



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

702 605 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: 00094/11

(22) Anmeldedatum: 19.01.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 29.07.2011

(30) Priorität: 21.01.2010 US 12/691,691

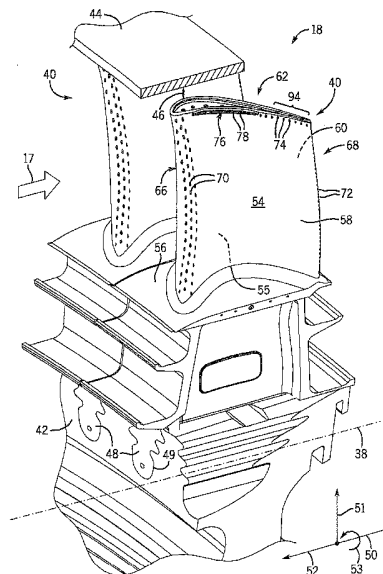
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Luke John Ammann,
Greenville, South Carolina 29615 (US)
Randall Richard Good,
Greenville, South Carolina 29615 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) **System zur Kühlung von Turbinenschaufeln.**

(57) In einer Ausführungsform enthält ein System (10) eine Turbinenlaufschaufel (40) mit einer radialen Schaufelspitze (62). Das System (10) enthält weiterhin eine Hinterkantennut (94), die in der radialen Schaufelspitze (62) ausgebildet ist und sich zu einer Hinterkante (68) der Turbinenlaufschaufel (40) hin erstreckt. Die Hinterkantennut (94) enthält weiterhin eine erste Gruppe von Kühlkanälen, von denen jede eine erste Nut aufweist, die entlang einer ersten Seitenwand der Hinterkantennut ausgebildet ist, wobei die Nut mit einer zugehörigen ersten Öffnung verbunden ist, die sich durch einen Boden der Hinterkantennut hindurch erstreckt.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Der hierin offenbarte Gegenstand bezieht sich auf Gasturbinenanlagen und insbesondere auf die Spitzen von Turbinenlaufschaufeln.

[0002] Gasturbinensysteme enthalten typischerweise wenigstens eine Gasturbinenanlage mit einem Verdichter, einer Brennkammer und einer Turbine. Die Brennkammer ist zum Verbrennen eines Gemisches von Brennstoff und verdichteter Luft eingerichtet, um heisse Verbrennungsgase zu erzeugen, die ihrerseits eine oder mehrere Laufschaufeln der Turbine in eine Drehbewegung versetzen. Die Turbinenlaufschaufeln können sich z.B. von einer tragenden Rotorscheibe in Radialrichtung nach aussen erstrecken, und die Drehbewegung der Turbinenlaufschaufeln kann für eine Last und/oder für den Verdichter Energie erzeugen. Leider sind die Turbinenlaufschaufeln während des Betriebs ständig den heissen Verbrennungsgasen ausgesetzt, was dazu führt, dass die Turbinenlaufschaufeln und insbesondere die Turbinenlaufschaufelspitzen schwierig zu kühlen sind. Ohne eine geeignete Kühlung können die Spitzen der Turbinenlaufschaufeln jedoch Oxidation und Rissbildung ausgesetzt sein, wodurch die betriebliche Lebensdauer und die Leistungsfähigkeit der Turbinenlaufschaufeln verringert wird.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0003] In einer Ausführungsform enthält ein System eine Turbinenlaufschaufel mit einer radialen Schaufelspitze. Das System weist weiterhin eine Hinterkantennut auf, die in der radialen Schaufelspitze ausgebildet ist und sich zu einer Hinterkante der Turbinenlaufschaufel hin erstreckt. Die Hinterkantennut weist weiterhin eine erste Gruppe von Kühlkanälen auf, von denen jeder eine erste Nut aufweist, die entlang einer ersten Seitenwand der Hinterkantennut ausgebildet ist, wodurch die Nut mit einer zugehörigen ersten Öffnung verbunden ist, die sich durch einen Boden der Hinterkantennut hindurch erstreckt.

[0004] In einer anderen Ausführungsform enthält das System eine Turbine. Die Turbine weist eine Turbinenlaufschaufel mit einer Vorderkante und einer Hinterkante auf, wobei die Turbinenlaufschaufel eine radiale Schaufelspitze aufweist. Das System weist weiterhin eine Hinterkantennut auf, die sich entlang der radialen Schaufelspitze zu der Hinterkante hin erstreckt. Die Hinterkantennut weist eine Druckseitennutwand, eine Saugseitennutwand, einen Nutboden und eine Anzahl von Kühlkanälen auf, die in einer stromabwärtigen Richtung zu der Hinterkante der Turbinenlaufschaufel hin angewinkelt sind.

[0005] In einer weiteren Ausführungsform weist ein System eine Turbine auf. Die Turbine enthält eine Turbinenlaufschaufel mit einer Vorderkante und einer Hinterkante, wobei die Turbinenlaufschaufel eine radiale Schaufelspitze aufweist. Das System weist weiterhin eine Hinterkantennut auf, die sich entlang eines Hinterkantenabschnitts der radialen Schaufelspitze in Sehnenrichtung zu der Hinterkante hin erstreckt, wobei die Länge des Hinterkantenabschnitts zwischen etwa 5% und 40% der Länge der Turbinenschaufel beträgt. Ausserdem weist das System eine Anzahl von angewinkelten Kühlkanälen auf, die in dem Hinterkantenabschnitt innerhalb der Hinterkantennut angeordnet sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0006] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verstanden, wenn die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente in den Zeichnungen kennzeichnen:

- Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das ein Ausführungsbeispiel eines Turbinensystems zeigt, das Turbinenlaufschaufeln mit Spitzen mit einer Hinterkantennut aufweist, die dazu eingerichtet sind, eine verbesserte Kühlung zu bewirken;
- Fig. 2 ist eine seitliche Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels des Turbinensystems, wie es in Fig. 1 gezeigt ist;
- Fig. 3 ist eine isometrische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines Turbinenbereiches des Turbinensystems, wie es in Fig. 2 gezeigt ist, das eine an einer Rotorscheibe angebrachte Turbinenlaufschaufel aufweist;
- Fig. 4 ist eine Draufsicht auf die Turbinenlaufschaufel, wie sie in Fig. 3 gezeigt ist, wobei die Ansicht ein Ausführungsbeispiel der Spitze der Turbinenlaufschaufel darstellt;
- Fig. 5 ist eine Teilansicht der Turbinenschaufelspitze von oben, die innerhalb der Bogenlinie 5-5 in Fig. 4 aufgenommen ist und ein Ausführungsbeispiel der Hinterkantennut darstellt;
- Fig. 6 ist eine seitliche Schnittansicht, die entlang der Schnittnlinie 6-6 in Fig. 4 aufgenommen ist und ein Ausführungsbeispiel der Hinterkantennut der Turbinenschaufelspitze darstellt;

- Fig. 7 ist eine im Schnitt dargestellte Endansicht, die entlang der Schnittlinie 7-7 in Fig. 5 aufgenommen ist und ein Ausführungsbeispiel der Hinterkantennut der Turbinenschaufelspitze darstellt; und
- Fig. 8 ist eine Teilansicht der Turbinenschaufelspitze von oben, die innerhalb der Bogenlinie 5-5 in Fig. 4 aufgenommen ist und ein anderes Ausführungsbeispiel der Hinterkantennut darstellt.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0007] Ein oder mehrere spezielle Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind unten beschrieben. In dem Bestreben, eine knappe Beschreibung dieser Ausführungsbeispiele zu liefern, können nicht alle Merkmale einer tatsächlichen praktischen Umsetzung in der Beschreibung beschrieben werden. Es sollte erkannt werden, dass bei der Entwicklung einer derartigen tatsächlichen praktischen Umsetzung wie bei jedem Konstruktions- oder Entwicklungsprojekt zahlreiche anwendungsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die jeweiligen Ziele des Entwicklers zu erreichen, wie z.B. eine Einhaltung systembezogener oder geschäftsbezogener Randbedingungen, die von einer praktischen Anwendung zur anderen voneinander abweichen können. Weiterhin sollte erkannt werden, dass ein derartiger Entwicklungsvorgang komplex und zeitraubend sein könnte, aber dennoch für Fachleute in Kenntnis dieser Offenbarung als eine Routinemassnahme in Gestaltung, Herstellung und Fertigung angesehen würde.

[0008] Wenn die Elemente der verschiedenen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung eingeführt werden, ist beabsichtigt, dass die Artikel «ein», «eine», «der», «die» und «das» bedeuten, dass ein oder mehrere dieser Elemente vorhanden sind. Es ist beabsichtigt, dass die Ausdrücke «aufweisen», «enthalten» und «haben» inklusiv sind und bedeuten, dass über die aufgezählten Elemente hinaus noch weitere Elemente vorhanden sein könnten.

[0009] Wie unten weiter erläutert schaffen bestimmte Ausführungsbeispiele ein Turbinensystem, das Turbinenlaufschaufeln enthält, die für eine verbesserte Kühlung der Schaufelspitzen eingerichtet sind. In einem Ausführungsbeispiel können die Spitzen der Turbinenlaufschaufeln z.B. Hinterkantennuten aufweisen, die Kanäle enthalten, die darin ausgebildet sind, um eine verbesserte Kühlung zum Schutz der Spitzen der Turbinenschaufeln und insbesondere des Abschnitts der Spitzen, der der Hinterkante der Turbinenschaufeln näher ist, vor den heissen Verbrennungsgasen, die durch die Turbine strömen, zu bewirken. Wenn hierin der Ausdruck «Hinterkante» oder dergleichen verwendet wird, soll er so verstanden werden, dass er sich auf die Kante der Turbinenlaufschaufel auf der stromabwärtigen Seite bezogen auf die Strömung der Verbrennungsgase durch die Turbine hindurch bezieht. Die Hinterkante der Schaufelspitze ist infolge der Aerodynamik von Turbinenschaufeln allgemein schwieriger zu kühlen. Bei bestimmten Turbinenlaufschaufeln, die Filmöffnungen auf der Druckseite und der Saugseite verwenden, wird z.B. das meiste von der durch die Filmöffnungen abgegebenen Kühlluft über die Saugseiten-spitzenwand hinweg geleitet, bevor sie die Hinterkante der Laufschaufel erreicht.

[0010] Dementsprechend können die in der Hinterkantennut ausgebildeten Kühlkanäle gemäss der vorliegenden Vorgehensweise angewinkelt sein, um ein Kühlmittel stromabwärts durch die Hinterkantennut und zu der Hinterkante der Turbinenschaufel hin zu leiten. In bestimmten Ausführungsbeispielen können die Kühlkanäle eine Öffnung aufweisen, die sich durch den Boden der Hinterkantennut hindurch erstreckt und sich als eine Nut oder ein Schlitz entlang einer Seitenwand der Hinterkantennut fortsetzt. In einem Ausführungsbeispiel können die Kühlkanäle in einer versetzten bzw. gestaffelten Anordnung entlang gegenüberliegender Seitenwände der Hinterkantennut ausgebildet sein. Die der Hinterkante zugeführte Kühlluft isoliert die Hinterkante der Schaufelspitze gegen die heissen Verbrennungsgase. Dies kann die Oxidationsgeschwindigkeiten und die Rissbildung verringern, während die betriebliche Lebensdauer der Turbinenlaufschaufel erhöht wird.

[0011] Nun den Figuren zugewandt: Fig. 1 stellt ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Gasturbinensystems 10 dar. Das Diagramm enthält Brennstoffdüsen 12, eine Brennstoffzufuhr 14 und eine Brennkammer 16. Wie gezeigt führt die Brennstoffzufuhr 14 dem Turbinensystem 10 durch die Brennstoffdüse 12 und in die Brennkammer 16 hinein einen flüssigen Brennstoff und/oder einen gasförmigen Brennstoff, wie z.B. Erdgas oder Synthesegas zu. Die Brennkammer 16 zündet und verbrennt das Brennstoff-Luft-Gemisch und leitet danach heisse unter Druck stehende Verbrennungsgase 17 (z.B. Abgas) in eine Turbine 18 hinein. Turbinenlaufschaufeln können mit einer Welle 19 verbunden sein, die wie dargestellt auch mit einigen weiteren Komponenten des Turbinensystems 10 gekoppelt ist. Wenn die Verbrennungsgase 17 durch die Turbinenlaufschaufeln in der Turbine 18 hindurchtreten, wird die Turbine 18 in eine Drehbewegung versetzt, die auch bewirkt, dass sich die Welle 19 dreht. Schliesslich kann das Verbrennungsgas 17 durch einen Abgasauslass 20 aus dem Turbinensystem 10 austreten.

[0012] In einem Ausführungsbeispiel des Turbinensystems 10 können Verdichterlaufschaufeln als Komponenten des Verdichters 22 enthalten sein. Die Laufschaufeln in dem Verdichter 22 können mit der Welle 19 gekoppelt sein und drehen sich, wenn die Welle 19 wie oben erläutert durch die Turbine 18 in eine Drehbewegung versetzt wird. Der Verdichter 22 kann über einen Lufteinlass 24 Luft in das Turbinensystem 10 einsaugen. Weiterhin kann die Welle 19 mit einer Last 26 gekoppelt sein, die durch die Drehbewegungsabgabe des Turbinensystems 10 Energie erzeugen kann, wie z.B. ein Kraftwerk oder ein äusserer mechanischer Verbraucher. Die Last 26 kann z.B. einen elektrischen Generator, einen Propeller eines Flugzeugs usw. enthalten. Der Lufteinlass 24 saugt Luft 30 durch eine geeignete Vorrichtung, wie z.B. einen Kaltlufteinlass, zur anschliessenden Vermischung der Luft 30 mit dem über die Brennstoffdüse 12 zugeführten

Brennstoff 14 in das Turbinensystem 10 ein. Die durch das Turbinensystem 10 eingesaugte Luft 30 kann dem Verdichter 22 zugeführt und durch rotierende Laufschaufeln in dem Verdichter 22 zu unter Druck stehender Luft verdichtet werden. Die mit dem Bezugszeichen 32 bezeichnete verdichtete Luft kann danach der Brennstoffdüse 12 zugeführt werden. Die Brennstoffdüse 12 kann danach die verdichtete Luft und den Brennstoff mischen, wie es durch das Bezugszeichen 34 gezeigt ist, um ein geeignetes Mischungsverhältnis für die Verbrennung zu erzeugen, z.B. für einen Verbrennungsvorgang, der eine vollständigere Verbrennung des Brennstoffs bewirkt, so dass kein Brennstoff verschwendet wird oder keine übermässigen Emissionen erzeugt werden.

[0013] Fig. 2 zeigt eine seitliche Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels des Turbinensystems 10. Wie gezeigt enthält das Ausführungsbeispiel den Verdichter 22, der mit einer ringförmigen Reihe von Brennkammern 16 (z.B. 6, 8, 10, 12 oder mehr Brennkammern 16) verbunden ist. Jede Brennkammer 16 enthält wenigstens eine Brennstoffdüse 12 (z.B. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr), die einer Verbrennungskammer, die innerhalb jeder Brennkammer 16 angeordnet ist, ein Luft-Brennstoff-Gemisch 34 zuführt. Die Verbrennung des Luft-Brennstoff-Gemisches 34 in der Brennkammer 16 bewirkt, dass sich die Turbinenlaufschaufeln 40 in der Turbine 18 um eine in Längsrichtung verlaufende Rotationsachse 38 drehen, wenn die Verbrennungsgase 17 durch die Turbine 18 hindurch zu dem Abgasauslass 20 strömen. Wie unten genauer erläutert können die Turbinenlaufschaufeln 40 in bestimmten Ausführungsformen der Turbine 18 Hinterkantennuten aufweisen, die darin ausgebildete Kanäle aufweisen, um eine verbesserte Kühlung zum Schutz der Turbinenlaufschaufeln 40 und insbesondere der (z.B. radial am weitesten von der Achse 38 entfernten) Spitzen der Turbinenlaufschaufeln 40 vor den heissen Verbrennungsgasen 17 zu bewirken. Es kann z.B. Kühlluft, die aus dem Verdichter oder einer anderen Quelle abgezapft worden ist, durch einen Hohlraum innerhalb jeder Turbinenlaufschaufel 40 geleitet und durch einen oder mehrere angewinkelte Kühlkanäle in die Hinterkantennut hinein abgegeben werden. Wie man erkennt bildet die Kühlluft innerhalb der Hinterkantennut eine isolierende Barriere, die zum Schutz der Spitzen der Turbinenlaufschaufeln 40 vor den heissen Verbrennungsgasen, die durch die Turbine 18 hindurch strömen, beiträgt. Dieses Merkmal ist unten unter Bezug auf die Fig. 3-8 genauer dargestellt und beschrieben.

[0014] Fig. 3 stellt einen Ausschnitt der Turbine 18 des in Fig. 2 gezeigten Turbinensystems 10 dar. Die Turbine 18, die um die Rotationsachse 38 symmetrisch sein kann, weist eine Anzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten radialen Turbinenlaufschaufeln 40 auf, (die manchmal auch als Turbinenrotorschaufeln oder -blätter bezeichnet werden und) die sich von einer Rotorscheibe 42 entlang einer radialen Achse, wie sie durch einen radialen Richtungspfeil 51 gekennzeichnet ist, radial nach aussen erstrecken. Die Turbine 18 weist auch eine ringförmige Turbinenummantelung 44 bzw. ein Gehäuse auf, die die Turbinenlaufschaufeln 40 umgibt. Allgemein ist die Turbinenummantelung 44 dazu eingerichtet, einen relativ schmalen Zwischenraum oder Spalt 46 zu den Turbinenlaufschaufeln 40 herzustellen, wodurch während des Betriebs der Leckstrom von Verbrennungsgasen 17 durch den Spalt hindurch begrenzt wird. Wie gezeigt kann jede Turbinenlaufschaufel 40 einen Schwalbenschwanz 48, ein Schaufelblatt 54 und eine Plattform 56 aufweisen. Der Schwalbenschwanz 48 kann eine beliebige geeignete Form aufweisen, wie z.B. die eines axialen Schwalbenschwanzes, der dazu eingerichtet ist, in einer zugehörigen Schwalbenschwanznut 49 entlang des Umfangs der Rotorscheibe 42 angebracht zu werden. Das Schaufelblatt 54 kann mit dem Schwalbenschwanz 48 einstückig verbunden sein und sich von diesem radial nach aussen erstrecken. Die Plattform 56 kann an dem Übergang von dem Schaufelblatt 54 zu dem Schwalbenschwanz 48 angeordnet sein, um einen Abschnitt des Strömungspfad für die Verbrennungsgase 17 zu bilden. Wie man erkennt können die Turbinenlaufschaufeln 40 durch eine beliebige geeignete Technik einschliesslich Giessen, spanender Bearbeitung, Formen usw. gebildet sein.

[0015] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel enthält das Schaufelblatt 54 eine allgemein konkave Druckseitenwand 58 und eine in Umfangsrichtung oder seitlich gegenüberliegende (über eine verdeckte Linie gezeigte) Saugseitenwand, wobei sich jede von diesen axial zwischen einer Vorderkante 66 und einer Hinterkante 68 erstreckt. Wie oben erwähnt bezieht sich die Vorderkante 66 auf die Kante auf der stromaufwärtigen Seite (z.B. Richtung 52) der Turbinenlaufschaufel 40, und die Hinterkante 68 bezieht sich auf die Kante auf der stromabwärtigen Seite (z.B. Richtung 50) der Turbinenlaufschaufel 40 bezogen auf die Richtung, in der die Verbrennungsgase 17 durch die Turbine 18 hindurchströmen. Weiterhin sind die Druckseitenwand 58 und die Saugseitenwand 60 in der Umfangsrichtung 53 voneinander beabstandet, um einen wenigstens teilweise hohlen (durch die verdeckte Linie gezeigten) inneren Hohlraum 55 zu bilden, der wenigstens eine innere Strömungskammer oder einen inneren Strömungskanal zum Leiten von Kühlluft durch das Schaufelblatt 54 bildet, um die Turbinenlaufschaufel 40 zu kühlen. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann das Innere des Hohlraums 54 eine Anzahl von Strukturen zum Verstärken der Kühlwirkung, wie z.B. Serpentinenströmungskanäle, Turbulatoren oder dergleichen enthalten. Wie oben erläutert kann die Kühlluft in bestimmten Ausführungsbeispielen dem Verdichter 22 entnommen oder von einer anderen Kühlmittelquelle zugeführt werden.

[0016] Die aus dem Hohlraum 55 aufgenommene Kühlluft kann durch Filmkühlöffnungen 70 und Hinterkantenaustrittsöffnungen 72 abgegeben werden. Es kann auch durch weitere Kühlöffnungen 74 nahe bei der Schaufelspitze 62 entlang der Druckseitenwand 58 und/oder durch Kühlöffnungen 78, die an einer auf der Druckseitenwand 58 wie in Fig. 3 gezeigt ausgebildeten Stossfläche bzw. -kante 76 angeordnet sind, Kühlluft abgegeben werden. Wie unten genauer erläutert kann die Schaufelspitze 62 insbesondere in einer Hinterkantennut 94 weitere Kühlkanäle aufweisen, um die Kühlung der Schaufelspitze 62 weiter zu unterstützen. Die durch die Kühlkanäle in der Nut 94 abgegebene Kühlluft kann z.B. in Verbindung mit Kühlluft, die durch die Kühlöffnungen 74 und/oder 76 an der Druckseitenwand 58 abgegeben wird, die Nut 94 füllen und/oder isolieren, wodurch eine schützende Luftsperrung gebildet wird, die die Schaufelspitze 62 vor den heissen

Verbrennungsgasen 17 schützt. Wie unten unter Bezug auf die Fig. 5-8 genauer erläutert kann die Nut 94 ein Schlitz, eine Nut, eine Einkerbung, Vertiefung oder Rille mit einem Boden sein, der zwischen zwei gegenüberliegenden Wänden ausgebildet ist, so dass die obere Oberfläche jeder der Wände in Radialrichtung weiter von der Längsachse 38 als der Boden der Nut 94 entfernt ist. Dies kann die heissen Verbrennungsgase 17 am Eintreten (z.B. Eindringen) in die Nut 94 hindern. Wie man erkennt kann diese verbesserte Kühltechnik z.B. die Oxidationsgeschwindigkeit an der Schaufelspitze 62 verringern, wodurch die Lebensdauer der Turbinenlaufschaufel 40 verlängert wird.

[0017] Fig. 4 ist eine Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel der Turbinenlaufschaufel 40, wobei die Ansicht die Turbinen-schaufelspitze 62 genauer darstellt. Die Schaufelspitze 62 kann eine Spitzenplatte oder eine Spitzenkappe 80 aufweisen, die auf den radial äusseren Enden der Druckseitenwand 58 und der Saugseitenwand 60 angeordnet ist. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann die Spitzenplatte 80 mit der Turbinenlaufschaufel 40 einstückig ausgebildet oder mit dieser verbunden oder gekoppelt (z.B. verschweisst) sein. Wie gezeigt können eine Druckseitenspitzenwand 84 und eine Saug-seitenspitzenwand 86 an der Spitzenplatte 80 ausgebildet sein. Die Druckseitenspitzenwand 84 erstreckt sich von der Druckseite der Spitzenplatte 80 radial nach aussen und erstreckt sich in Axialrichtung von der Vorderkante 66 zu der Hinterkante 68 der Turbinenschaufel 40. In ähnlicher Weise erstreckt sich die Saugseitenspitzenwand 86 von der Saugseite der Spitzenplatte 80 radial nach aussen und in Axialrichtung von der Vorderkante 66 zu der Hinterkante 86 der Turbinen-laufschaufel 40. Wie man erkennt können die Höhe und die Breite der Druckseitenspitzenwand 84 und der Saugseiten-spitzenwand 86 in Abhängigkeit von der Grösse der Turbine 18 und der Laufschaufeln 40 variieren.

[0018] Die Druckseitenspitzenwand 84, die Saugseitenspitzenwand 86 und die Spitzenplatte oder Spitzenkappe 80 können einen Spitzenhohlraum oder eine Spitzenvertiefung bilden, die hier mit dem Bezugszeichen 82 gekennzeichnet ist. Das bedeutet, der Spitzenhohlraum 82 kann ein vertiefter Bereich (oder eine Vertiefung) der Schaufelspitze 62 sein, der allgemein von der Druckseitenspitzenwand 84 und der Saugseitenspitzenwand 86 umgeben ist. Die Spitzenvertiefung 82 kann weiterhin einen oder mehrere Kühlkanäle 90 aufweisen, durch die Kühlluft aus dem Schaufelblatthohlraum 55 abgegeben werden kann. Demnach füllt die durch die Kanäle 90 abgegebene Kühlluft im Betrieb das Volumen der Spit-zenvertiefung, wodurch die Schaufelspitze 62 durch wenigstens teilweise Isolieren der Schaufelspitze 62 und Hindern der heissen Verbrennungsgase 17 am Eintreten in die Spitzenvertiefung 82 geschützt wird. Gleichzeitig hilft die von den Filmöffnungen 70 nahe bei der Vorderkante 66, von den Öffnungen 78 auf der Stosskante 76 und von den Filmöffnungen 74 (Fig. 3) abgegebene Kühlluft auch beim Isolieren der Schaufelspitze 62 gegen die heissen Verbrennungsgase 17.

[0019] Wie oben erwähnt sind die Hinterkanten der Schaufelspitzen bei bestimmten Turbinenlaufschaufeln infolge der Aerodynamik der Turbinenschaufeln häufig schwierig zu kühlen (z.B. wird das meiste der Kühlluft in der Spitzenvertiefung 82 über die Saugseitenspitzenwand 86 hinweggeleitet, bevor sie die Hinterkante 86 erreicht.). Dementsprechend weist die Turbinenschaufelspitze 62 in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel auch eine Hinterkantennut 94 auf, die angewinkelte Kühlkanäle aufweist, um die Kühlung der Schaufelspitze 62 nahe bei der Hinterkante 68 zu verbessern, wie es unten unter Bezug auf die Fig. 5-8 genauer erläutert ist. Die Hinterkantennut 94 kann eine Vertiefung, eine Nut, ein Schlitz, eine Einkerbung, eine Rille oder eine andere ähnliche Formation sein, die zwischen dem hinteren Ende (z.B. in der Richtung der Hinterkante 68 der Schaufelspitze 62) der Spitzenvertiefung 82 und der Hinterkante 68 der Schaufelspitze 62 in einem Hinterkantenbereich der Turbinenlaufschaufel 62 angeordnet ist, der direkt an die Hinterkante 68 angrenzt. Der Hinterkan-tenbereich kann z.B. weniger als 20, 30, 40 oder 50% der Gesamtlänge 102 der Turbinenlaufschaufel umfassen. Wie in Fig. 4 dargestellt kann die Nut 94 durch eine Saugseitennutwand 96 und eine Druckseitennutwand 98 gebildet sein. Die Hinterkantennut 94 kann sich in einem allgemein linienförmigen Pfad (z.B. in Sehnenrichtung) von dem hinteren Ende der Spitzenvertiefung 82 zu der Hinterkante 68 der Schaufelspitze 62 erstrecken. In einigen Ausführungsbeispielen kann die Hinterkantennut 94 in Abhängigkeit von der Krümmung der Turbinenlaufschaufel 40 leicht bogenförmig (z.B. gekrümmt) verlaufen. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann die hierin mit dem Bezugszeichen 100 gekennzeichnete Länge der Hinterkantennut 94 wenigstens etwa 5, 10, 20, 25, 30, 40 oder 50% der Sehnenlänge 102 der Turbinenlaufschaufel 40 gemessen von der Hinterkante 68 betragen. Während das vorliegende Ausführungsbeispiel eine Hinterkantennut 94 zeigt, die direkt zu der Hinterkante führt, sollte erkannt werden, dass die Hinterkantennut in anderen Ausführungsformen auch vor der Hinterkante 68 enden könnten.

[0020] In der gegenwärtig dargestellten Ausführungsform kann die Spitzenvertiefung 82 eine Kühlöffnung 90a aufweisen, die an dem hinteren Ende kurz vor der vorderen Seite der Nut 94 (z.B. auf der Seite der Nut, die am weitesten von der Hinterkante 68 entfernt und näher bei der Vorderkante 66 angeordnet ist) angeordnet ist. Durch die Kühlöffnung 90a abgegebener Kühlluft kann entlang der Hinterkantennut 94 zu der Hinterkante 68 hin geführt werden. Wie unten genauer erläutert kann die Hinterkantennut 94 ausserdem auch Kühlkanäle aufweisen, durch die Kühlluft aus dem Hohlraum 55 abgegeben werden kann. Die Kühlkanäle ermöglichen der Kühlluft, in der Nut 94 zu zirkulieren, wodurch der Bereich der Schaufelspitze 62 nahe der Hinterkante 68 geschützt wird, indem auf diese Weise die heissen Verbrennungsgase 17 am Eintreten in die Hinterkantennut 94 gehindert werden. Die Austrittsseite (z.B. die Seite, durch die das Kühlmittel austritt) der Kühlkanäle kann zu der Hinterkante 68 hin angewinkelt sein, was beim Leiten der Kühlluft stromabwärts durch die Hinterkantennut 94 zu der Hinterkante 68 hin hilft. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann die Hinterkantennut 94 mit einer Wärmeschutzbeschichtung, wie z.B. einer metallischen Bondschicht, einem Oxidationsinhibitor und/oder einer Wärmeschutzbeschichtung versehen sein.

[0021] Die Fig. 5 und 6 sind detaillierte Ansichten eines Ausführungsbeispiels der Hinterkantennut 94 der Turbinenschau-felspitze 62, die entlang der Bogenlinie 5-5 bzw. der Schnitlinie 6-6 aus Fig. 4 aufgenommen sind. Im Einzelnen zeigt Fig.

5 die Hinterkantennut 94 mit einem Nutboden 106 zwischen der Saugseitennutwand 96 und der Druckseitennutwand 98. Die Vorderkantenseite 101 der Nut 94 kann eine Breite 105 aufweisen, und die Hinterkantenseite 103 der Nut 94 kann eine Breite 107 aufweisen. Die Breiten 105 und 107 können gleich (Z.B. hat die Hinterkantennut 94 eine allgemein konstante Breite.) oder voneinander verschieden sein. In einem Ausführungsbeispiel, wo sich die Breite der Hinterkantennut 94 zu der Hinterkante 68 hin verringert, kann die Breite 105 z.B. grösser als die Breite 107 sein. Alternativ kann sich die Breite der Hinterkantennut 94 in einem anderen Beispiel zu der Hinterkante hin vergrössern, was zu einer Breite 107 führt, die grösser als die Breite 105 ist. Nur beispielhaft kann die Breite der Nut 94 (z.B. 105 und 107) in einigen Ausführungsbeispielen wenigstens näherungsweise 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 oder mehr Zentimeter betragen. Als weiteres Beispiel kann die Breite 105 um näherungsweise 5, 10, 15, 20, 25, 30 oder 35% oder einen grösseren Wert grösser als die Breite 107 sein oder umgekehrt. Weiterhin können die Breiten 105 und 107 im Vergleich zu dem breitesten Abschnitt (Breite 99) der Spitzenvertiefung 82 zwischen 1% und 30%, 1% und 20% oder 1% und 10% der Breite 99 betragen.

[0022] Wie oben erläutert weist die Hinterkantennut 94 auch angewinkelte Kühlkanäle auf, die hier durch das Bezugszeichen 108 gekennzeichnet sind. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel kann jeder Kühlkanal 108 eine angewinkelte Kühlöffnung 110 aufweisen, die sich durch den Boden 106 der Hinterkantennut 94 hindurch erstreckt. Wie in Fig. 6 deutlicher gezeigt kann sich die Öffnung der Kühlöffnung 110 an dem Nutboden 106 in einem Schlitz oder einer Nut 112 mit etwa dem gleichen Winkel (z.B. dem Winkel 116) fortsetzen, die entlang der Saugseitennutwand 96 gebildet ist. Der Winkel 116 jeder Kühlöffnung 110 und dem zugehörigen Schlitz bzw. der zugehörigen Nut 112 kann der gleiche sein oder variieren. Der Winkel 116 kann z.B. bezogen auf die Linie 115 nach oben oder nach unten geschwenkt sein. Wie man erkennt vergrössert die durch die Nut 112 geschaffene Vertiefung die Oberfläche entlang der Nutwände 96 und 98, um die Kühlung zu verbessern, und unterstützt auch das Umwälzen von Kühlluft innerhalb der Nut 94. Die Kühlkanäle 108 können unter Verwendung irgendeiner geeigneten Technik, wie z.B. durch Bohren, spanendes Bearbeiten, Laserschneiden usw. ausgebildet sein. Während die in Fig. 6 gegebene Schnittansicht nur die Saugseitennutwand 96 zeigt, sollte erkannt werden, dass Kühlkanäle 108 an der Druckseitennutwand 98 eine ähnliche Anordnung aufweisen können.

[0023] Wieder unter Bezug auf Fig. 5: Das dargestellte Ausführungsbeispiel weist Kühlkanäle 108 auf, die an der Saugseitennutwand 96 und der Druckseitennutwand 98 in einer versetzten bzw. gestaffelten Anordnung ausgebildet sind. Die Kühlkanäle 108 können z.B. unterschiedliche Positionen entlang der Nut aufweisen, die von einer Wand (z.B. 96) zu der anderen Wand (z.B. 98) abwechseln. In anderen Ausführungsbeispielen können die Kühlkanäle 108 in einer nicht versetzten Anordnung ausgerichtet sein, so dass jeder Kühlkanal 108 an der Wand 96 einen zugehörigen Kühlkanal 108 an der Wand 98 hat, der an etwa derselben Position entlang der Länge 100 der Hinterkantennut 94 angeordnet ist. In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Hinterkantennut 94 nur auf der Druckseitenwand 98 oder nur auf der Saugseitenwand 96 Kühlkanäle 108 aufweisen.

[0024] Wieder unter Bezug auf Fig. 6: Die Kühlkanäle 108 können entlang jeder Seitenwand (z.B. 96 und 98) der Hinterkantennut 94 durch einen Abstand 113 voneinander beabstandet angeordnet sein. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann der Abstand 113 wenigstens etwa 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 oder 5 cm betragen. Ausserdem kann der Abstand 113 in einigen Ausführungsbeispielen auch als ein prozentualer Anteil der Länge der Hinterkantennut 94 (z.B. der Länge 100) oder der Länge der Turbinenlaufschaufel (z.B. der Länge 102) festgelegt sein. Der Abstand 113 kann z.B. etwa 1% bis 20%, 1% bis 15%, 1% bis 10% oder 1% bis 5% der Nutlänge 100 betragen. Der Abstand 113 kann auch als eine Funktion der Öffnungsdurchmesser ausgedrückt werden. In bestimmten Ausführungsbeispielen kann das Verhältnis des Abstandes 113 zu den Öffnungsdurchmessern z.B. zwischen etwa 1,5 und 15 betragen. Der Abstand 113 kann weiterhin zwischen den einzelnen Kühlkanälen 108 variieren. Z.B. kann sich der Abstand 113 in einigen Ausführungsbeispielen zwischen den Kühlkanälen 108 zu der Hinterkante 68 hin allmählich verringern (Z.B. sind die Kühlkanäle 108 nahe bei der Hinterkante 68 näher beieinander angeordnet.). Der Abstand 113 zwischen den einzelnen Kühlkanälen 108 könnte z.B. von einem Kühlkanal 108 zum anderen um etwa 1% bis 50%, 1% bis 25%, 1% bis 10% oder 1% bis 5% abnehmen.

[0025] Wie gezeigt sind die Kühlkanäle 108 unter einem Winkel 116 ausgebildet, so dass die Austrittsseite 114 der Nut 112 zu der Hinterkante 68 hin und von der radialen Achse 51 weg angewinkelt ist. Der Winkel 116 kann unter Bezug auf die Linie 115, die zu der Längsachse 38 (Fig. 2) des Turbinensystems 10 parallel ist, festgelegt sein. In anderen Ausführungsbeispielen könnte die Linie 115 zu einer äussersten radialen Kante der Turbinenlaufschaufel 40 parallel sein. In bestimmten Ausführungsbeispielen können die Kühlkanäle 108 zu der Hinterkante 68 hin angewinkelt sein, so dass der Winkel 116 bezogen auf die Linie 115 zwischen etwa 10 und 60 Grad oder im Einzelnen zwischen etwa 10 und 45 Grad bezogen auf die Linie 115 beträgt. Der Winkel 116 kann jedoch zwischen 5 und 35 Grad betragen oder weniger als etwa 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 oder 60 Grad betragen.

[0026] Während die Öffnungen 110 in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel als allgemein kreisförmig gezeigt sind, sollte weiterhin erkannt werden, dass die Öffnungen 110 auch als andere Formen ausgebildet sein könnten, wie z.B. quadratische, rechteckförmige, dreieckförmige, ovalförmige Öffnungen, rautenförmige Öffnungen usw. ausgebildet sein könnten. Die Grössen der Öffnungen 110 können in bestimmten Ausführungsbeispielen zwischen näherungsweise 0,05 und 0,3 cm im Durchmesser betragen. In anderen Ausführungsbeispielen kann der Durchmesser der Öffnungen weniger als 0,05 cm oder mehr als 0,3 cm betragen. Weiterhin können die Öffnungen 110 entlang der Nut auch in der Grösse variieren. Die Öffnungen 110 können z.B. von der Vorderkantenseite 101 zu der Hinterkantenseite 103 der Nut 94 hin in der Grösse zu- oder abnehmen. Jede Öffnung 110 kann auch einen konstanten Durchmesser oder einen variablen (z.B. konvergierenden und/oder divergierenden) Durchmesser in der Luftströmungsrichtung aufweisen. In einem Ausführungsbeispiel können

die Nuten 112 eine Breite aufweisen, die etwa die gleiche wie die ihrer zugehörigen Öffnungen 110 ist. Ausserdem kann die Breite der Nut 112 in einigen Ausführungsbeispielen von dem Nutboden 106 zu der Austrittsseite 114 hin zunehmen oder abnehmen. Weiterhin kann die Nut 112 in einem Ausführungsbeispiel ein Aspektenverhältnis (z.B. ein Verhältnis von Tiefe zu Breite) von etwa 0,5 bis 4,0 aufweisen.

[0027] Wie weiter in Fig. 6 gezeigt kann die Hinterkantennut 94 an der Vorderkantenseite 101 eine Tiefe 118 und an der Hinterkantenseite 103 eine Tiefe 120 aufweisen (wobei die Tiefe z.B. zwischen der Oberseite der Nutwände 96 und 98 und dem Nutboden 106 gemessen wird). In bestimmten Ausführungsbeispielen kann die Tiefe der Hinterkantennut 94 entlang der Länge 100 der Nut 94 allgemein konstant sein, so dass die Tiefe 118 und die Tiefe 120 gleich sind. In anderen Ausführungsbeispielen kann die Tiefe der Hinterkantennut 94 zu der Hinterkante 68 zunehmend flach werden, so dass die Tiefe 118 grösser ist als die Tiefe 120. In einem solchen Ausführungsbeispiel kann die Tiefe 120 z.B. etwa 0% bis 80% der Tiefe 118 betragen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Tiefe der Hinterkantennut 94 zu der Hinterkante hin zunehmen, so dass die Tiefe 118 kleiner ist als die Tiefe 120. In einem solchen Ausführungsbeispiel kann die Tiefe 118 z.B. etwa 0% bis 80% der Tiefe 120 betragen. Demnach kann die Hinterkantennut 94 eine geneigte bzw. sich ändernde Tiefe in der Stromabwärtsrichtung aufweisen, wobei der Nutboden 106 bezogen auf die Linie 115 in einem Winkel von etwa 1 bis 20, 1 bis 10 oder 1 bis 5 Grad angewinkelt ist.

[0028] Fig. 7 zeigt eine im Schnitt dargestellte Endansicht der Hinterkantennut 94, die entlang der Schnittlinie 7-7 in Fig. 5 aufgenommen ist. Fig. 7 stellt auch die Strömungspfade der Kühlluft durch die Filmöffnungen 74 auf der Druckseite 58 der Turbinenlaufschaufel 40, durch die Kühlkanäle 108a auf der Druckseite (z.B. Wand 98) der Hinterkantennut 94 und durch die Kühlkanäle 108b auf der Saugseite (z.B. Wand 96) der Hinterkantennut 94 dar. Wie gezeigt wird die Kühlluft 122, die aus dem Verdichter 22 abgezapft und/oder von einer anderen Kühlmittelquelle (z.B. einem Bläser oder einem externen Gebläse) geliefert worden sein kann, in den Hohlraum 55 des Schaufelblattes 54 hineingeleitet. Ein erster Teil der Kühlluft 122 kann durch die Filmöffnungen 74 und die Kühlkanäle 108a und 108b hindurchgeleitet werden. Wie durch den Strömungspfad 124 gekennzeichnet kann die Kühlluft 122 z.B. durch Filmöffnungen 74 aus der Druckseite 58 des Schaufelblattes 54 heraus und über die Schaufelspitze 62 (z.B. über die Spitzenwände 84 und 86) hinweg strömen. Der zweite Teil der Kühlluft 122 kann auch durch die Kühlkanäle 108a auf der Druckseite der Nut 94 (z.B. entlang der Wand 98) strömen und innerhalb der Vertiefung der Nut 94 zirkulieren, wie es durch den Strömungspfad 126 dargestellt ist. Weiterhin strömt ein dritter Teil der Kühlluft 122 durch die Kühlkanäle 108b auf der Saugseite der Nut 94 (z.B. entlang der Wand 96) und über die Saugseitenspitzenwand 86 hinweg.

[0029] Auf diese Weise ist die Hinterkantennut 94 so eingerichtet, dass Kühlluft 122 während des Betriebs innerhalb der Nut 94 zirkuliert (z.B. Strömungspfad 126), wodurch die heissen Verbrennungsgase 17 am Eintreten in die Nut 94 gehindert werden. Ausserdem strömt die Kühlluft 122 auch über die Schaufelspitze 62 hinweg, wie es durch die Strömungspfade 124 und 128 bezeichnet ist, um die Schaufelspitze 62 weiter zu isolieren, um nicht den heissen Verbrennungsgasen 17 ausgesetzt zu sein. Demnach wird die Kühlung verglichen mit bestimmten Turbinenlaufschaufeln bezogen auf den Bereich der Turbinenschaufelspitzen 62, der der Hinterkante 68 näher liegt, verbessert. Dies verringert den Verschleiss, die Oxidationsgeschwindigkeit und die Rissbildung und verbessert und erhöht dadurch die betriebliche Lebensdauer der Turbinenlaufschaufel 40. Während die Druck- und die Saugseitennutwand 98 bzw. 96 in Fig. 7 als parallel gezeigt sind, sollte jedoch weiterhin erkannt werden, dass die Nutwände 96 und 98 in anderen Ausführungsbeispielen auch in der Radialrichtung auseinander- oder zusammenlaufen könnten.

[0030] Fig. 8 zeigt eine detailliertere Ansicht eines anderen Ausführungsbeispiels der Hinterkantennut 94 der Turbinenschaufelspitze 62, wobei die Ansicht an der Bogenlinie 5-5 in Fig. 4 aufgenommen ist. In diesem Ausführungsbeispiel sind die geneigten Kühlkanäle 130 an dem Nutboden 106 entlang des Zentrums der Nut 94 ausgebildet, anstatt entlang der Seitenwände 96 und 98 der Nut ausgebildet zu sein, wie es in den Fig. 5-7 gezeigt ist. Das bedeutet, dass die Kühlkanäle 130 nur eine Öffnung ohne die zugehörigen Nuten oder Schlitze 112 entlang der Seitenwände 96 und 98, wie sie in den Fig. 5-7 gezeigt sind, aufweisen können. Wie man erkennt können die Öffnungen 130 ähnlich der Anwinkelung der Öffnungen 110 (Fig. 6) zu der Hinterkante 68 der Nut 94 hin angewinkelt sein. Dies ermöglicht es, dass das aus den Öffnungen 130 austretende Kühlmittel entlang der Nut 94 zu der Hinterkante 68 hin gelenkt wird. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Hinterkantennut 94 weiterhin angewinkelte Kühlkanäle 108 und 130 an den Seitenwänden (z.B. 96 und 98) bzw. dem Nutboden 106 aufweisen.

[0031] In einer Ausführungsform enthält ein System 10 eine Turbinenlaufschaufel 40 mit einer radialen Schaufelspitze 62. Das System 10 enthält weiterhin eine Hinterkantennut 94, die in der radialen Schaufelspitze 62 ausgebildet ist und sich zu einer Hinterkante 68 der Turbinenlaufschaufel 40 hin erstreckt. Die Hinterkantennut 94 enthält weiterhin eine erste Gruppe von Kühlkanälen 108, von denen jede eine erste Nut 112 aufweist, die entlang einer ersten Seitenwand 98 der Hinterkantennut 94 ausgebildet ist, wobei die Nut 112 mit einer zugehörigen ersten Öffnung 110 verbunden ist, die sich durch einen Boden 106 der Hinterkantennut 94 hindurch erstreckt.

[0032] Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zum Offenbaren der Erfindung, die die beste Art enthalten und einen Fachmann auch in die Lage versetzen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen einschliesslich der Herstellung und Verwendung irgendwelcher Vorrichtungen und Systeme und der Durchführung der enthaltenen Verfahren. Der patentierbare Bereich der Erfindung ist durch die Ansprüche festgelegt und kann weitere Beispiele umfassen, die Fachleuten einfallen. Es ist beabsichtigt, dass derartige weitere Beispiele innerhalb des Bereiches der Ansprüche liegen, wenn sie

strukturelle Elemente enthalten, die nicht von dem Wortlaut der Ansprüche abweichen, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit nur unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem Wortlaut der Ansprüche aufweisen.

Bezugszeichenliste

[0033]

- 10 Gasturbinensystem
- 12 Brennstoffdüse
- 14 Brennstoffzufuhr
- 16 Brennkammer
- 17 Heisse Verbrennungsgase
- 18 Turbine
- 19 Welle
- 20 Auslass
- 22 Verdichter
- 24 Einlass
- 26 Last
- 30 Luft
- 32 Verdichtete Luft
- 34 Verdichtete Luft und Brennstoff
- 36 Verbrennungsgase
- 38 Längsachse
- 40 Turbinenlaufschaufel
- 42 Rotorscheibe
- 44 Turbinenummantelung
- 46 Zwischenraum
- 48 Schwalbenschwanz
- 49 Schwalbenschwanznut
- 50 Stromabwärtsrichtung
- 51 Radialachse
- 52 Stromaufwärtsrichtung
- 53 Umfangsrichtung
- 54 Schaufelblatt
- 55 Hohlraum
- 56 Plattform
- 58 Druckseitenwand
- 60 Saugseitenwand
- 62 Schaufelspitze
- 66 Vorderkante

68	Hinterkante
70	Filmkühlöffnung
72	Hinterkantenauslassöffnung
74	Filmkühlöffnung
76	Stosskante
78	Kühlöffnung
80	Spitzenplatte
82	Spitzenvertiefung
84	Druckseitenspitzenwand
86	Saugseitenspitzenwand
90	Kühlkanal
94	Hinterkantennut
96	Saugseitennutwand
98	Druckseitennutwand
100	Nutlänge
101	Vorderkantenseite
102	Laufschaufellänge
103	Hinterkantenseite
105	Vorderkantenseitenbreite
106	Boden
107	Hinterkantenseitenbreite
108	Kühlkanal
110	Kühlöffnung
112	Schlitz/Nut
113	Abstand (zwischen Kühlkanälen)
114	Austrittsseite
115	Linie (parallel zur Längsachse)
116	Winkel
118	Vorderkantenseitentiefe
120	Hinterkantenseitentiefe
122	Kühlluft
124	Strömungspfad
126	Strömungspfad
128	Strömungspfad
130	Kühlkanal

Patentansprüche

1. System (10), das aufweist:
eine Turbinenlaufschaufel (40) mit einer radialen Schaufelspitze (62) und einer Hinterkantennut (94), die in der radialen Schaufelspitze (62) ausgebildet ist und sich zu einer Hinterkante (68) der Turbinenlaufschaufel (40) hin erstreckt, wobei die Hinterkantennut (94) eine erste Gruppe von Kühlkanälen (108) aufweist, von denen jeder eine erste Nut (112) aufweist, die entlang einer ersten Seitenwand (98) der Hinterkantennut (94) angeordnet und mit einer zugehörigen ersten Öffnung (110) verbunden ist, die sich durch einen Boden (106) der Hinterkantennut hindurch erstreckt.
2. System nach Anspruch 1, bei dem die Hinterkantennut (94) eine zweite Gruppe von Kühlkanälen (108) aufweist, von denen jeder eine zweite Nut (112) aufweist, die entlang einer zweiten Seitenwand (96) der Hinterkantennut ausgebildet und mit einer zugehörigen zweiten Öffnung (110) verbunden ist, die sich durch den Boden (106) der Hinterkantennut (94) hindurch erstreckt, wobei die zweite Seitenwand (96) der ersten Seitenwand (98) gegenüberliegt.
3. System nach Anspruch 2, bei dem die erste Gruppe von Kühlkanälen (108) entlang der ersten Seitenwand (98) der Hinterkantennut (94) und die zweite Gruppe von Kühlkanälen (108) entlang der zweiten Seitenwand (96) der Hinterkantennut (94) in einer versetzten Weise angeordnet sind.
4. System nach Anspruch 2, bei dem die Turbinenlaufschaufel (40) ein Schaufelblatt (54) mit einer Druckseitenwand (58) und einer Saugseitenwand (60) aufweist, wobei die Druckseitenwand (58) und die Saugseitenwand (60) voneinander beabstandet sind, um einen inneren Hohlraum (55) zu bilden, der zur Aufnahme einer Strömung eines Kühlmittels (122) eingerichtet ist, wobei der innere Hohlraum mit der ersten und der zweiten Gruppe von Kühlkanälen (108) in der Hinterkantennut (94) verbunden ist.
5. System nach Anspruch 2, bei dem die Kühlkanäle (108) der ersten Gruppe um einen Abstand (113) von zwischen etwa 1% und 20% einer Länge (100) der Hinterkantennut (94) voneinander beabstandet angeordnet sind; und die Kühlkanäle (108) der zweiten Gruppe um einen Abstand (113) von zwischen etwa 1% und 20% der Länge (100) der Hinterkantennut (94) voneinander beabstandet angeordnet sind.
6. System nach Anspruch 5, bei dem sich der Abstand (113) zwischen den Kühlkanälen (108) der ersten Gruppe und der Abstand (113) zwischen den Kühlkanälen (108) der zweiten Gruppe zu der Hinterkante (68) der Turbinenlaufschaufel (40) hin fortschreitend verkleinern.
7. System nach Anspruch 2, bei dem der Abstand (113) zwischen den einzelnen Kühlkanälen (108) der ersten Gruppe an der ersten Seitenwand (98) der Hinterkantennut (94) zwischen etwa 0,25 cm und 5 cm beträgt und der Abstand (113) zwischen den einzelnen Kühlkanälen (108) der zweiten Gruppe an der zweiten Seitenwand (96) der Hinterkantennut (94) zwischen etwa 0,25 cm und 5 cm beträgt.
8. System nach Anspruch 1, bei dem die erste Gruppe von Kühlkanälen (108) an der ersten Seitenwand (98) nahe bei der Druckseite (58) der Turbinenlaufschaufel (40) angeordnet ist.
9. System nach Anspruch 1, bei dem eine Länge (100) der Hinterkantennut (94) zwischen etwa 5% und 40% einer Sehnenlänge (102) der radialen Schaufelspitze (62) der Turbinenlaufschaufel (40) beträgt.
10. System (10), das aufweist:
eine Turbine (18) mit einer Turbinenlaufschaufel (40) mit einer Vorderkante (66) und einer Hinterkante (68), wobei die Turbinenlaufschaufel (40) eine radiale Schaufelspitze (62) und eine Hinterkantennut (94) aufweist, die sich entlang der radialen Schaufelspitze (62) zu der Hinterkante (68) hin erstreckt, wobei die Hinterkantennut (94) aufweist:
eine Druckseitennutwand (98),
eine Saugseitennutwand (96),
einen Nutboden (106) und
eine Anzahl von Kühlkanälen (108), die in einer stromabwärtigen Richtung (50) zu der Hinterkante (68) der Turbinenlaufschaufel (40) hin angewinkelt sind.

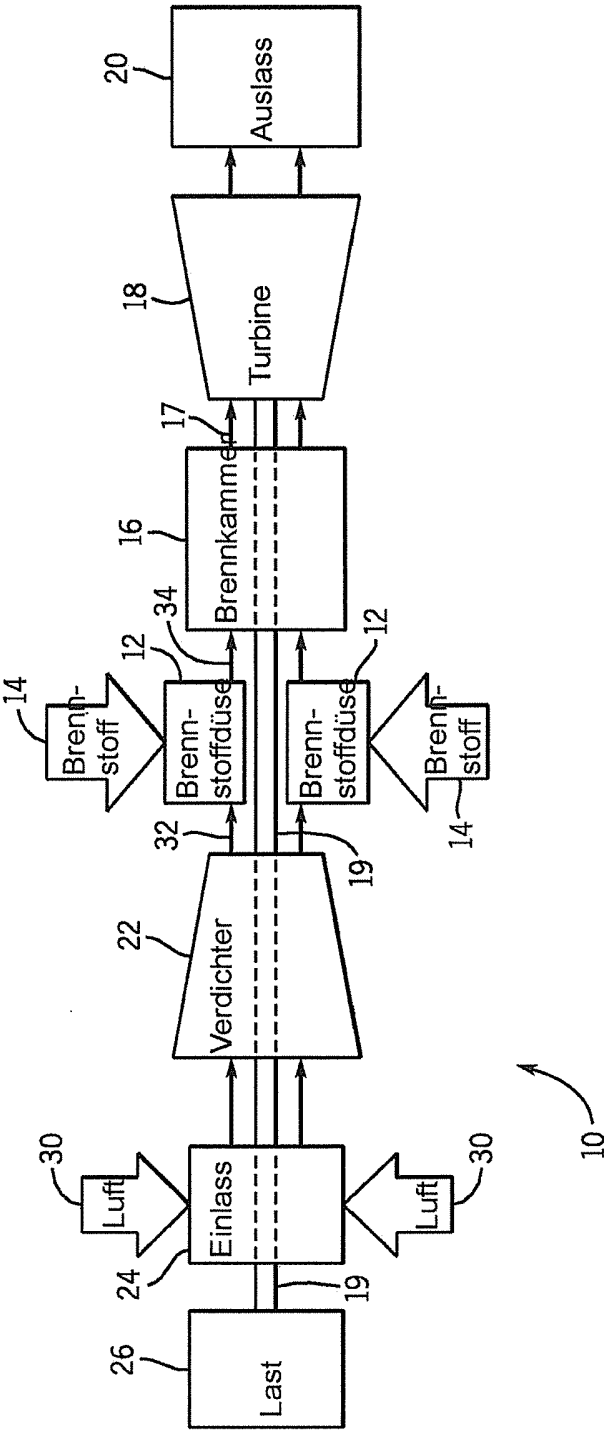


FIG. 1

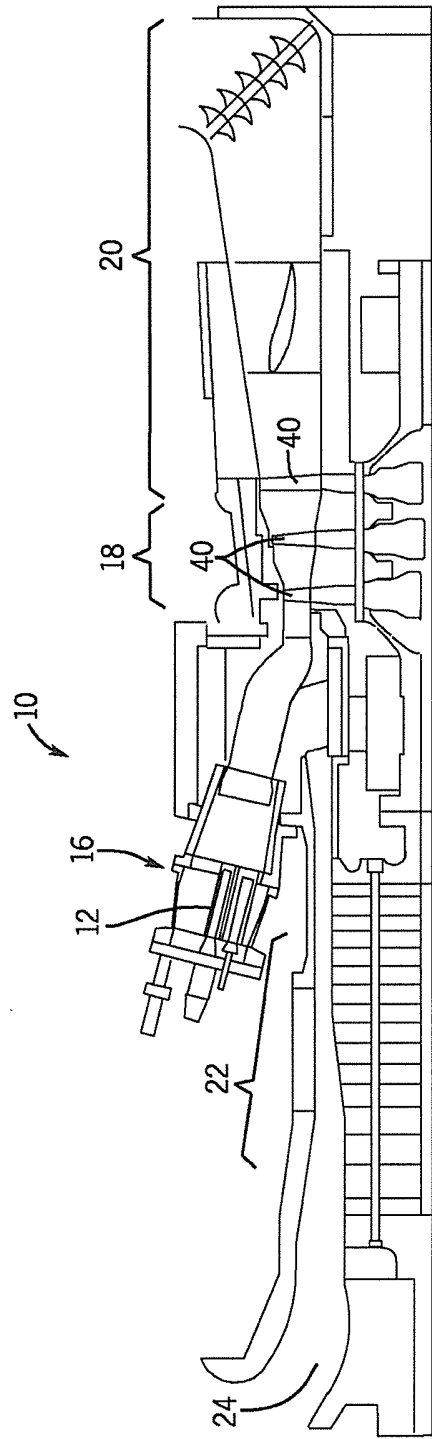


FIG. 2

