvolumen 132 dazu gestaltet ist, um Kühlmittel mit niedrigem Druckverlust an die verschiedenen Kühlöffnungen 136 zu verteilen. Um dies zu erreichen, ist die Strömungsquerschnittsfläche des Hauptvolumens 132 typischerweise beträchtlich grösser als die Strömungsquerschnittsfläche der Kühlöffnungen 136. Es versteht sich, dass, falls die Hauptvolumenauslässe 133 in ihrer Grösse in Vergleich zu dem Hauptvolumen 132 nicht verringert werden, eine übermässige Kühlmittelmenge die Plattform 110 durch den Hauptvolumenauslass 133 verlassen würde und die Lieferung von Kühlmittel, das für die Kühlöffnungen 136 verfügbar wäre, wäre unzulänglich. Die Hauptvolumenauslässe 133 können somit in ihrer Grösse so bemessen werden, dass sie eine Strömungsquerschnitts-

fläche aufweisen, die eine gewünschte Zumesscharakteristik erbringt. Eine «gewünschte Zumesscharakteristik» bezieht sich, so wie der Begriff hier verwendet wird, auf eine Querschnittsfläche durch den Kühlmitteldurchgang, die eine gewünschte Kühlmittelverteilung oder erwartete Kühlmittelverteilung über die verschiedenen Kühlmittelkanäle und/oder Auslässe entspricht oder erbringt, die entlang der druckseitigen Spaltfläche 126 ausgebildet sind.

[0036] In einigen Ausführungsformen kann ein Stopfen 138 dazu benutzt werden, die Strömungsquerschnittsfläche der Hauptvolumenauslässe 133, wie veranschaulicht, zu reduzieren. Der Stopfen 138 kann so ausgebildet werden, dass er nach seiner Installation die Strömungsquerschnittsfläche durch den Kühlkanal reduziert, in dem er sitzt. In diesem Fall ist der Stopfen 138 dazu ausgebildet, einen bestimmten Fluss durch den Kanal zuzulassen und das verbleibende Fluid, wie gewünscht, auf alternative Wege zu leiten. Hier werden Stopfen dieser Bauart als «Drosselstopfen» bezeichnet. Entsprechend kann der Drosselstopfen 138 dazu eingerichtet sein, in den Hauptvolumenauslass 133 eingesetzt zu werden und seine Strömungsquerschnittsfläche zu reduzieren, indem ein Teil der Strömungsquerschnittsfläche des Auslasses 133 versperrt wird. Der Drosselstopfen 138 kann so ausgebildet sein, dass er die Strömungsfläche auf eine gewünschte oder vorbestimmte Strömungsfläche reduziert. In einer Ausführungsform ist der Drosselstopfen mit einer zentralen Öffnung versehen, so dass er ungefähr eine «Schwimmreifen»-Form aufweist. Die Zentralöffnung ist dazu ausgebildet, um an dem Auslass 133 eine gewünschte Strömungsfläche auszubilden. Wie oben dargelegt, kann sich die vorbestimmte Strömungsfläche auf eine gewünschte Kühlmittelprallcharakteristik und/oder eine gewünschte Zumesscharakteristik beziehen, wie der Fachmann versteht. Der Drosselstopfen 138 kann aus herkömmlichen Materialien hergestellt und unter Verwendung herkömmlicher Verfahren installiert werden (d.h. z.B. Schweißen, Hartlöten usw.). Einmal eingebaut, kann eine Aussenfläche des Drosselstopfens 138 glatt mit der Oberfläche der druckseitigen Spaltfläche 126 abschliessen.

[0037] Das Liefervolumen 134 kann sich zwischen dem Hauptvolumen 132 und dem inneren Kühlkanal 116 ungefähr in Umfangsrichtung erstrecken. In einer bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich das Liefervolumen 134 von der druckseitigen Spaltfläche 126 zu dem inneren Kühlkanal 116 im Wesentlichen in Umfangsrichtung und dazwischen durchschneidet das Liefervolumen 134 das Hauptvolumen 132. Es ist ersichtlich, dass das Liefervolumen 134 einen Kanal für eine Kühlmittelmenge zur Verfügung stellt, die von dem inneren Kühlkanal 116 und dem Hauptvolumen 132 weg fließt. Bei einigen Ausführungsformen kann das Liefervolumen 134 einen Liefervolumenauslass 135 an der druckseitigen Spaltfläche 126 aufweisen. Ähnlich zu dem Hauptvolumenauslass 133 kann der Liefervolumenauslass 135 so ausgebildet sein, dass er eine reduzierte Strömungsquerschnittsfläche aufweist, d.h. eine Querschnittsströmungsfläche oder Strömungsfläche, die gegenüber der Strömungsquerschnittsfläche des Liefervolumens 134 vermindert ist. Ausserdem kann ebenfalls ein Drosselstopfen 138 genutzt werden, um die Strömungsquerschnittsfläche des Liefervolumenauslasses 135 zu reduzieren. Die Reduktion der Strömungsquerschnittsfläche des Liefervolumenauslasses 135 kann aus den gleichen Gründen vorgenommen werden wie bei dem Hauptvolumenauslass 133. Dies bedeutet, dass die Strömungsquerschnittsfläche so reduziert werden kann, dass eine gewünschte Kühlmittelprallcharakteristik erzielt wird, oder die Strömungsquerschnittsfläche kann so reduziert werden, dass eine gewünschte Zumesscharakteristik erzielt wird.

[0038] Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann der Liefervolumenauslass 135 so eingerichtet sein, dass er eine Axialposition an der druckseitigen Spaltfläche 126 hat, die mit ungefähr dem axialen Mittelpunkt der Druckseite der Plattform 110 wie dargestellt übereinstimmt. In diesem Fall kann vor dem Liefervolumen 134 eine Anzahl von Kühlöffnungen 136 ausgebildet werden und wenigstens eine Anzahl von Kühlöffnungen 136 kann hinter dem Liefervolumen 134 ausgebildet sein. In einer bevorzugten Ausführungsform sind vor dem Liefervolumen 134 wenigstens vier Kühlöffnungen 136 ausgebildet und wenigstens vier Kühlöffnungen 136 sind hinter dem Liefervolumen 134 ausgebildet. In einer Ausführungsform ist das Liefervolumen 134 ungefähr parallel zu der Vorderkante 134 und der Hinterkante 121 der Plattform 110 angeordnet.

[0039] Die Kühlöffnungen 136 können so ausgebildet sein, dass sich jede von der druckseitigen Spaltfläche 126 zu einer Verbindung mit dem Hauptvolumen 132 erstreckt. Die Kühlöffnungen 136 können sich von der druckseitigen Spaltfläche 126 zu dem Hauptvolumen 132 ungefähr in Umfangsrichtung erstrecken und im Wesentlichen parallel zu dem Liefervolumen 134 gerichtet sein. Die Kühlöffnung 136 können ausserdem ungefähr parallel zu der vorderen Kante und der hinteren Kante der Plattform 110 sein. Die Kühlöffnungen 136 können, wie dargestellt, gerade sein. In einer bevorzugten Ausführungsform haben die Kühlöffnungen 136 kleinere Strömungsquerschnittsflächen als das Hauptvolumen 132 und/oder das Liefervolumen 134. Es ist zu sehen, dass die Kühlöffnungen 136 so ausgebildet sein können, dass in Betrieb jede Öffnung 136 einen Kühlmittelstrom in einen Spaltflächenhohlraum richtet, der zwischen benachbarten installierten Rotorschaukeln 100 ausgebildet ist. Die Kühlöffnungen 136 können eng sein, so dass das ausgelassene Kühlmittel ausgestossen und mit relativ hoher Geschwindigkeit gegen die Spaltfläche der benachbarten Turbinenschaufel 100 gerichtet ist, was allgemein die Kühlleistung des Kühlmittels erhöht. Es ist zu sehen, dass der Spaltflächenhohlraum und die Spaltflächen, die ihn begrenzen, Bereiche der Plattform 110 sind, die schwierig zu kühlen sind und dass die Kühlöffnung 136, die auf diese Weise ausgebildet sind, eine wirksame Kühlung dieses Bereichs erbringen. Obwohl dies nicht dargestellt ist, können in einer oder mehreren der Kühlöffnungen 136 Stopfen 136 angeordnet sein, um die Kühlmittelverteilung oder die Aufprallcharakteristika zu verbessern, wenn es notwendig ist. In einer Ausführungsform können die Stopfen 136 die Kühlmittelöffnungen vollständig verschliessen, so dass kein Kühlmittel durch die Spaltfläche entkommt.

[0040] Es wird nun auf Fig. 10 Bezug genommen, in der eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt ist, nämlich eine Plattformkühlanordnung 145. Wie dargestellt erstreckt sich das Liefervolumen 134 in diesem Fall von der saugseitigen Spaltfläche 122 und nicht von der druckseitigen Spaltfläche 126. Dies heisst, dass sich das Liefervolumen 134 von einer saugseitigen Spaltfläche 122 im Wesentlichen in Umfangsrichtung zu einer Verbindung er-

streckt, die mit dem Hauptvolumen 32 besteht, wobei das Liefervolumen 134 zwischen der saugseitigen Spaltfläche 122 und dem Hauptvolumen 132 den inneren Kühlkanal 116 schneiden kann. In einigen Ausführungsfällen kann das Liefervolumen 134 einen Stopfen 138 beinhalten, der dazu ausgebildet ist, Kühlmittel im Wesentlichen daran zu hindern, aus dem Liefervolumen 134 entlang der saugseitigen Spaltfläche 122 zu entkommen. Auf diese Weise kann das Hauptvolumen 132 über einen Kanal, der durch die saugseitige Spaltfläche 122 führt, mit dem inneren Kühlkanal verbunden werden, und der gesamte durch das Liefervolumen 134 fließende Kühlmittelstrom kann in das Hauptvolumen 132 gerichtet werden, wo er auf die verschiedenen Kühlöffnungen 136 an der Druckseite der Plattform 110 verteilt wird. Spezieller kann es, um eine adäquate Kühlmittelverteilung über die verschiedenen Kühlöffnungen 136 zu erreichen, notwendig sein, im Wesentlichen das gesamte Kühlmittel daran zu hindern, durch die Öffnung zu entkommen, die in der saugseitigen Druckfläche 122 ausgebildet ist. Fig. 10 reflektiert dies in einer Konfiguration, bei der der potentielle Auslass mit einem Stopfen 138 versehen ist, der ihn vollständig versperrt (was hier als «Verschlussstopfen» bezeichnet wird). Bei einer alternativen Ausführungsform kann der Stopfen 138 für das Liefervolumen 134 an der Saugseite 122 der Plattform 110 ein Drosselstopfen sein, so dass an dieser Stelle eine gewünschte Kühlmittelmenge ausgestossen wird.

[0041] Zusätzlich können die Kühlöffnungen 136, wie in Fig. 10 veranschaulicht ist, gekrümmt ausgebildet sein. In einer Ausführungsform bilden die Kühlöffnungen 136 gekrümmte Kurven zwischen der druckseitigen Spaltfläche 126 und dem Hauptvolumen 132. Wie ersichtlich erhöht die Krümmung der Kühlöffnung 136 den jeweiligen Weg zwischen dem Hauptvolumen 132 und der druckseitigen Spaltfläche 126, was die innere Plattformoberfläche erhöht, über die das Kühlmittel streicht, wodurch der Wärmeaustausch zwischen dem Kühlmittel und der Plattform 110 erhöht wird.

[0042] Die vorliegende Erfindung umfasst ausserdem ein neues Verfahren zur Ausbildung innerer Kühlkanäle in dem Plattformbereich einer Rotorschaukel auf eine kosteneffiziente und wirksame Weise. Es wird nun auf das Flussdiagramm 200 nach Figur 11 Bezug genommen, wonach als Anfangsschritt 202 das Hauptvolumen 132 in der Druckseite der Plattform 110 ausgebildet werden kann. Es ist ersichtlich, dass infolge der relativ einfachen Form des Hauptvolumens 132 dieses unter Nutzung herkömmlicher Giessprozesse kosteneffizient ausgebildet werden kann. Somit kann, wie detaillierter weiter unten erläutert, der sonst zur Ausbildung komplizierter Gestaltungen verwendete teurere Giessprozess vermieden werden.

[0043] Sobald das Hauptvolumen 132 ausgeformt ist, kann in Schritt 204 das Liefervolumen 134 ausgebildet werden. Speziell kann das Liefervolumen 134 unter Nutzung konventioneller in Sichtlinie stattfindender Fräs- oder Bohrprozesse von einem gut zugänglichen Ort ausgebildet werden (z.B. entweder von der saugseitigen Spaltfläche 122 oder der druckseitigen Spaltfläche 126 her). Als Schritt 206 können die Kühlöffnungen 136 ähnlich unter Nutzung konventioneller in Sichtlinie stattfindender Fräs- oder Bohrprozesse ausgebildet werden. Nochmals, der Bearbeitungsvorgang kann von einem zugänglichen Ort (bspw. der druckseitigen Spaltfläche 126) ausgehen.

[0044] Falls erforderlich können Drossel- oder Verschlussstopfen 138 in Schritt 208 hergestellt werden. Wie oben diskutiert, können die Drosselstopfen 138 verschiedene unterschiedliche Konfigurationen und Funktionen haben, um den Strömungsquerschnitt an einem Auslass zu beschränken. Der Verschlussstopfen 138 kann ausgebildet werden, um den Strömungsquerschnitt an dem Auslass komplett zu verschliessen. Die Drosselstopfen 138 und Verschlussstopfen 138 können aus herkömmlichen Materialien hergestellt werden.

[0045] Schliesslich können die Drosselstopfen 138 und/oder die Verschlussstopfen 138 in einem Schritt 210 an vorbestimmten Stellen montiert werden. Dies kann unter Nutzung herkömmlicher Verfahren wie bspw. Schweiessen, Hartlöten oder mechanische Befestigung geschehen.

[0046] Es ist ersichtlich, dass das Hauptvolumen 132, das Liefervolumen 134 und die Kühlöffnungen 136 in Betrieb dazu eingerichtet sind, um Kühlmittel aus dem inneren Kühlkanal 116 zu mehreren Auslässen zu führen, die an der druckseitigen Spaltfläche 126 ausgebildet sind. Spezieller entnimmt die Plattformkühlordnung gemäss der vorliegenden Erfindung einen Teil des Kühlmittels aus dem Kühlkanal 116, nutzt das Kühlmittel zur Abführung von Hitze aus der Plattform 110 und entlässt das Kühlmittel in den Spaltflächenhohlraum der zwischen benachbarten Rotorschaukeln 100 gebildet ist, so dass das Kühlmittel dazu genutzt wird, sowohl den Kühlmittelhohlraum benachbarter Schaukeln 100 zu kühlen als auch das Einsaugen von Heissgasfluiden zu reduzieren. Die vorliegende Erfindung liefert einen Mechanismus zur aktiven Kühlung des Plattformbereichs einer Gasturbinenrotorschaukel, indem auf effiziente Weise eine komplexe wirksame Kühlordnung ausgebildet wird, indem eine Folge kosten sparender herkömmlicher Techniken genutzt wird. Wie ausgeführt, ist dieser Bereich typischerweise schwierig zu kühlen und angesichts der mechanischen Belastungen dieses Bereichs handelt es sich um eine Stelle, die höchst belastet ist, insbesondere wenn die Triebwerkkerntemperaturen weiter erhöht werden. Entsprechend ist diese Art der aktiven Plattformkühlung eine signifikante Schlüsseltechnologie, wenn höhere Brenntemperaturen, erhöhte Leistung und höhere Effizienz gewünscht werden. Es ist ausserdem ersichtlich, dass die Nutzung von nach dem Giessen stattfindenden Bearbeitungsschritten der Ausbildung von Plattformkühlkanälen eine höhere Flexibilität hinsichtlich Umgestaltung, Rekonfiguration oder auch Retrofitplattformkühlordnungen erbringen. Schliesslich lehrt die vorliegende Erfindung die vereinfachte kosteneffiziente Ausbildung von Plattformen von Kühlkanälen, die komplexe Geometrien und eine effektive Plattformabdeckung erbringen. Wo bislang komplexe Geometrien notwendigerweise kostenträchtige Feingussprozesse oder ähnliches nach sich zogen, gibt die vorliegende Erfindung eine Lehre zu Verfahren, durch die Kühlkanäle mit komplexen Gestaltungen durch Abtragebearbeitungen oder vereinfachte Giessprozesse ausgebildet werden können.

[0047] Wie jeder Fachmann erkennt, können die vielen verschiedenen Merkmale und Konfigurationen, die oben in Bezug auf verschiedene exemplarische Ausführungsformen beschrieben worden sind, wahlweise weiter angewendet werden, um die anderen möglichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu bilden. Zum Zwecke der Kürze und die Fähigkeiten des Durchschnittsfachmanns in Betracht ziehend werden hier nicht alle möglichen Zwischenschritte angegeben und im Detail diskutiert, obwohl alle Kombinationen und möglichen Ausführungsformen, die durch die nachfolgenden oder anderweitigen Ansprüche umfasst sind, Teil der vorliegenden Anmeldung sind. Zusätzlich wird der Fachmann aus der obigen Beschreibung verschiedener exemplarischer Ausführungsformen der Erfindung verschiedene Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen wahrnehmen. Solche Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen, die im Rahmen des Fachwissens liegen, sollen durch die nachfolgenden Ansprüche ebenfalls abgedeckt werden. Ausserdem sollte ersichtlich sein, dass sich das vorstehende nur auf beschriebene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bezieht und dass zahlreiche Abwandlungen und Modifikationen daran gemacht werden können, ohne den Geist und Umfang der Anmeldung zu verlassen, wie sie nachfolgend durch die Ansprüche und deren Äquivalente definiert wird.

[0048] Eine Plattformkühlanordnung 130 einer Turbinenrotorschaukel 100 weist eine Plattform 110 auf, die einen in ihr ausgebildeten Kühlkanal 116 hat. Die Plattformkühlanordnung 130 kann aufweisen: Ein Hauptvolumen 132 das etwas innerbords bezüglich der planaren Oberseite 113 angeordnet ist und sich innerhalb der Druckseite und/oder der Saugseite der Plattform 110 von einer hinteren Position in eine vordere Position erstreckt, wobei das Hauptvolumen 132 eine Längsachse aufweist, die ungefähr parallel zu der planaren Oberseite 113 ausgerichtet ist; ein Liefervolumen 134, das sich zwischen dem Hauptvolumen 132 und dem inneren Kühlkanal 116 erstreckt; sowie eine Anzahl von Kühlöffnungen 136, wobei sich jede Kühlöffnung 136 von der druckseitigen und/oder der saugseitigen Spaltfläche 122 weg zu einer Verbindung mit dem Hauptvolumen 132 erstreckt.

Bezugszeichenliste

[0049]

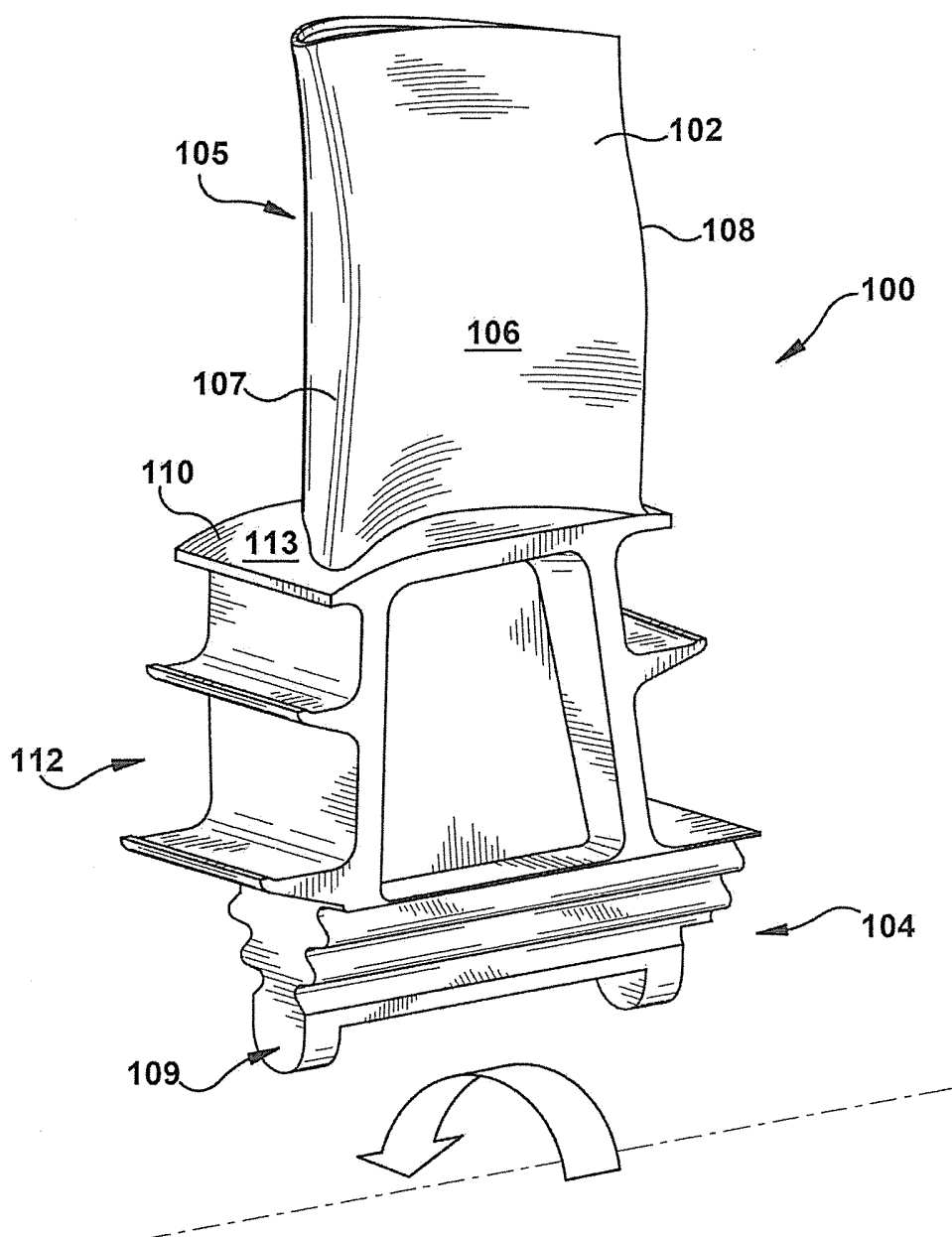
- 100 Turbinenrotorschaukel
- 102 Blatt
- 104 Fuss
- 105 Saugfläche
- 106 Druckfläche
- 107 Anströmkante
- 108 Abströmkante
- 109 Schwalbenschwanz
- 110 Plattform
- 112 Schaft
- 113 Plattformoberseite
- 114 Plattformunterseite
- 116 innerer Kühlkanal
- 117 Einlass
- 119 Hohlraum
- 120 Plattformkühlkanäle
- 121 Hinterkante
- 122 Saugseitenkante oder Spaltfläche
- 124 Vorderkante
- 126 Druckseitenkante oder Spaltfläche
- 130 Plattformkühlanordnung
- 132 Hauptvolumen

- 133 Hauptvolumenauslass
- 134 Liefervolumen
- 135 Liefervolumenauslass
- 136 Kühlöffnungen
- 138 Stopfen
- 145 Plattformkühlanordnung

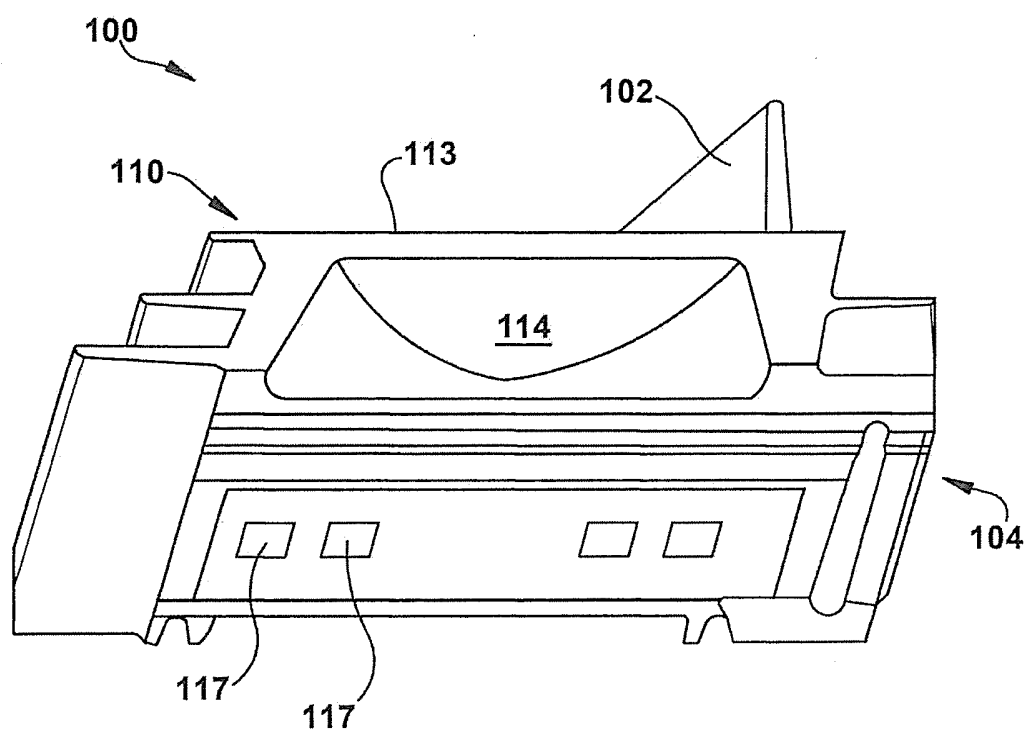
Patentansprüche

1. Plattformkühlanordnung (130) in einer Turbinenrotorschaukel (100) mit einer Plattform (110) an einer Verbindung zwischen einem Blatt (102) und einem Fuss (104), wobei die Rotorschaukel (100) einen in ihr ausgebildeten inneren Kühlkanal (116) aufweist, der sich von einer Verbindung mit einer Kühlmittelquelle an dem Fuss (104) zu wenigstens ungefähr der radialen Höhe der Plattform (110) erstreckt, wobei eine Druckseite der Plattform (110) entlang einer Seite, die mit einer Druckseite (106) des Schaufelblatts (102) übereinstimmt, eine planare Oberseite (113) aufweist, die sich von dem Schaufelblatt (102) zu einer druckseitigen Spaltfläche (126) in Umfangsrichtung erstreckt, und wobei eine Saugseite der Plattform (110) entlang einer Seite, die mit einer Saugseite (15) des Schaufelblatts (102) übereinstimmt, eine planare Oberseite (113) aufweist, die sich von dem Schaufelblatt (102) in Umfangsrichtung zu einer saugseitigen Spaltfläche (122) erstreckt, wobei die Plattformkühlanordnung (130) aufweist: ein Hauptvolumen (132), das bezogen auf die planare Oberseite (113) innen angeordnet ist und sich in der Druckseite oder der Saugseite der Plattform (110) von einer hinteren Position zu einer vorderen Position erstreckt, wobei das Hauptvolumen (132) eine Längsachse aufweist, die ungefähr parallel zu der ebenen Oberseite (113) ist, ein Liefervolumen (134), das sich zwischen dem Hauptvolumen (132) und dem inneren Kühlkanal (116) erstreckt, und eine Anzahl von Kühlöffnungen 136, wobei sich jede Kühlöffnung von der druckseitigen oder der saugseitigen Spaltfläche (122) zu einer Verbindung mit dem Hauptvolumen (132) erstreckt.
2. Plattformkühlanordnung (130) nach Anspruch 1, wobei: sich das Hauptvolumen (132) von einer hinteren Position innerhalb der Druckseite zu einer vorderen Position erstreckt; wobei das Hauptvolumen (132) von einer hinteren Position an der druckseitigen Spaltfläche (126) oder in der Nähe derselben zu einer vorderen Position an der druckseitigen Spaltfläche (126) oder in der Nähe derselben einen Bogen formt, wobei die Bogenkrümmung der Form des Profils der Druckfläche (106) des Schaufelblatts (102) entspricht; wobei das Hauptvolumen (132) eine axiale Länge von wenigstens 0,75 der axialen Länge des Schaufelblatts (102) aufweist, wobei das Hauptvolumen (132) einen Auslass (133) an der hinteren Position der druckseitigen Spaltfläche (126) und einen Auslass (133) an der vorderen Position an der druckseitigen Spaltfläche (126) aufweist, und wobei der Hauptvolumenauslass (133) sowohl an der hinteren Position als auch der vorderen Position Auslässe mit reduzierter Strömungsquerschnittsfläche aufweist.
3. Plattformkühlanordnung (130) nach Anspruch 2, wobei der Auslass (133) an der hinteren Position des Hauptvolumens (132) einen Stopfen (138) aufweist, wobei der Stopfen (138) die Strömungsquerschnittsrestriktion des Auslasses 133 bildet, wobei der Auslass (133) an der hinteren Position des Hauptvolumens (132) einen Stopfen (138) umfasst, wobei der Stopfen (138) die Strömungsquerschnittsrestriktion des Auslasses (133) bildet, wobei jeder der im Strömungsquerschnitt reduzierten Hauptvolumenauslässe (133) eine vorbestimmte Strömungsquerschnittsfläche aufweist, wobei die vorbestimmte Strömungsquerschnittsfläche einer bestimmten Kühlmittelaufftreffcharakteristik entspricht, und wobei die vorbestimmte Strömungsquerschnittsfläche der Hauptvolumenauslässe (133) ausserdem einer gewünschten Zumesscharakteristik entspricht.
4. Plattformkühlanordnung (130) nach Anspruch 2, wobei sich das Liefervolumen (134) ungefähr in Umfangsrichtung von der druckseitigen Spaltfläche (126) zu dem inneren Kühlkanal (116) erstreckt und dazwischen das Hauptvolumen (132) schneidet, wobei das Liefervolumen (134) einen Auslass (135) an der druckseitigen Spaltfläche (126) aufweist und wobei der Liefervolumenauslass (135) einen Auslass mit reduzierter Strömungsquerschnittsfläche umfasst.
5. Plattformkühlanordnung (130) nach Anspruch 4, wobei das Liefervolumen (134) an der druckseitigen Spaltfläche (126) einen Stopfen (138) umfasst, wobei der Stopfen (138) die Querschnittsrestriktion an dem Auslass bildet, wobei der in der Strömungsquerschnittsfläche reduzierte Liefervolumenauslass (135) eine vorbestimmte Querschnittsfläche aufweist, wobei die vorbestimmte Querschnittsfläche einer gewünschten Kühlmittelaufftreff Charakteristik entspricht, und wobei die vorbestimmte Strömungsquerschnittsfläche des Liefervolumenauslasses (135) ausserdem einer gewünschten Zumesscharakteristik entspricht.
6. Plattformkühlanordnung (130) nach Anspruch 4, wobei die axiale Position des Liefervolumenauslasses (135) an der druckseitigen Spaltfläche (126) ungefähr den axialen Mittelpunkt der Druckseite der Plattform (110) umfasst, wobei wenigstens mehrere Kühlöffnungen (136) vor dem Liefervolumen (134) und wenigstens mehrere Kühlöffnungen (136) hinter dem Liefervolumen (134) ausgebildet sind, wobei mehrere Kühlöffnungen (136) Stopfen (138) enthalten.

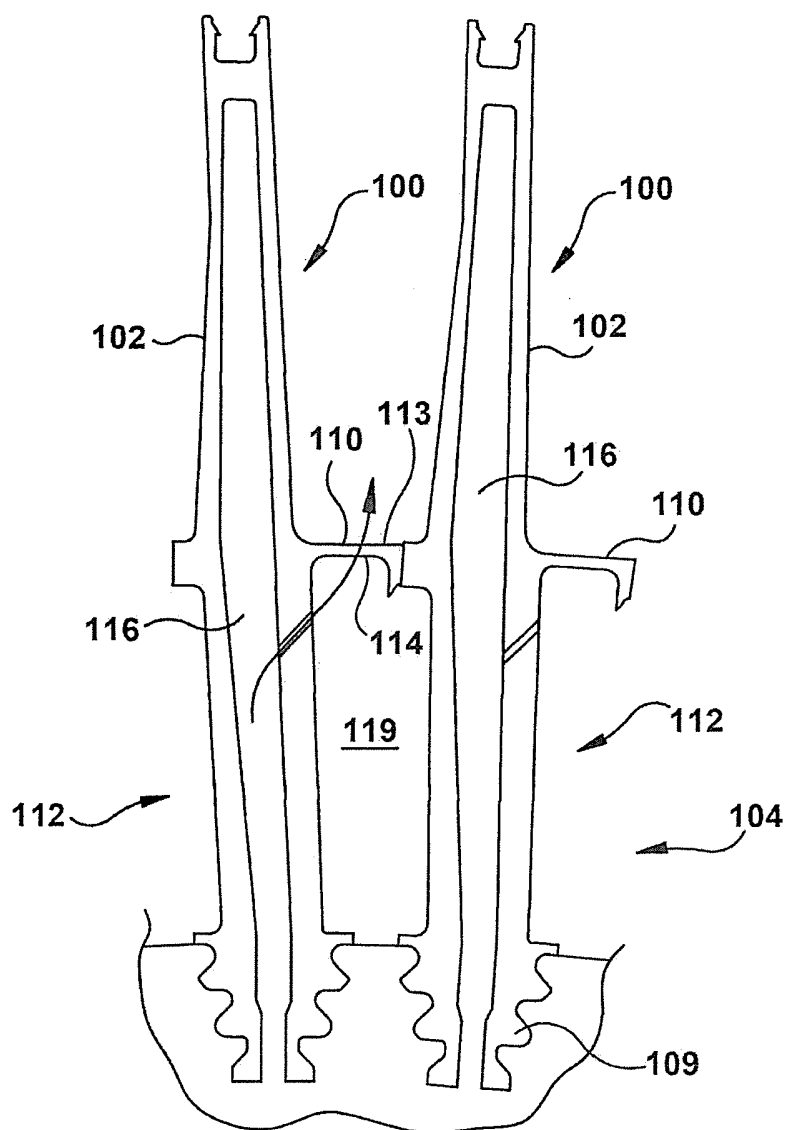
7. Verfahren zur Erzeugung einer Plattformkühlanordnung (130) in einer Turbinenrotorschaukel (100) mit einer Plattform (110) an der Verbindungsstelle zwischen einem Schaufelblatt (102) und einem Fuss (104), wobei die Rotorschaukel (100) einen inneren Kühlkanal (116) aufweist, der in ihr ausgebildet ist und sich von einem Anschluss an eine Kühlmittelquelle an den Fuss (104) zu wenigstens ungefähr der radialen Höhe der Plattform (110) erstreckt, und wobei eine Druckseite der Plattform (110) entlang einer Seite, die einer Druckseite (106) des Schaufelblatts (102) entspricht, eine planare Oberseite (113) aufweist, die sich von dem Schaufelblatt (102) in Umfangsrichtung zu einer druckseitigen Spaltfläche (126) erstreckt, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Ausbilden eines Hauptvolumens (132), wobei das Hauptvolumen (132) bezogen auf die planare Oberseite (113) innen angeordnet ist und sich von einer hinteren Position zu einer vorderen Position innerhalb der Druckseite der Plattform (110) erstreckt und eine Längsachse aufweist, die ungefähr parallel zu der planaren Oberseite (113) ausgerichtet ist, Ausarbeiten eines Liefervolumens (134) entlang eines vorbestimmten geraden Wegs wobei der gerade Weg einen Anfang an einer axial zentralen Stelle an der druckseitigen Spaltfläche (126) hat und sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung so erstreckt, dass das Liefervolumen (134) eine Verbindung zu dem inneren Kühlkanal (116) herstellt und dazwischen das Hauptvolumen (132) durchschneidet, und Bearbeiten einer Anzahl von Kühlöffnungen (136), die jeweils einen Anfang an der druckseitigen Spaltfläche (126) aufweisen und sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung zu einer Verbindung mit dem Hauptvolumen (132) erstrecken.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das Hauptvolumen (132) in einem Giessprozess ausgebildet ist, wobei das Hauptvolumen (132) so ausgebildet ist, dass das Hauptvolumen (132) von einer hinteren Position an der oder in der Nähe der druckseitigen Spaltfläche (126) zu einer vorderen Position an der oder in der Nähe der druckseitigen Spaltfläche (126) einen Bogen formt, wobei die Krümmung des Bogens dem Konturverlauf der Druckfläche (106) des Schaufelblatts (102) entspricht, und wobei die Kühlöffnungen (136) gerade oder gekrümmt ausgebildet sind.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Hauptvolumen (132) ausgebildet ist, um einen Auslass (133) an der hinteren Position an der druckseitigen Spaltfläche (126) und einen Auslass (133) an der vorderen Position an der druckseitigen Spaltfläche (126) zu umfassen, und wobei der Hauptvolumenauslass (133) sowohl an der hinteren Position als auch auf der vorderen Position Auslässe mit reduziertem Strömungsquerschnitt aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei sich das Liefervolumen (134) ungefähr in Umfangsrichtung von der druckseitigen Spaltfläche (126) weg zu dem inneren Kühlkanal (116) erstreckt und dabei das Hauptvolumen (132) durchschneidet, wobei das Liefervolumen (134) einen Auslass (135) an der druckseitigen Spaltfläche (126) aufweist und wobei der Liefervolumenauslass (135) einen Auslass mit reduzierter Querschnittsfläche aufweist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, ausserdem folgende Schritte aufweisend:
Herstellung von Stopfen (138) für den hinteren Hauptvolumenauslass (133), den vorderen Hauptvolumenauslass (133) und den Liefervolumenauslass (135) und Anbringen der Stopfen (138) für den hinteren Hauptvolumenauslass (133), den vorderen Hauptvolumenauslass (133) und den Liefervolumenauslass (135), wobei die Stopfen (138) die beschränkte Strömungsquerschnittsfläche für den hinteren Hauptvolumenauslass (133), den vorderen Hauptvolumenauslass (133) und den Liefervolumenauslass (135) festlegen.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der hintere Hauptvolumenauslass (133) der vordere Hauptvolumenauslass (133) und der Liefervolumenauslass (135) eine vorbestimmte Querschnittsströmungsfläche aufweisen, wobei die vorbestimmte Querschnittsströmungsfläche der gewünschten Kühlmittelprallcharakteristik und/oder einer gewünschten Kühlmittelzumesscharakteristik entspricht.



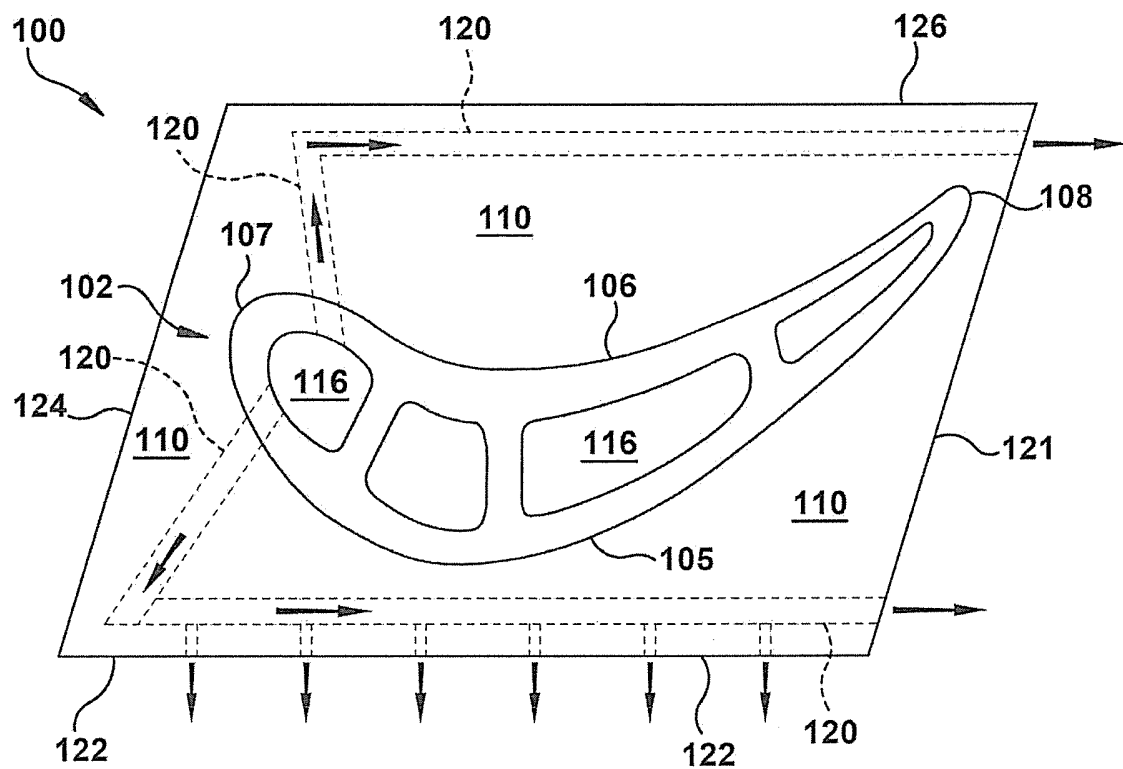
Figur 1



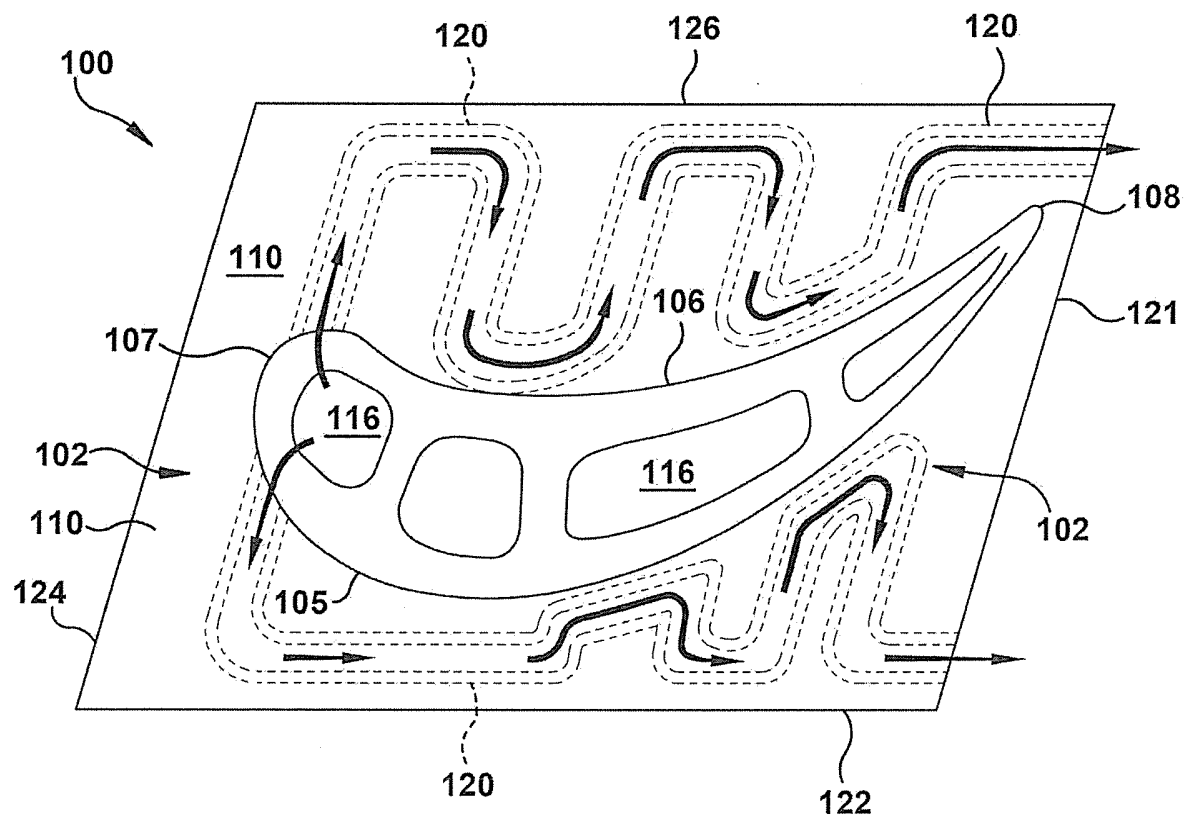
Figur 2



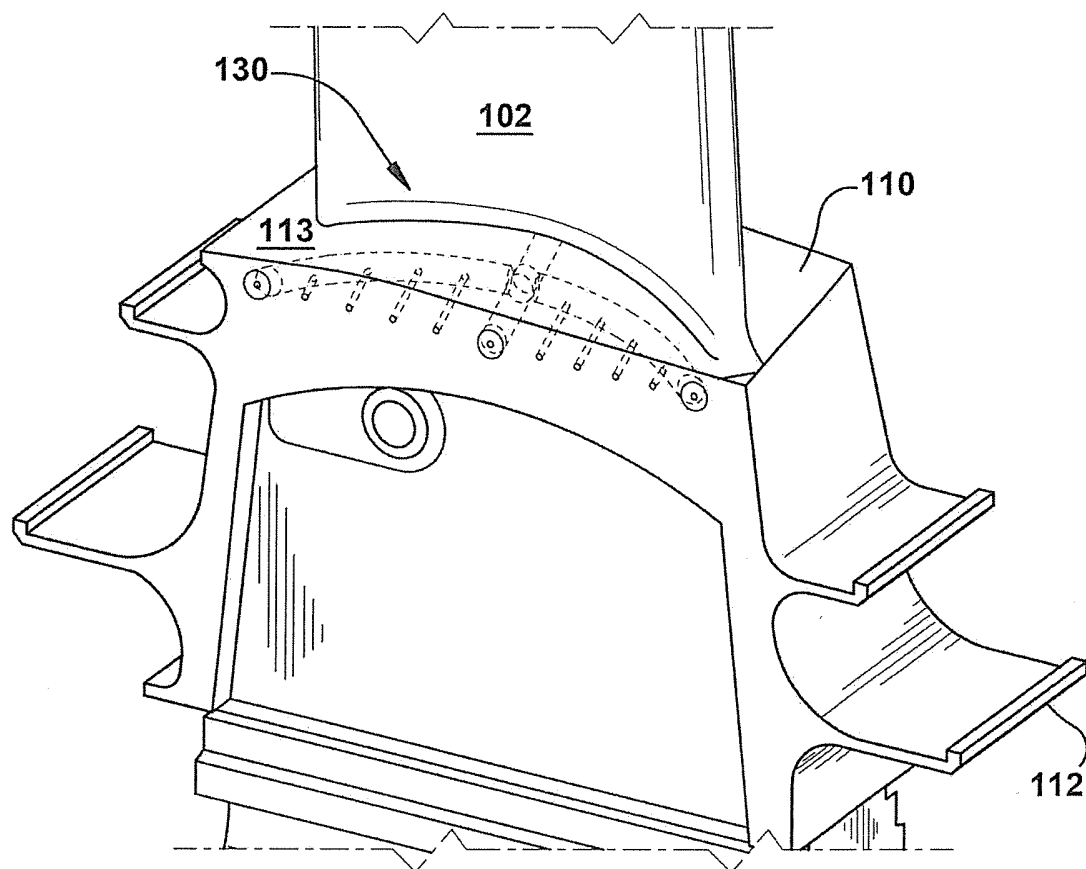
Figur 3
(Stand der Technik)



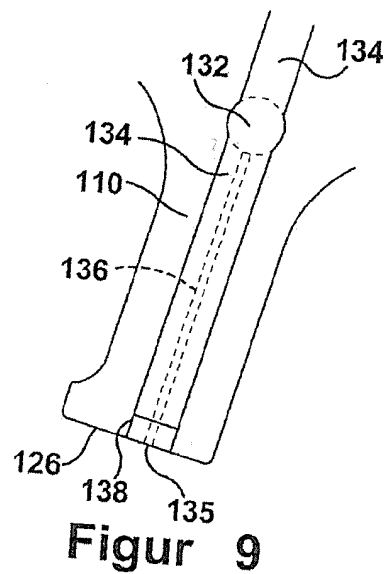
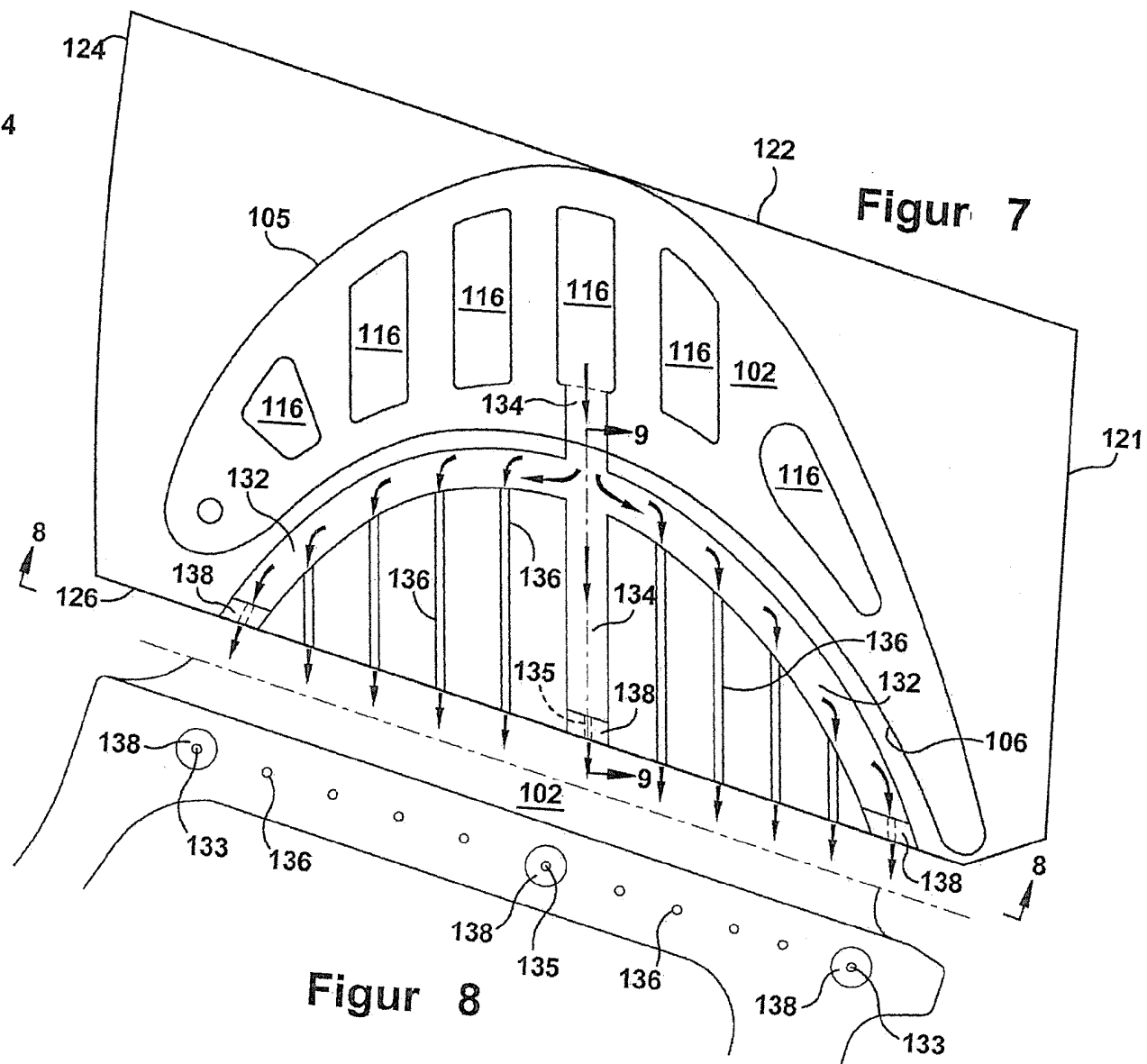
Figur 4
(Stand der Technik)

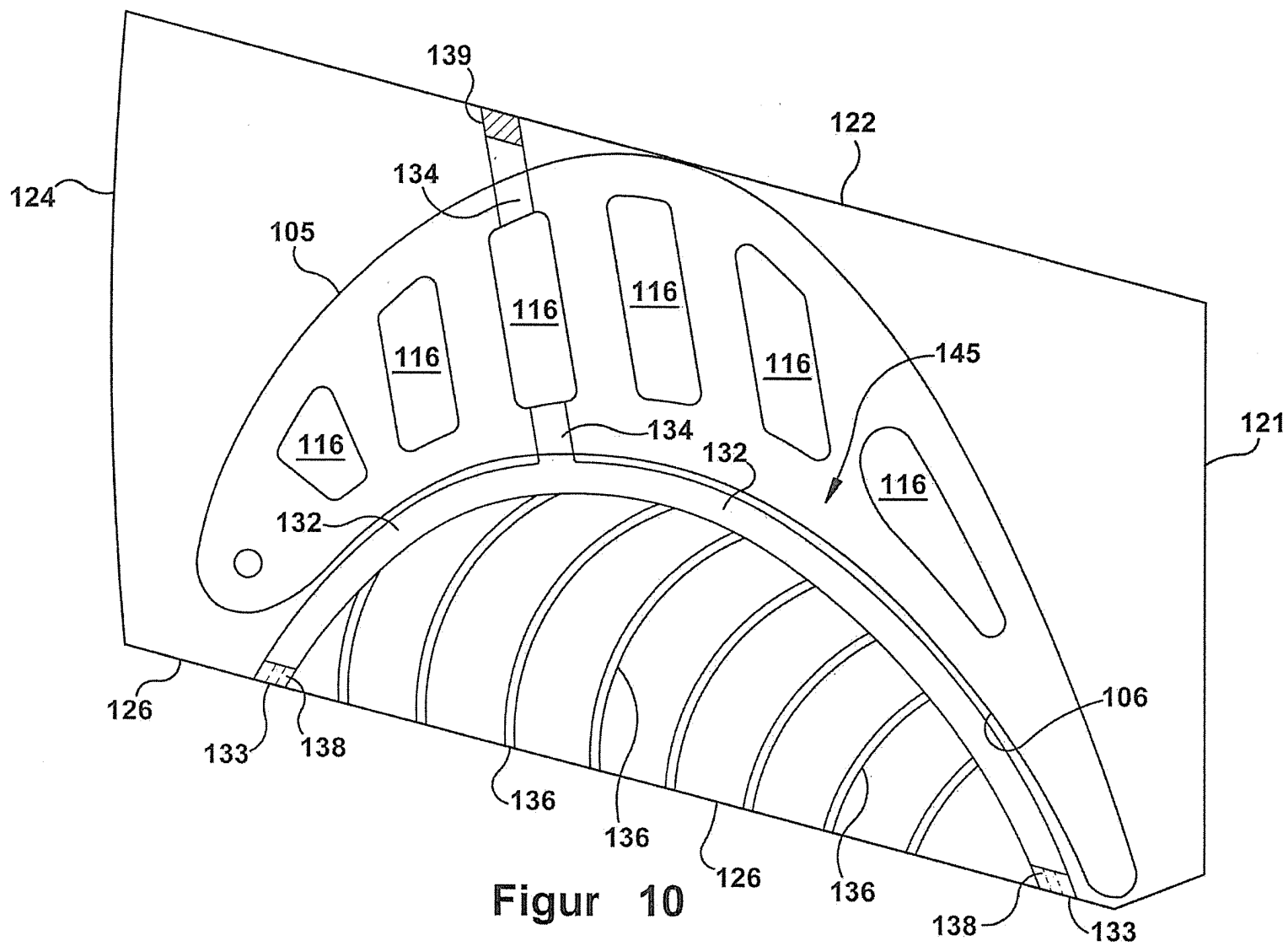


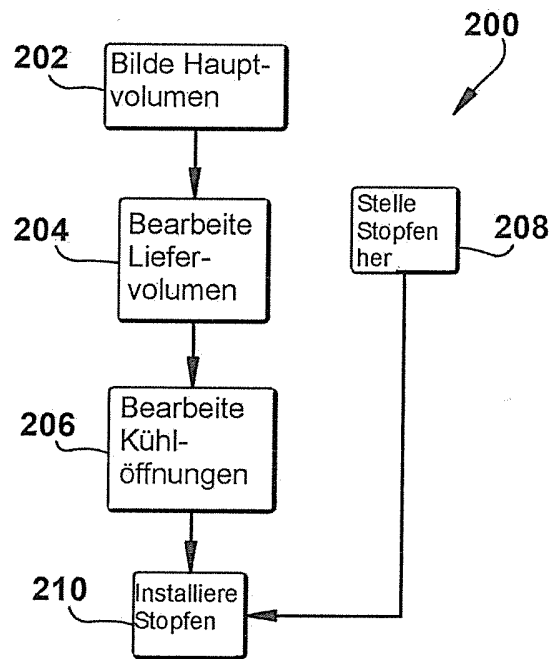
Figur 5
(Stand der Technik)



Figur 6







Figur 11