



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 709 650 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: 00756/15

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

(22) Anmeldedatum: 27.05.2015

(72) Erfinder:
Xiuzhang James Zhang, Greenville, SC 29615 (US)
James William Vehr, Greenville, SC 29615 (US)
Haiping Wang, Greenville, SC 29615 (US)

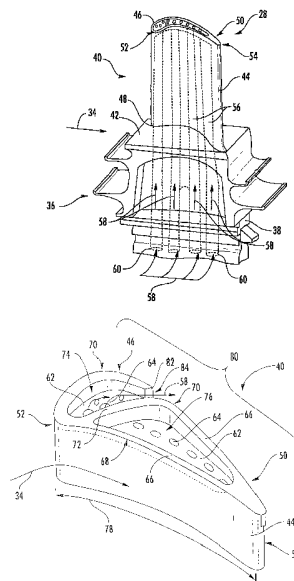
(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.11.2015

(30) Priorität: 29.05.2014 US 14/289,908

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

(54) Rotorblatt mit Kühldurchgängen.

(57) Ein Rotorblatt (20) umfasst ein Strömungsprofil (40). Das Strömungsprofil (40) umfasst Druck- und Saugseitenwände (44, 46), die sich radial auswärts von einer Plattform (42) in der Spanne von einer Wurzel (48) zu einer Spitze (50) und zwischen einer Vorderkante (52) und einer Hinterkante (54) erstrecken. Die Spitze (50) umfasst einen Spitzenboden (62), mehrere Kühlmittelauslässe (64) und eine Spitzenschiene (66) mit einem Druckseiten- und einem Saugseitenabschnitt (68, 70), die sich radial auswärts von dem Spitzenboden (62) erstrecken. Kühldurchgänge (56) sind innerhalb des Strömungsprofils (40) umgrenzt und stehen mit einem oder mehreren der Kühlmittelauslässe (64) in Strömungsverbindung. Ein Leitblech (72) erstreckt sich radial auswärts von dem, und quer über den, Spitzenboden (62) des Druckseitenabschnitts (68) zu dem Saugseitenabschnitt (70), um erste und zweite Spitzentaschen (74, 76) zu definieren. Ein Schlitz (82) ist entlang des Saugseitenabschnitts (70) der Spitzenschiene (66) angeordnet, um eine Strömungsverbindung aus den ersten oder zweiten Spitzentaschen (74, 76) bereitzustellen, wodurch der Druck innerhalb der entsprechenden Spitzentasche (74, 76) reduziert wird.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Rotorblatt für eine Turbine. Insbesondere diese betrifft Erfindung ein Rotorblatt mit einer Spitze, die dafür ausgebildet ist, eine Kühlmittelströmung durch das Rotorblatt zu optimieren.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] In einer Luft ansaugenden Turbomaschine (zum Beispiel einer Gasturbine) wird Luft durch einen Verdichter unter Druck gesetzt und dann mit Brennstoff vermischt und innerhalb einer ringförmigen Gruppierung von Brennkammern entzündet, um heisse Verbrennungsgase zu erzeugen. Die heissen Gase strömen von jeder Brennkammer durch ein Übergangsstück, um entlang eines ringförmigen Heissgaspfades zu strömen. Turbinenstufen sind in der Regel entlang des Heissgaspfades dergestalt angeordnet, dass die heissen Gase über Erststufendüsen und Rotorblätter und über die Düsen und Rotorblätter anschliessender Turbinenstufen strömen. Die Rotorblätter können an mehreren Rotorscheiben befestigt werden, die mit einer Turbinenrotorwelle gekoppelt sind, wobei jede Rotorscheibe an der Rotorwelle montiert ist.

[0003] Ein Rotorblatt umfasst allgemein ein Strömungsprofil, das sich radial auswärts von einer im Wesentlichen planaren Plattform erstreckt, und einen Montageabschnitt, der sich radial einwärts von der Plattform erstreckt, zum Befestigen des Rotorblattes an einer der Rotorscheiben. Eine Spitze des Strömungsprofils ist in der Regel radial einwärts von einer ortsfesten Hülle oder Abdichtung der Turbine dergestalt beabstandet, dass eine kleine lichte Lücke zwischen der Spitze und der Hülle definiert wird. Mehrere Kühldurchgänge sind innerhalb des Strömungsprofils definiert, um ein Kühlmittel, wie zum Beispiel verdichtete Luft, durch das Strömungsprofil zu leiten. In bestimmten Konfigurationen sind mehrere Kühlmittelauslässe entlang der Spitze definiert, um das Kühlmittel aus den Kühldurchgängen an der Spitze herauszuführen.

[0004] Der Kühlmittelström durch die Kühldurchgänge wird in erster Linie durch eine Druckdifferenz angetrieben, die zwischen einem Zufuhrdruck des Kühlmittels und einem statischen Druck definiert wird, der in der Regel an der Spitze des Strömungsprofils bei den, oder knapp stromabwärts von den, Kühlmittelauslässen definiert wird. Wenn der Zufuhrdruck zu gering ist, zum Beispiel aufgrund der aerodynamischen Beladungsoptimierung, einer Verringerung der Betriebsdrehzahl und/oder einer Änderung der Turbinenlastanforderungen, so wird ein niedrigerer oder verringerter statischer Druck benötigt, um dem Kühlströmungsbedarf gerecht zu werden. Daher wäre eine verbesserte Gestaltung der Rotorblattspitze von Nutzen, die einen niedrigeren oder verringerten statischen Druck an der Spitze erzeugt, um die Kühlmittelströmung durch das Strömungsprofil zu verstärken oder zu optimieren.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0005] Aspekte und Vorteile der Erfindung werden nachstehend in der folgenden Beschreibung dargelegt oder können aus der Beschreibung ersichtlich werden oder können bei der Praktizierung der Erfindung in Erfahrung gebracht werden.

[0006] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Rotorblatt, das ein Strömungsprofil aufweist. Das Strömungsprofil umfasst Druck- und Saugseitenwände, die sich radial auswärts von einer Plattform in der Spanne von einer Wurzel bis zu einer Spitze und in der Sehne zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante erstrecken. Die Spitze umfasst einen Spitzenboden und mehrere Kühlmittelauslässe, die entlang des Spitzenbodens angeordnet sind. Die Spitze umfasst des Weiteren eine Spitzenschiene, die sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt. Die Spitzenschiene hat einen Druckseitenabschnitt und einen Saugseitenabschnitt, die an der Vorderkante und der Hinterkante miteinander verbunden sind. Mehrere Kühldurchgänge sind innerhalb des Strömungsprofils umgrenzt, um ein Kühlmittel dort hindurch zu leiten. Jeder oder mindestens einige der Kühldurchgänge stehen mit einem oder mehreren der Kühlmittelauslässe in Strömungsverbindung. Ein Leitblech erstreckt sich radial auswärts von dem, und quer über den, Spitzenboden von dem Druckseitenabschnitt zu dem Saugseitenabschnitt, um eine erste Spitzentasche und eine zweite Spitzentasche zu definieren. Ein Schlitz ist entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet und bildet eine Strömungsverbindung aus einer der ersten oder zweiten Spitzentaschen.

[0007] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass sich der Schlitz radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt.

[0008] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass mindestens einer der Kühlmittelauslässe entlang des Spitzenbodens innerhalb der ersten Spitzentasche angeordnet ist.

[0009] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass mindestens einer der Kühlmittelauslässe entlang des Spitzenbodens innerhalb der zweiten Spitzentasche angeordnet ist.

[0010] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das Rotorblatt des Weiteren eine Öffnung umfasst, die in dem Leitblech ausgebildet ist, wobei die Öffnung eine Strömungsverbindung zwischen der ersten Spitzentasche und der zweiten Spitzentasche herstellt.

[0011] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das Leitblech dafür ausgebildet ist, es einem Teil des Kühlmittels zu ermöglichen, über einen oberen Abschnitt des Leitblechs in eine benachbarte Spitzentasche zu strömen.

[0012] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das Rotorblatt des Weiteren ein sekundäres Leitblech umfasst, das sich radial auswärts von dem, und über den, Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt erstreckt, um eine dritte Spitzentasche zu definieren.

[0013] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das Rotorblatt des Weiteren einen Schlitz umfasst, der entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet ist, wobei der Schlitz eine Strömungsverbindung aus der dritten Spitzentasche heraus erlaubt.

[0014] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein System zum Verstärken der Kühlmittelströmung durch ein Rotorblatt. Das System umfasst eine Kühlmittelquelle zum Zuführen eines unter Druck stehenden Kühlmittels zu einem Kühldurchgangseinlass, der entlang des Rotorblattes ausgebildet ist. Das Rotorblatt umfasst einen Montageabschnitt, der einen Montagekörper umfasst. Der Montagekörper kann mit einer Rotorwelle verbunden sein. Mindestens einer der Kühldurchgangseinlässe wird durch den Montagekörper gebildet. Ein Strömungsprofil erstreckt sich radial auswärts von dem Montageabschnitt und umfasst Druck- und Saugseitenwände, die sich radial auswärts von einer Plattform in der Spanne von einer Wurzel zu einer Spitze und in der Sehne zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante erstrecken. Die Spitze umfasst einen Spitzenboden und mehrere Kühlmittelauslässe, die entlang des Spitzenbodens angeordnet sind. Die Spitze umfasst des Weiteren eine Spitzenschiene, die sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt. Die Spitzenschiene umfasst einen Druckseitenabschnitt und einen Saugseitenabschnitt, die an der Vorderkante und der Hinterkante miteinander verbunden sind. Mehrere Kühldurchgänge sind innerhalb des Strömungsprofils umgrenzt, um ein Kühlmittel dort hindurch zu leiten. Jeder Kühldurchgang steht mit einem oder mehreren der Kühlmittelinlässe in Strömungsverbindung. Ein Leitblech erstreckt sich radial auswärts von dem, und quer über den, Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt, um eine erste Spitzentasche und eine zweite Spitzentasche zu definieren. Ein Schlitz ist entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet und sorgt für eine Strömungsverbindung aus der ersten oder der zweiten Spitzentasche.

[0015] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass sich der Schlitz radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt.

[0016] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass mindestens ein Kühlmittelauslass entlang des Spitzenbodens innerhalb der ersten Spitzentasche angeordnet ist und mindestens ein Kühlmittelauslass entlang des Spitzenbodens innerhalb der zweiten Spitzentasche angeordnet ist, und des Weiteren eine Kühlmittelöffnung umfasst, die in dem Leitblech ausgebildet ist, wobei die Kühlmittelöffnung eine Strömungsverbindung zwischen der ersten Spitzentasche und der zweiten Spitzentasche herstellt.

[0017] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das Leitblech dafür ausgebildet ist, es einem Teil des Kühlmittels zu ermöglichen, über einen oberen Abschnitt des Leitblechs in eine benachbarte Spitzentasche zu strömen.

[0018] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das System des Weiteren ein sekundäres Leitblech umfasst, das sich radial auswärts von dem, und über den, Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt erstreckt, um eine dritte Spitzentasche zu definieren.

[0019] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das System des Weiteren einen sekundären Schlitz umfasst, der entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet ist, wobei der sekundäre Schlitz eine Strömungsverbindung aus der dritten Spitzentasche heraus erlaubt.

[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Gasturbine. Die Gasturbine umfasst einen Verdichter, eine Brennkammer, der stromabwärts des Verdichters angeordnet ist, und eine Turbine, die stromabwärts der Brennkammer angeordnet ist. Die Turbine umfasst eine Rotorwelle, die sich axial durch die Turbine erstreckt. Ein Ausengehäuse umgibt umfänglich die Rotorwelle, um dazwischen einen Heissgaspfad zu definieren. Mehrere Rotorblätter sind mit der Rotorwelle verbunden, die zusammen eine Stufe von Rotorblättern definieren. Jedes Rotorblatt umfasst einen Montageabschnitt, der einen Montagekörper umfasst. Der Montagekörper kann mit einer Rotorwelle verbunden sein, und mindestens einer der Kühldurchgangseinlässe ist in dem Montagekörper ausgebildet. Das Rotorblatt umfasst des Weiteren ein Strömungsprofil, das mit dem Montageabschnitt gekoppelt ist und das Druck- und Saugseitenwände umfasst, die sich radial auswärts von einer Plattform in der Spanne von einer Wurzel zu einer Spitze und in der Sehne zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante erstrecken. Die Spitze umfasst einen Spitzenboden und mehrere Kühlmittelauslässe, die entlang des Spitzenbodens angeordnet sind. Die Spitze umfasst des Weiteren eine Spitzenschiene, die sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt. Die Spitzenschiene umfasst einen Druckseitenabschnitt und einen Saugseitenabschnitt, die an der Vorderkante und der Hinterkante miteinander verbunden sind. Mehrere Kühldurchgänge sind innerhalb des Strömungsprofils umgrenzt, um ein Kühlmittel durch das Strömungsprofil zu leiten. Jeder Kühldurchgang steht mit einem oder mehreren der Kühlmittelinlässe in Strömungsverbindung. Ein Leitblech erstreckt sich radial auswärts von dem, und quer über den, Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt, um eine erste Spitzentasche und eine zweite Spitzentasche zu definieren. Mindestens ein Kühlmittelauslass ist entlang des Spitzenbodens innerhalb der ersten Spitzentasche angeordnet, und mindestens ein Kühlmittelauslass ist entlang des Spitzenbodens innerhalb der zweiten Spitzentasche angeordnet. Ein Schlitz ist entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet und sorgt für eine Strömungsverbindung aus der ersten oder der zweiten Spitzentasche.

[0021] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass sich der Schlitz radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt.

[0022] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass die Gasturbine des Weiteren einen Schlitz umfasst, der in dem Leitblech ausgebildet ist, wobei der Schlitz eine Strömungsverbindung zwischen der ersten Spitzentasche und der zweiten Spitzentasche herstellt.

[0023] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass das Leitblech so bemessen ist, dass es einem Teil des Kühlmittels ermöglicht wird, über einen oberen Abschnitt des Leitblechs in eine benachbarte Spitzentasche zu strömen.

[0024] In jeder oben angesprochenen Ausführungsform kann es von Vorteil sein, dass die Gasturbine des Weiteren ein sekundäres Leitblech umfasst, das sich radial auswärts von dem, und über den, Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt erstreckt, um eine dritte Spitzentasche zu definieren, wobei ein sekundärer Schlitz entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet ist, wobei der sekundäre Schlitz eine Strömungsverbindung aus der dritten Spitzentasche heraus erlaubt.

[0025] Der Durchschnittsfachmann weiss die Merkmale und Aspekte solcher Ausführungsformen (sowie weitere Merkmale und Aspekte) anhand des Studiums der Spezifikation besser zu würdigen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0026] Eine vollständige und ihre Praktizierung ermöglichende Offenbarung der vorliegenden Erfindung, einschliesslich der besten Art ihrer Realisierung, für den Fachmann wird im restlichen Teil der Spezifikation unter Bezug auf die beiliegenden Figuren ausführlicher dargelegt. In diesen Figuren ist Folgendes zu sehen:

- Fig. 1 veranschaulicht ein Funktionsschaubild einer beispielhaften Gasturbine, die mindestens eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen kann;
- Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften Rotorblattes, die verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung umfassen kann;
- Fig. 3 ist eine vergrösserte perspektivische Ansicht einer Spitze eines beispielhaften Rotorblattes gemäss mindestens einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 4 ist eine vergrösserte Draufsicht der beispielhaften Rotorblattspitze, wie in Fig. 3 gezeigt;
- Fig. 5 ist eine vergrösserte perspektivische Ansicht eines beispielhaften Rotorblattes gemäss mindestens einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 ist eine vergrösserte perspektivische Ansicht eines beispielhaften Rotorblattes gemäss mindestens einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 7 ist eine vergrösserte perspektivische Ansicht eines beispielhaften Rotorblattes gemäss mindestens einer Ausführungsform der Erfindung; und
- Fig. 8 ist eine vergrösserte perspektivische Ansicht eines beispielhaften Rotorblattes gemäss mindestens einer Ausführungsform der Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0027] Wir gehen nun im Detail auf vorliegende Ausführungsformen der Erfindung ein, von denen ein oder mehrere Beispiele in den beiliegenden Zeichnungen veranschaulicht sind. Die detaillierte Beschreibung verwendet Zahlen und Buchstaben zum Bezeichnen der Merkmale in den Zeichnungen. Gleiche oder ähnliche Bezeichnungen in den Zeichnungen und in der Beschreibung wurden zum Bezeichnen gleicher oder ähnlicher Teile der Erfindung verwendet. Im Sinne des vorliegenden Textes können die Begriffe «erster», «zweiter» und «dritter» austauschbar verwendet werden, um eine Komponente von einer anderen zu unterscheiden, und sollen weder Position noch Wichtigkeit der einzelnen Komponenten bezeichnen. Darüber hinaus beziehen sich die Begriffe «stromaufwärts» und «stromabwärts» auf die relative Position von Komponenten in einem Fluidströmungsweg. Zum Beispiel meint «stromaufwärts» die Richtung, aus der das Fluid strömt, und «stromabwärts» meint die Richtung, in die das Fluid strömt. Der Begriff «radial» meint die relative Richtung, die im Wesentlichen senkrecht zu einer axialen Mittellinie einer bestimmten Komponente verläuft, und der Begriff «axial» meint die relative Richtung, die im Wesentlichen parallel und/oder koaxial auf eine axiale Mittellinie einer bestimmten Komponente ausgerichtet ist.

[0028] Jedes Beispiel dient lediglich der Erläuterung der Erfindung und nicht ihrer Einschränkung. Dem Fachmann ist klar, dass Modifizierungen und Variationen an der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden können, ohne von ihrem Schutzzumfang oder Wesen abzuweichen. Zum Beispiel können Merkmale, die als Teil einer Ausführungsform veranschau-

licht oder beschrieben sind, in einer anderen Ausführungsform verwendet werden, um eine weitere Ausführungsform zu erhalten. Somit ist es beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung alle Modifizierungen und Variationen erfasst, die in den Schutzzumfang der beiliegenden Ansprüche und ihrer Äquivalente fallen. Obgleich eine industrielle oder landgestützte Gasturbine im vorliegenden Text beschrieben und gezeigt ist, ist die vorliegende Erfindung, wie im vorliegenden Text gezeigt und beschrieben, nicht auf eine landgestützte und/oder industrielle Gasturbine beschränkt, sofern in den Ansprüchen nicht etwas anderes ausgesagt wird. Zum Beispiel kann die Erfindung, wie im vorliegenden Text beschrieben, in jeder Art von Turbine verwendet werden, einschliesslich beispielsweise einer Dampfturbine, eine Fluggasturbine oder eine Schiffsgasturbine.

[0029] Wir wenden uns nun den Zeichnungen zu. Fig. 1 veranschaulicht ein Schaubild einer Ausführungsform einer Gasturbine 10. Die Gasturbine 10 umfasst allgemein eine Einlassektion 12, eine Verdichtersektion 14, die stromabwärts der Einlassektion 12 angeordnet ist, mehrere (nicht gezeigte) Brennkammern innerhalb einer Brennkammersektion 16, die stromabwärts der Verdichtersektion 14 angeordnet ist, eine Turbinensektion 18, die stromabwärts der Brennkammersektion 16 angeordnet ist, und eine Auslassektion 20, die stromabwärts der Turbinensektion 18 angeordnet ist. Ausserdem kann die Gasturbine 10 eine oder mehrere Wellen 22 umfassen, die zwischen der Verdichtersektion 14 und der Turbinensektion 18 gekoppelt sind.

[0030] Die Turbinensektion 18 kann allgemein eine Rotorwelle 24 mit mehreren Rotorscheiben 26 (von denen eine gezeigt ist) und mehrere Rotorblätter 28 umfassen, die sich radial auswärts von jeder Rotorscheibe 26 erstrecken und mit jeder von ihnen verbunden sind. Jede Rotorscheibe 26 wiederum kann mit einem Abschnitt der Rotorwelle 24 gekoppelt sein, der sich durch die Turbinensektion 18 erstreckt. Die Turbinensektion 18 umfasst des Weiteren ein Aussengehäuse 30, das die Rotorwelle 24 und die Rotorblätter 28 umfänglich umgibt, wodurch mindestens teilweise ein Heissgaspfad 32 durch die Turbinensektion 18 hindurch definiert wird.

[0031] Während des Betriebes strömt ein Arbeitsfluid wie zum Beispiel Luft durch die Einlassektion 12 und in die Verdichtersektion 14, wo die Luft allmählich verdichtet wird, wodurch Druckluft zu den Brennkammern der Verbrennungssektion 16 geleitet wird. Die Druckluft wird mit Brennstoff vermischt und innerhalb jeder Brennkammer verbrannt, um heisse Verbrennungsgase 34 zu erzeugen. Die heissen Verbrennungsgase 34 strömen durch den Heissgaspfad 32 der Brennkammersektion 16 zu der Turbinensektion 18, wobei (kinetische und/oder thermische) Energie von den heissen Gasen 34 zu den Rotorblättern 28 übertragen wird, so dass die Rotorwelle 24 in Drehung versetzt wird. Die mechanische Rotationsenergie kann dann dafür verwendet werden, die Verdichtersektion 14 anzutreiben und Elektrizität zu erzeugen. Die heissen Verbrennungsgase 34, die die Turbinensektion 18 verlassen, können dann aus der Gasturbine 10 über die Auslassektion 20 abgelassen werden.

[0032] Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften Rotorblattes 28, das eine oder mehrere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfassen kann. Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst das Rotorblatt 28 allgemein einen Montage- oder Schaftabschnitt 36 mit einem Montagekörper 38 und einem Strömungsprofil 40, das sich im Wesentlichen radial auswärts von einer im Wesentlichen planaren Plattform 42 erstreckt. Die Plattform 42 dient allgemein als die radial einwärtige Grenze für die heissen Verbrennungsgase 34, die durch den Heissgaspfad 32 der Turbinensektion 18 strömen (Fig. 1). Wie in Fig. 2 gezeigt, kann sich der Montagekörper 38 des Montage- oder Schaftabschnitts 36 radial einwärts von der Plattform 42 erstrecken und kann eine Wurzelstruktur, wie zum Beispiel einen Schwalbenschwanz, umfassen, die dafür ausgebildet ist, das Rotorblatt 28 mit der Rotorscheibe 26 zu verbinden oder daran zu befestigen (Fig. 1).

[0033] Das Strömungsprofil 40 umfasst eine Druckseitenwand 44 und eine gegenüberliegende Saugseitenwand 46. Die Druckseitenwand 44 und die Saugseitenwand 46 erstrecken sich im Wesentlichen radial auswärts von der Plattform 42 in der Spanne von einer Wurzel 48 des Strömungsprofils 40, die an einer Kreuzung zwischen dem Strömungsprofil 40 und der Plattform 42 und einer Spitze 50 des Strömungsprofils 40 definiert sein kann. Die Druckseitenwand 44 und die Saugseitenwand 46 erstrecken sich in der Sehne zwischen einer Vorderkante 52 und einer Hinterkante 54 des Strömungsprofils 40. Die Druckseitenwand 44 umfasst allgemein eine aerodynamische, konkave Aussenfläche des Strömungsprofils 40. Gleichermassen kann die Saugseitenwand 46 allgemein eine aerodynamische, konvexe Aussenfläche des Strömungsprofils 40 definieren. Die Spitze 50 ist radial gegenüber der Wurzel angeordnet. Daher kann die Spitze 50 allgemein den radial äussersten Abschnitt des Rotorblattes 28 definieren und kann auf diese Weise dafür ausgebildet sein, neben einer ortsfesten Hülle oder Abdichtung (nicht gezeigt) der Gasturbine 10 positioniert zu werden.

[0034] Wie in Fig. 2 gezeigt, sind mehrere Kühldurchgänge 56 (in Strichlinien in Fig. 2 gezeigt) innerhalb des Strömungsprofils 40 umgrenzt, um ein Kühlmittel 58 durch das Strömungsprofil 40 zwischen der Druckseitenwand 44 und der Saugseitenwand 46 zu leiten, so dass diese konvektionsgekühlt werden. Das Kühlmittel 58 kann einen Teil der verdichteten Luft von der Verdichtersektion 14 (Fig. 1) und/ oder Dampf oder ein sonstiges geeignetes Fluid oder Gas zum Kühlen des Strömungsprofils 40 enthalten. Ein oder mehrere Kühldurchgangseinlässe 60 sind entlang des Rotorblattes 28 angeordnet. In einer Ausführungsform werden ein oder mehrere Kühldurchgangseinlässe 60 innerhalb des Montagekörpers 38, entlang des Montagekörpers 38 oder durch den Montagekörper 38 gebildet. Die Kühldurchgangseinlässe 60 stehen mit mindestens einem entsprechenden Kühldurchgang 56 in Strömungsverbindung.

[0035] Fig. 3 ist eine vergrösserte perspektivische Ansicht der Spitze 50 des Strömungsprofils 40, wie in Fig. 2 gezeigt, gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 4 ist eine vergrösserte Draufsicht der Spitze 50 des Strömungsprofils 40, wie in den FIGUREN 2 und 3 gezeigt. Wie in den FIGUREN 3 und 4 gezeigt, umfasst die Spitze

50 einen Spitzenboden 62. Der Spitzenboden 62 erstreckt sich allgemein zwischen den Druck- und Saugseitenwänden 44, 46 und den Vorder- und Hinterkanten 52, 54 des Strömungsprofils 40. Mehrere Kühlmittelauslässe 64 sind entlang des Spitzenbodens 62 angeordnet. Jeder Kühldurchgang 56 (Fig. 2) steht mit mindestens einem der Kühlmittelauslässe 64 in Strömungsverbindung.

[0036] Wie in Fig. 3 gezeigt, erstreckt sich eine Spitzenschiene 66 radial auswärts von dem Spitzenboden 64. Die Spitzenschiene 66 umfasst einen Druckseitenabschnitt 68 und einen Saugseitenabschnitt 70. Der Druckseitenabschnitt 68 erstreckt sich entlang eines Umfangsrandes des Spitzenbodens 62 und entspricht im Profil allgemein der Druckseitenwand 44. Der Saugseitenabschnitt 70 erstreckt sich entlang des Umfangsrandes des Spitzenbodens 62 und entspricht im Profil allgemein Profil der Saugseitenwand 46. Der Druckseitenabschnitt 68 und der Saugseitenabschnitt 70 sind an der Vorderkante 52 und an und/oder nahe der Hinterkante 54 verbunden und/oder schneiden sich dort.

[0037] In einer Ausführungsform, wie in den FIGUREN 3 und 4 gezeigt, erstreckt sich ein Leitblech 72 radial auswärts von dem Spitzenboden 62. Das Leitblech 72 erstreckt sich über dem Spitzenboden 62 von der Druckseite zu den Saugseitenabschnitten 68, 70 der Spitzenschiene 66. In einer Ausführungsform definieren das Leitblech 72, die Spitzenschiene 66 und der Spitzenboden 62 eine erste Spitzentasche 74 und eine zweite Spitzentasche 76 entlang der Spitze 50 des Strömungsprofils 40. Die erste Spitzentasche 74 ist allgemein neben und/oder nahe der Vorderkante 52 des Strömungsprofils 40 definiert. Die zweite Spitzentasche 76 erstreckt sich allgemein von dem Leitblech 72 in Richtung der Hinterkante 54 des Strömungsprofils 40. In verschiedenen Ausführungsformen ist mindestens ein Abschnitt der Kühlmittelauslässe 64 entlang des Spitzenbodens 62 innerhalb der ersten Spitzentasche 74 ausgebildet, und mindestens ein Abschnitt der Kühlmittelauslässe 64 ist entlang des Spitzenbodens 62 innerhalb der zweiten Spitzentasche 76 ausgebildet.

[0038] Während des Betriebes werden die heissen Gase 34 auf die Druckseitenwand 44 des Strömungsprofils 40 gerichtet, wodurch eine Hochdruckregion 78 entlang der Druckseitenwand 44 jedes Rotorblattes 28 entsteht. Wenn die Rotorblätter 28 sich drehen und/oder ein Teil der heissen Gase 34 über die Spitze 50 entweicht, so entsteht eine Region 80 mit verringertem oder Niedrigdruck (mit Bezug auf die Hochdruckregion) entlang der Saugseitenwand 46. In der Regel wird das Kühlmittel 58 von einer Kühlmittelquelle, wie zum Beispiel der Verdichtersektion 14 (Fig. 1), zu den Kühldurchgängen 56 durch die Kühlmitteldurchgangseinlässe 60 mit verschiedenen Zufuhrdrücken zugeführt, die sich allgemein auf die verschiedenen Betriebsmodi der Gasturbine 10 beziehen. Der Kühlmittelstrom 58 durch die Kühldurchgänge 56 und aus den Kühlmittelauslässen 64 an der Spitze 50 wird in erster Linie durch eine Druckdifferenz angetrieben, die zwischen dem Zufuhrdruck an den Kühlmitteldurchgangseinlässen 60 und einem statischen Druck definiert, der in der Regel an der Spitze 50 des Strömungsprofils 40 definiert wird, insbesondere innerhalb der Spitzentaschen 74, 76. Wenn der Zufuhrdruck zu gering ist, zum Beispiel aufgrund der aerodynamischen Beladungsoptimierung, einer Verringerung der Betriebsdrehzahl und einer Änderung der Turbinenlastanforderungen, so wird ein niedrigerer statischer Druck benötigt, um dem Kühlströmungsbedarf gerecht zu werden.

[0039] In verschiedenen Ausführungsformen, wie in den FIGUREN 3 und 4 gezeigt, ist ein Schlitz oder eine Öffnung 82 entlang des Saugseitenabschnitts 70 der Spitzenschiene 66 ausgebildet. In einer Ausführungsform ist der Schlitz 82 entlang des Saugseitenabschnitts 70 der Spitzenschiene 66 ausgebildet, um einen Kühlmittelströmungspfad 84 zu definieren, der ein Strömen des Kühlmittels 58 von der ersten Spitzentasche 74 in die Region 80 mit verringertem oder Niedrigdruck ermöglicht, wodurch der statische Druck innerhalb der ersten Spitzentasche 74 verringert wird, wodurch die Kühlmittelströmung durch das Strömungsprofil 40, insbesondere nahe der Vorderkante 52, verstärkt oder optimiert wird.

[0040] Die FIGUREN 5, 6, 7 und 8 sind vergrösserte perspektivische Ansichten der Spitze 50 des Strömungsprofils 40 gemäss verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0041] In einer Ausführungsform, wie in Fig. 5 gezeigt, kann ein Schlitz oder eine Öffnung 86 entlang des Saugseitenabschnitts 70 der Spitzenschiene 66 definiert sein, um einen Kühlmittelströmungspfad 88 zu definieren, der ein Strömen des Kühlmittels 58 von der zweiten Spitzentasche 76 in die Region 80 mit verringertem oder Niedrigdruck ermöglicht, wodurch der statische Druck innerhalb der zweiten Spitzentasche 76 verringert wird, wodurch die Kühlmittelströmung durch das Strömungsprofil 40, insbesondere nahe einem mittleren Abschnitt und/oder der Hinterkante 54 des Strömungsprofils 40, verstärkt oder optimiert wird.

[0042] In einer Ausführungsform, wie in Fig. 6 gezeigt, kann die Spitze 50 einen Schlitz 82 umfassen, der einen ersten Schlitz definiert, und kann einen Schlitz 86 umfassen, der einen zweiten Schlitz 88 definiert, wobei beide Schlitz 82, 86 entlang des Saugseitenabschnitts 70 der Spitzenschiene 66 definiert sind, um Kühlmittelströmungspfade 84, 88 zu definieren, die eine Strömung des Kühlmittels 58 von den ersten bzw. zweiten Spitzentaschen 74, 76 in die Region 80 mit verringertem oder Niedrigdruck ermöglichen, wodurch der statische Druck innerhalb der ersten und der zweiten Spitzentaschen 74, 76 verringert wird, wodurch eine Kühlmittelströmung durch das Strömungsprofil 40, nahe der Vorderkante 52, einem mittleren Abschnitt und/oder der Hinterkante 54 des Strömungsprofils 40, verstärkt oder optimiert wird.

[0043] In einer Ausführungsform, wie in Fig. 7 gezeigt, kann die Spitze 50 ein sekundäres Leitblech 90 umfassen, das sich radial auswärts von dem Spitzenboden 62 und von der Druckseite zu den Saugseitenabschnitten 68, 70 der Spitzenschiene 66 erstreckt, wodurch eine dritte Spitzentasche 92 definiert wird. Ein Schlitz 94 kann entlang des Saugseitenabschnitts 70 der Spitzenschiene 66 definiert sein, um einen Kühlmittelströmungspfad 96 zu definieren, der eine Strömung des Kühlmittels 58 von der dritten Spitzentasche 92 in die Region 80 mit verringertem oder Niedrigdruck ermöglicht, wodurch

der statische Druck innerhalb der dritten Spitzentasche 92 reduziert wird, wodurch eine Kühlmittelströmung durch das Strömungsprofil 40, nahe der Hinterkante 54 des Strömungsprofils 40, verstärkt oder optimiert wird.

[0044] In einer Ausführungsform, wie in Fig. 8 gezeigt, ist das Leitblech 72 dafür ausgebildet, es mindestens einem Abschnitt des Kühlmittels 58 zu erlauben, zwischen den ersten und zweiten Spitzentaschen 74, 76 zu strömen. Zum Beispiel kann ein Schlitz oder eine Öffnung 96 entlang des Leitblechs 72 ausgebildet sein, wodurch ein Strompfad 98 dazwischen definiert wird. Zusätzlich oder alternativ kann das Leitblech 72 vom Spitzenboden 62 aus dergestalt bemessen sein, dass mindestens ein Teil des Kühlmittels 58, das in die erste Spitzentasche 74 strömt, über einen oberen Abschnitt 98 des Leitblechs 72 strömen kann, wodurch der statische Druck in der ersten Spitzentasche 74 reduziert wird, wodurch eine Kühlmittelströmung durch das Strömungsprofil 40, nahe der Vorderkante 52 des Strömungsprofils 40, verstärkt oder optimiert wird.

[0045] Wie im vorliegenden Text beschrieben und veranschaulicht, stellt die vorliegende Erfindung eine Reihe technischer Vorteile gegenüber existierenden Rotorblattspitzentechnologien bereit. Zum Beispiel stellt die vorliegende Erfindung geringere statische Drücke für verschiedene Kühlströmungen bereit, insbesondere für Strömungen entlang der Vorderkante des Strömungsprofils des Rotorblattes. Die geringeren statischen Drücke werden erreicht, indem die Spitze in separate Spitzentaschen oder -regionen trennt wird und die verschiedenen Spitzentaschen mit verschiedenen Druckzonen verbunden werden. Der verringerte statische Druck an der Spitze kann den erforderlichen Kühlmittelzufuhrdruck an den Kühldurchgangeinlässen reduzieren, wodurch eine verbesserte Gesamtturbinenleistung erreicht wird.

[0046] Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zum Offenbaren der Erfindung, einschliesslich des besten Modus, und ausserdem, um es dem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung zu praktizieren, einschliesslich des Herstellens und Verwendens jeglicher Vorrichtungen oder Systeme und des Ausführens der hier umfassten Verfahren. Der patentierbare Schutzzumfang der Erfindung wird durch die Ansprüche definiert und kann andere Beispiele umfassen, die dem Fachmann einfallen. Es ist beabsichtigt, dass solche anderen Beispiele in den Schutzzumfang der Ansprüche fallen, wenn sie strukturelle Elemente haben, die sich nicht von der wörtlichen Formulierung der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie vergleichbare strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden von den wörtlichen Formulierungen der Ansprüche umfassen.

[0047] Ein Rotorblatt umfasst ein Strömungsprofil. Das Strömungsprofil umfasst Druck- und Saugseitenwände, die sich radial auswärts von einer Plattform in der Spanne von einer Wurzel zu einer Spitze und zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante erstrecken. Die Spitze umfasst einen Spitzenboden, mehrere Kühlmittelauslässe und eine Spitzenschiene mit einem Druckseiten- und einem Saugseitenabschnitt, die sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstrecken. Kühldurchgänge sind innerhalb des Strömungsprofils umgrenzt und stehen mit einem oder mehreren der Kühlmittelauslässe in Strömungsverbindung. Ein Leitblech erstreckt sich radial auswärts von dem, und quer über den, Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt, um erste und zweite Spitzentaschen zu definieren. Ein Schlitz ist entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet, um eine Strömungsverbindung aus den ersten oder zweiten Spitzentaschen bereitzustellen, wodurch der Druck innerhalb der entsprechenden Spitzentasche reduziert wird.

Bezugszeichenliste

[0048]

Bezugszeichen	Komponente
10	Gasturbine
12	Einlasssektion
14	Verdichtersektion
16	Verbrennungssektion
18	Turbinensektion
20	Auslasssektion
22	Welle
24	Rotorwelle
26	Rotorscheiben
28	Rotorblatt
30	Aussengehäuse
32	Heissgaspfad

CH 709 650 A2

Bezugseichen	Komponente
34	Heisses Gas
36	Montage-/Schaftabschnitt
38	Montagekörper
40	Strömungsprofil
42	Plattform
44	Druckseitenwand
46	Saugseitenwand
48	Wurzel
50	Spitze
52	Vorderkante
54	Hinterkante
56	Kühldurchgang
58	Kühlmittel
60	Kühldurchgangseinlass
62	Spitzenboden
64	Kühlmittelauslass
66	Spitzenschiene
68	Druckseitenabschnitt
70	Saugseitenabschnitt
72	Leitblech
74	Erste Spitzentasche
76	Zweite Spitzentasche
78	Hochdruckregion
80	Niederdruckregion
82	Schlitz
84	Kühlmittelströmungspfad
86	Schlitz
88	Kühlmittelströmungspfad
90	Sekundäres Leitblech
92	Schlitz
94	Kühlmittelströmungspfad
96	Schlitz/Öffnung
98	Oberer Abschnitt

Patentansprüche

1. Rotorblatt, aufweisend:
 - ein Strömungsprofil, das Druck- und Saugseitenwände aufweist, die sich radial auswärts von einer Plattform in der Spanne von einer Wurzel zu einer Spitze und in der Sehne zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante erstrecken, wobei die Spitze einen Spitzenboden und mehrere Kühlmittelauslässe aufweist, die entlang des Spitzenbodens angeordnet sind, wobei die Spitze des Weiteren eine Spitzenschiene aufweist, die sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt, wobei die Spitzenschiene einen Druckseitenabschnitt und einen Saugseitenabschnitt aufweist, die an der Vorderkante und der Hinterkante miteinander verbunden sind;
 - mehrere Kühldurchgänge, die innerhalb des Strömungsprofils umgrenzt sind, um ein Kühlmittel dort hindurch zu leiten, wobei jeder der Kühldurchgänge in Strömungsverbindung mit einem oder mehreren der Kühlmittelauslässe steht;
 - ein Leitblech, das sich radial auswärts von dem und über den Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt erstreckt, um eine erste Spitzentasche und eine zweite Spitzentasche zu bilden; und
 - einen Schlitz, der entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet ist, wobei der Schlitz für eine Strömungsverbindung aus der ersten oder der zweiten Spitzentasche sorgt.
2. Rotorblatt nach Anspruch 1, wobei der Schlitz sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt.
3. Rotorblatt nach Anspruch 1 oder 2, wobei mindestens einer der Kühlmittelauslässe entlang des Spitzenbodens innerhalb der ersten Spitzentasche angeordnet ist.
4. Rotorblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei mindestens einer der Kühlmittelauslässe entlang des Spitzenbodens innerhalb der zweiten Spitzentasche angeordnet ist.
5. Rotorblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, das des Weiteren eine Öffnung aufweist, die in dem Leitblech ausgebildet ist, wobei die Öffnung eine Strömungsverbindung zwischen der ersten Spitzentasche und der zweiten Spitzentasche herstellt.
6. Rotorblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Leitblech dazu eingerichtet ist, es einem Teil des Kühlmittels zu ermöglichen, über einen oberen Abschnitt des Leitblechs in eine benachbarte Spitzentasche zu strömen.
7. Rotorblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, das des Weiteren ein sekundäres Leitblech aufweist, das sich radial auswärts von dem und über den Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt erstreckt, um eine dritte Spitzentasche zu definieren.
8. Rotorblatt nach Anspruch 7, das des Weiteren einen Schlitz aufweist, der entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet ist, wobei der Schlitz eine Strömungsverbindung aus der dritten Spitzentasche heraus erlaubt.
9. System zur Unterstützung der Kühlmittelströmung durch ein Rotorblatt, aufweisend:
 - eine Kühlmittelquelle zum Zuführen eines unter Druck stehenden Kühlmittels zu einem Kühldurchgangseinlass, der entlang des Rotorblattes ausgebildet ist; und
 - wobei das Rotorblatt aufweist:
 - einen Montageabschnitt, der einen Montagekörper aufweist, wobei der Montagekörper mit einer Rotorwelle verbunden werden kann, wobei mindestens einer der Kühldurchgangseinlässe durch den Montagekörper gebildet wird;
 - ein Strömungsprofil, das mit dem Montageabschnitt gekoppelt ist und das Druck- und Saugseitenwände aufweist, die sich radial auswärts von einer Plattform in der Spanne von einer Wurzel zu einer Spitze und in der Sehne zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante erstrecken, wobei die Spitze einen Spitzenboden und mehrere Kühlmittelauslässe aufweist, die entlang des Spitzenbodens angeordnet sind, wobei die Spitze des Weiteren eine Spitzenschiene aufweist, die sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt, wobei die Spitzenschiene einen Druckseitenabschnitt und einen Saugseitenabschnitt aufweist, die an der Vorderkante und der Hinterkante miteinander verbunden sind;
 - mehrere Kühldurchgänge, die innerhalb des Strömungsprofils umgrenzt sind, um ein Kühlmittel durch das Strömungsprofil zu leiten, wobei jeder der Kühldurchgänge mit einem oder mehreren der Kühlmittelauslässe in Strömungsverbindung steht;
 - ein Leitblech, das sich radial auswärts von dem und über den Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt erstreckt, um eine erste Spitzentasche und eine zweite Spitzentasche zu definieren; und
 - einen Schlitz, der entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet ist, wobei der Schlitz für eine Strömungsverbindung aus der ersten oder der zweiten Spitzentasche sorgt.
10. Gasturbine, aufweisend:
 - einen Verdichter;
 - eine Brennkammer, die stromabwärts des Verdichters angeordnet ist;
 - eine Turbine, die stromabwärts der Brennkammer angeordnet ist, wobei die Turbine eine sich axial durch die Turbine erstreckende Rotorwelle, ein die Rotorwelle umfänglich umschliessendes Aussengehäuse, zur Bildung eines dazwischen befindlichen Heissgaspfades und mehrere Rotorblätter aufweist, die mit der Rotorwelle verbunden sind und eine Stufe von Rotorblättern bilden, wobei jedes Rotorblatt aufweist:

CH 709 650 A2

einen Montageabschnitt, der einen Montagekörper aufweist, wobei der Montagekörper mit einer Rotorwelle verbindbar ist, wobei mindestens einer der Kühldurchgangseinlässe durch den Montagekörper gebildet wird;

ein Strömungsprofil, das mit dem Montageabschnitt gekoppelt ist und das Druck- und Saugseitenwände aufweist, die sich radial auswärts von einer Plattform in der Spanne von einer Wurzel zu einer Spitze und in der Sehne zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante erstrecken, wobei die Spitze einen Spitzenboden und mehrere Kühlmittelauslässe aufweist, die entlang des Spitzenbodens angeordnet sind, wobei die Spitze des Weiteren eine Spitzenschiene aufweist, die sich radial auswärts von dem Spitzenboden erstreckt, wobei die Spitzenschiene einen Druckseitenabschnitt und einen Saugseitenabschnitt aufweist, die an der Vorderkante und der Hinterkante miteinander verbunden sind;

mehrere Kühldurchgänge, die innerhalb des Strömungsprofils umgrenzt sind, um ein Kühlmittel durch das Strömungsprofil zu leiten, wobei jeder der Kühldurchgänge mit einem oder mehreren der Kühlmittelauslässe in Strömungsverbindung steht;

ein Leitblech, das sich radial auswärts von dem und über den Spitzenboden des Druckseitenabschnitts zu dem Saugseitenabschnitt erstreckt, um eine erste Spitzentasche und eine zweite Spitzentasche zu definieren, wobei mindestens ein Kühlmittelauslass entlang des Spitzenbodens innerhalb der ersten Spitzentasche angeordnet ist und mindestens ein Kühlmittelauslass entlang des Spitzenbodens innerhalb der zweiten Spitzentasche angeordnet ist; und einen Schlitz, der entlang des Saugseitenabschnitts der Spitzenschiene angeordnet ist, wobei der Schlitz für eine Strömungsverbindung aus der ersten oder der zweiten Spitzentasche sorgt.

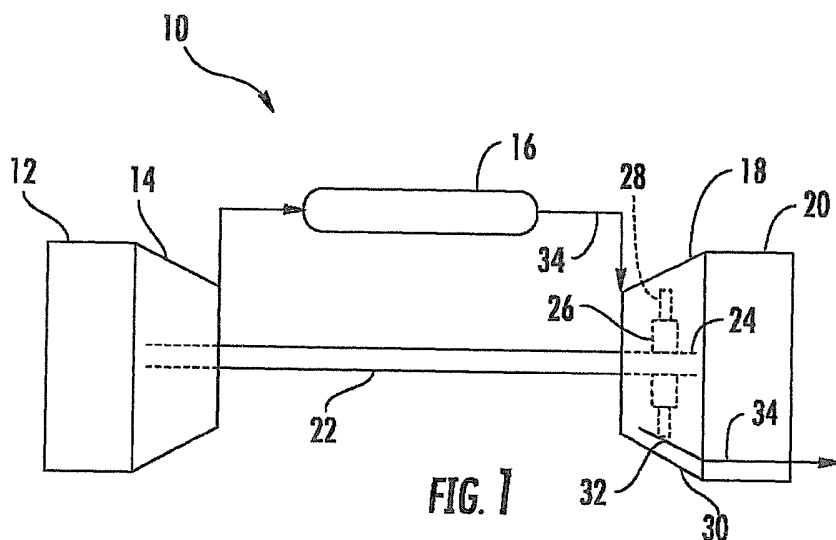


FIG. 1
(STAND DER TECHNIK)

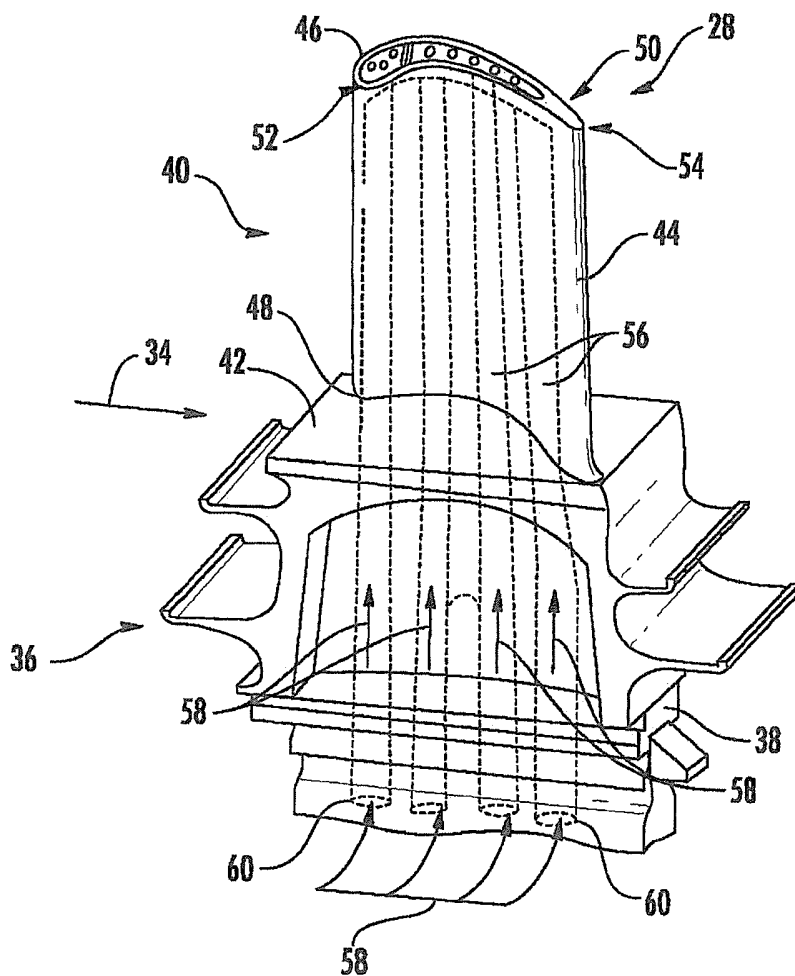


FIG. 2

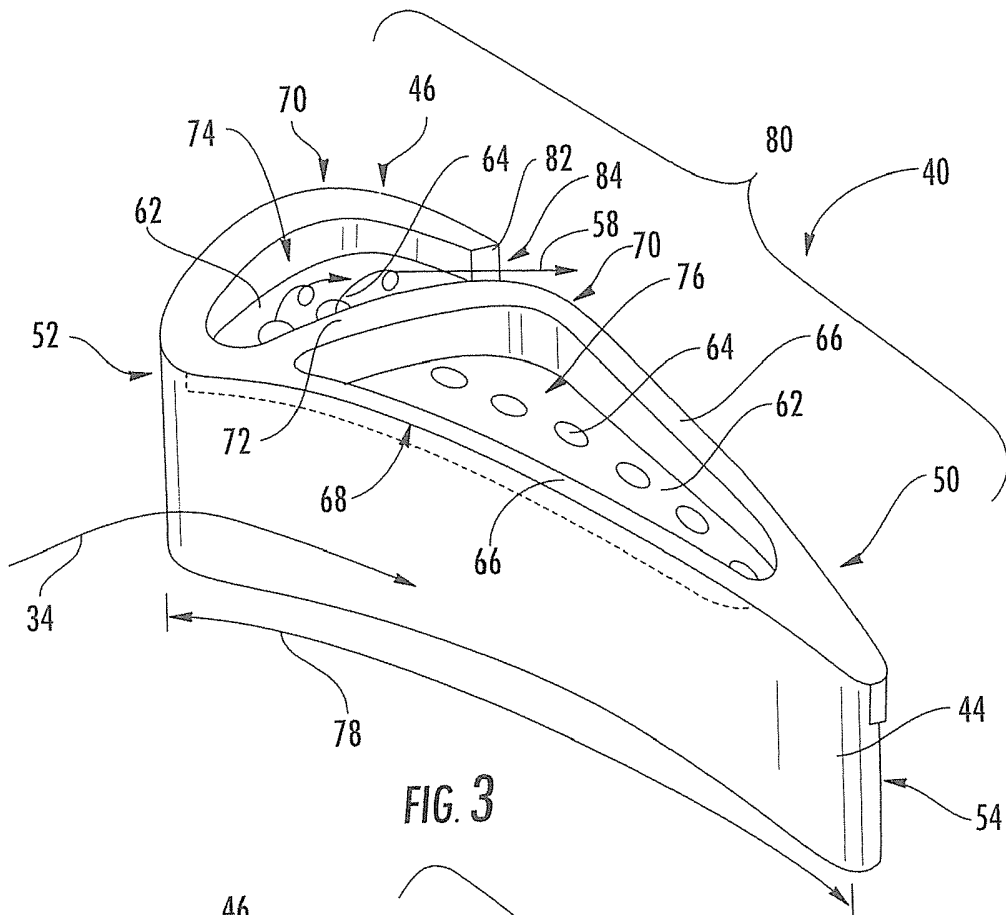


FIG. 3

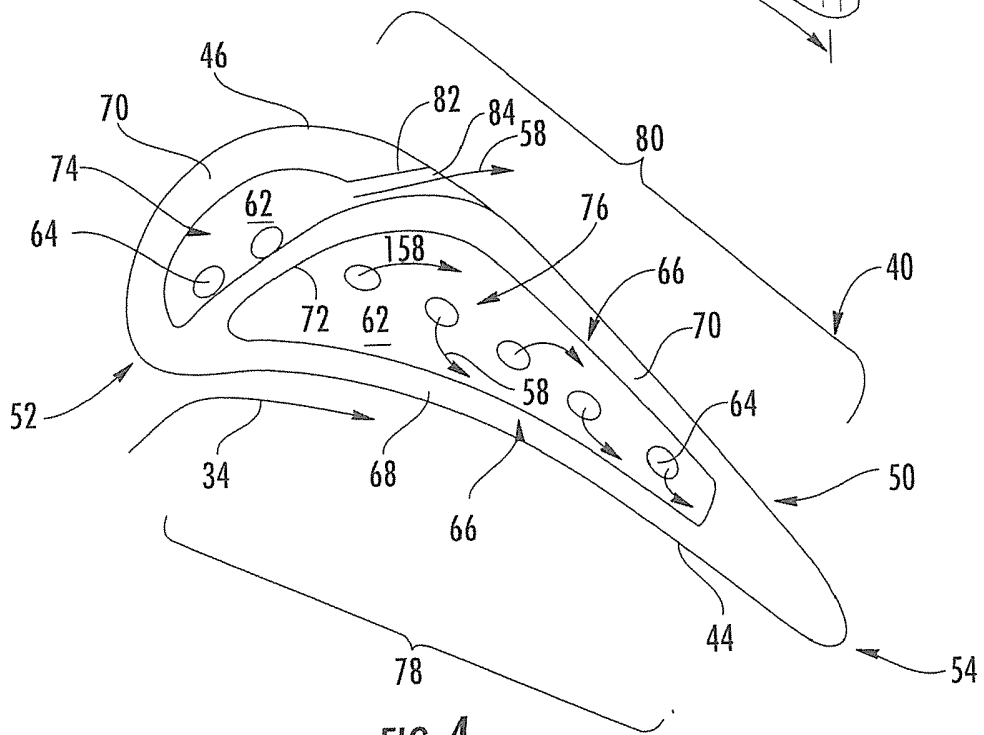
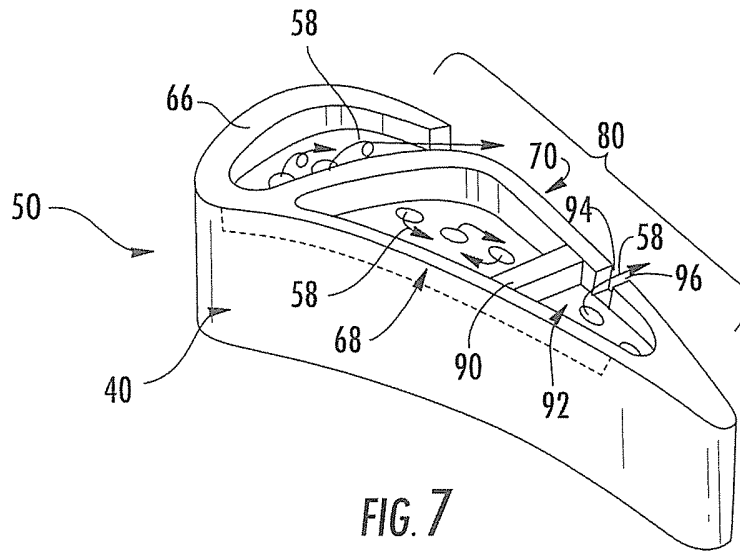
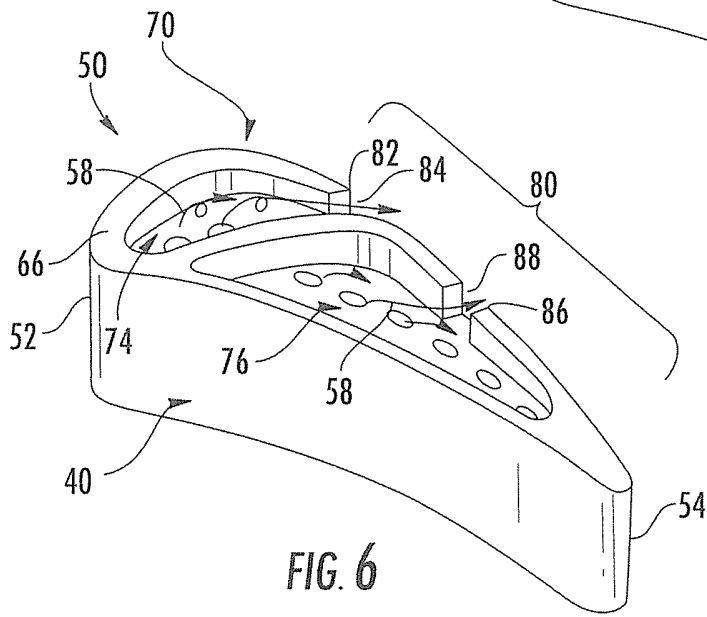
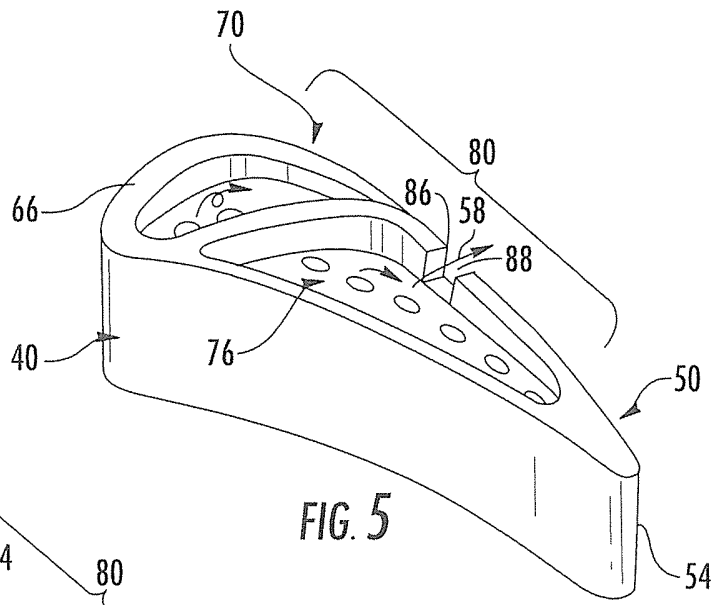


FIG. 4



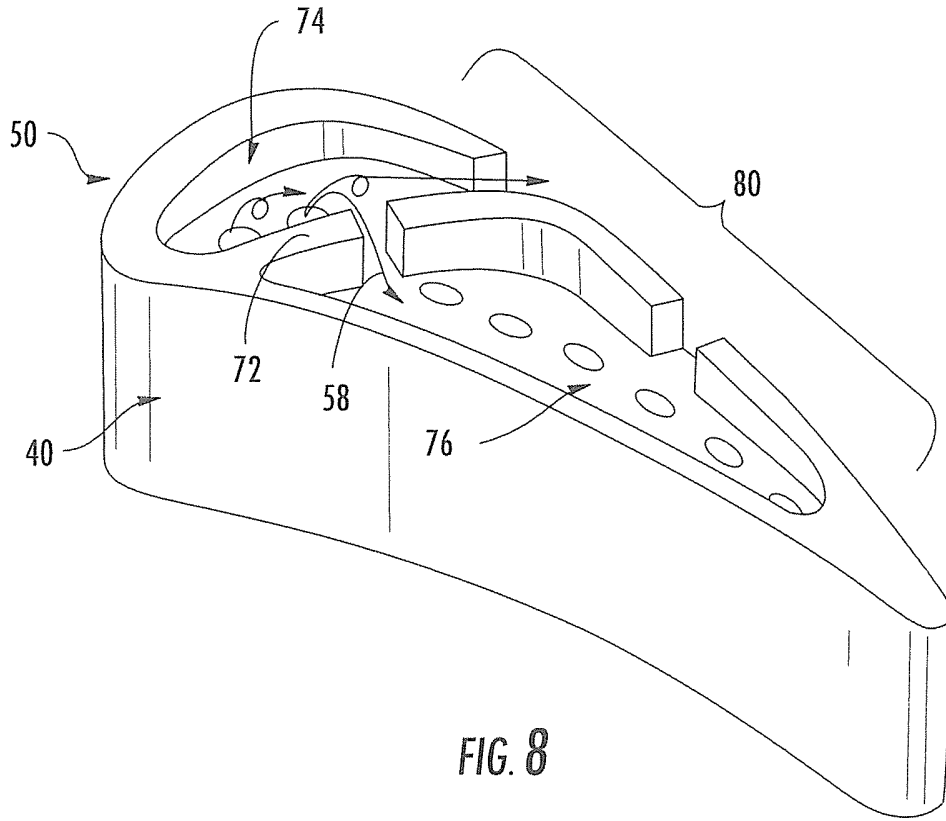


FIG. 8