



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 701 537 B1**

(51) Int. Cl.: **F01D 5/16** (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00852/10

(22) Anmeldedatum: 28.05.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.01.2011

(30) Priorität: 31.07.2009 US 12/533,378

(24) Patent erteilt: 27.02.2015

(45) Patentschrift veröffentlicht: 27.02.2015

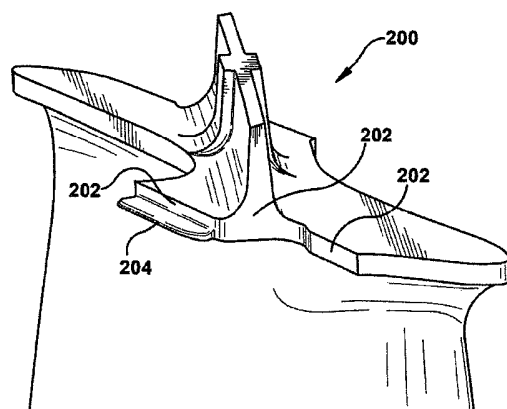
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Matthew R. Piersall,
Greenville, South Carolina 29607 (US)
Brian D. Potter, Greer, South Carolina 29650 (US)

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

(54) **Spitzendeckplatte mit Dämpfungsrippen für eine Rotorscheufel, die in eine Rotorscheibe einer Turbinenanlage einsetzbar ist.**

(57) Eine Spitzendeckplatte (200) für eine Rotorscheufel, die in eine Rotorscheibe einsetzbar ist, enthält eine Anzahl von Dämpfungsrippen (204), wobei jede Dämpfungsrippe eine in Umfangsrichtung der Rotorscheibe ausgerichtete Oberfläche und eine in Bezug zur Rotorscheibe radial ausgerichtete Oberfläche aufweist, die dazu eingerichtet ist, eine Berührung mit einer Spitzendeckplatte (200) einer in der Rotorscheibe benachbarten Rotorscheufel herzustellen. Die Spitzendeckplatte enthält wenigstens eine Dämpfungsrippe (204) an ihrer Vorderkante und wenigstens eine Dämpfungsrippe (204) an ihrer Hinterkante. Die jeweilige Dämpfungsrippe (204) an der Vorderkante der Spitzendeckplatte und die jeweilige Dämpfungsrippe (204) an der Hinterkante der Spitzendeckplatte einer gleichgestalteten Rotorscheufel, die in der Rotorscheibe benachbart einsetzbar ist, passen ineinandergreifend zusammen.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Spitzendeckplatten mit Dämpfungsrippen für Rotorscheaufeln einer Turbinenanlage.

[0002] Es ist wohlbekannt, dass in einer Gasturbinenanlage die in einem Verdichter unter Druck gesetzte Luft zum Verbrennen eines Brennstoffs in einer Brennkammer verwendet wird, um einen Strom heisser Verbrennungsgase zu erzeugen, wobei derartige Gase stromabwärts durch eine oder mehrere Turbinen strömen, so dass ihnen Energie entzogen werden kann. In einer derartigen Turbine erstrecken sich allgemein Reihen von in Umfangsrichtung beabstandeten Turbinenrotorscheaufeln von einer tragenden Rotorscheibe radial nach aussen. Jede Schaufel weist typischerweise einen Schwalbenschwanz, der ein Anbringen der Schaufel in und ein Herausnehmen der Schaufel aus einer zugehörigen Schwalbenschwanznut in der Rotorscheibe ermöglicht, sowie ein Schaufelblatt auf, das sich von dem Schwalbenschwanz radial nach aussen erstreckt und mit dem Strom des Arbeitsfluids durch die Turbine in Wechselwirkung tritt. Das Schaufelblatt weist eine allgemein konkave Druckseite und eine allgemein konvexe Saugseite auf, die sich axial zwischen einer zugehörigen Vorderkante und einer zugehörigen Hinterkante sowie radial zwischen einem Fuss und einer Spitze erstrecken. Es wird erkannt, dass die Schaufelspitze von einem radial äusseren Turbinenmantel eng beabstandet angeordnet ist, um eine Leckströmung von Verbrennungsgasen, die zwischen den Turbinenlaufschaukeln stromabwärts strömt, dazwischen zu minimieren.

[0003] Wie ein Fachmann erkennt, können sich Rotorscheaufeln infolge verschiedener Anregungsquellen während des Anlagenbetriebs häufig in einem Zustand der Schwingung oder Resonanz befinden. Die Quellen der Schwingung enthalten allgemein rotatorische Unwucht, eine Statorschaufelanregung, ungleichmässige Druckschwankungen und verbrennungsakustische Töne. Die resultierenden Schwingungen führen allgemein zur Entstehung von Schäden durch Schwingungsrissbildung, die typischerweise die Lebensdauer der Rotorscheufel verkürzen und in den Fällen, in denen die Ermüdung während des Betriebs einen Schaufelbruch verursacht, zu einem katastrophalen Schaden an der Turbinenanlage führen können. Die Stärke der Schwingung hängt wenigstens zum Teil mit dem Ausmass der Dämpfung zusammen, die in das System eingebracht wird. Je mehr Dämpfung eingebracht wird, desto geringer ist die Schwingungsantwort und desto zuverlässiger wird das Turbinensystem. Es ist demnach die Aufgabe gestellt, eine verbesserte Spitzendeckplatte für eine Rotorscheufel sowie ein verbessertes Verfahren zum Betrieb einer Turbinenanlage mit solchen Spitzendeckplatten an darin eingebauten Rotorscheaufeln zu schaffen, wobei die Spitzendeckplatten insbesondere zum Dämpfen und dadurch Verändern der Schwingungen dienen, denen die Rotorscheaufeln einer Turbinenanlage während des Betriebs ausgesetzt sind.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0004] Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Spitzendeckplatte gemäss Anspruch 1 offenbart, die für eine Rotorscheufel geeignet ist, wobei eine solche Rotorscheufel in einer Rotorscheibe einer Turbinenanlage einsetzbar ist. Die Spitzendeckplatte weist eine Anzahl von Dämpfungsrippen auf, wobei jede Dämpfungsrippe eine in Umfangsrichtung der Rotorscheibe ausgerichtete Oberfläche und eine in Bezug auf die Rotorscheibe radial ausgerichtete Oberfläche aufweist, die dazu eingerichtet sind, mit einer Spitzendeckplatte einer in der Rotorscheibe benachbart einsetzbaren Rotorscheufel in Berührung zu geraten. An der Vorderkante der Spitzendeckplatte sowie an der Hinterkante der Spitzendeckplatte ist jeweils wenigstens eine Dämpfungsrippe angeordnet, wobei die jeweilige Dämpfungsrippe an der Vorderkante der Spitzendeckplatte und die jeweilige Dämpfungsrippe an der Hinterkante der Spitzendeckplatte einer gleichgestalteten und in der Rotorscheibe benachbart einsetzbaren Rotorscheufel ineinandergreifend zusammenpassen.

[0005] Erfindungsgemäss ist eine Rotorscheibe gemäss Anspruch 9 für eine Turbinenanlage offenbart, in der eine Anzahl von gleichgestalteten Rotorscheaufeln mit Spitzendeckplatten gemäss Anspruch 1 eingebaut sind, wobei die Vorderkantendämpfungsrippe der Spitzendeckplatte einer ersten Rotorscheufel der Rotorscheibe und die Hinterkantendämpfungsrippe der Spitzendeckplatte einer zweiten Rotorscheufel der Rotorscheibe, die der ersten Rotorscheufel vorangehend benachbart ist, ineinandergreifend passen; und die Hinterkantendämpfungsrippe der ersten Rotorscheufel und die Vorderkantendämpfungsrippe einer dritten Rotorscheufel, die der ersten Rotorscheufel nachfolgend benachbart ist, ineinandergreifend passen.

[0006] Die radiale Position der Vorderkantendämpfungsrippe kann gegenüber der radialen Position der Hinterkantendämpfungsrippe versetzt sein, so dass während des Betriebs der Turbinenanlage ein gewünschtes Mass an Berührung zwischen der in Umfangsrichtung ausgerichteten Berührungsfläche der Vorderkantendämpfungsrippe und der im Wesentlichen in Umfangsrichtung ausgerichteten Berührungsfläche der Hinterkantendämpfungsrippe aufrechterhalten wird.

[0007] Zudem ist ein Verfahren gemäss Anspruch 10 zum Betrieb einer Turbinenanlage mit Rotorscheiben gemäss Anspruch 9 offenbart, die Rotorscheaufeln mit Spitzendeckplatten wie hierin beschrieben umfasst und deren Dämpfungsplatten sich je nach Betriebsphase berühren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0008] Die erfindungsgemässe Spitzendeckplatte und Rotorscheibe werden bei der Durchsicht der folgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele deutlich, wenn diese in Verbindung mit den folgenden Zeichnungen und den beigefügten Ansprüchen betrachtet wird.

- Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer beispielhaften Gasturbinenanlage, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können;
- Fig. 2 ist eine Schnittansicht des Verdichters in der Gasturbinenanlage aus Fig. 1;
- Fig. 3 ist eine Schnittansicht der Turbine in der Gasturbinenanlage aus Fig. 1;
- Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Gasturbinenanlagenrotorscheibe mit einer Spitzendeckplatte in einer konventionellen Ausgestaltung;
- Fig. 5 ist eine Ansicht von aussen auf eine Reihe von eingebauten Turbinenlaufschaufeln mit Spitzendeckplatten in einer konventionellen Ausgestaltung;
- Fig. 6 ist eine perspektivische Ansicht der Vorderkante einer Turbinenanlagenrotorscheibe mit einer Spitzendeckplatte und einer Dämpfungsrippe gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 7 ist eine perspektivische Ansicht der Hinterkante der Turbinenanlagenrotorscheibe aus Fig. 6 mit einer Spitzendeckplatte und einer zugehörigen Dämpfungsrippe gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und
- Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht der Vorderkante einer Turbinenanlagenrotorscheibe mit einer Spitzendeckplatte gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und im Einzelnen möglicher Winkelpositionen einer Dämpfungsrippe.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsformen der Erfindung

[0009] Zur klaren Vermittlung der vorliegenden Erfindung wird eine Terminologie gewählt, die sich auf bestimmte Elemente oder Maschinenkomponenten einer Turbinenanlage richtet und diese beschreibt. Wo immer es möglich ist wird eine gebräuchliche Industrieterminologie verwendet und in einer Weise benutzt, die mit ihrer anerkannten Bedeutung übereinstimmt. Fachleute werden erkennen, dass auf eine bestimmte Komponente häufig unter Verwendung mehrerer unterschiedlicher Begriffe Bezug genommen werden kann. Ausserdem kann das, was hierin als ein einziges Element beschrieben worden ist, in einem anderen Zusammenhang aus mehreren Komponenten bestehen, oder auf das, was hierin als mehrere Komponenten enthaltend beschrieben ist, kann in einigen Fällen als ein Einzelelement Bezug genommen werden. Beim Verstehen des Bereiches der hierin beschriebenen Erfindung sollte die Aufmerksamkeit demnach nicht nur der verwendeten Terminologie und der gelieferten Beschreibung gewidmet werden, sondern auch der Struktur, der Konfiguration, Funktion und/oder dem Gebrauch der Komponente, wie es hierin beschrieben ist.

[0010] Ausserdem können hierin regelmässig mehrere beschreibende Ausdrücke verwendet werden, und es kann nützlich sein, diese Ausdrücke an dieser Stelle zu definieren. Die Ausdrücke und ihre Definition bei ihrem Gebrauch sind hier wie folgt: Der Ausdruck «Rotorscheibe» ist ohne weitere Spezifizierung eine Bezugnahme auf die rotierenden Schaufeln entweder des Verdichters 52 oder der Turbine 54, die sowohl Verdichterrotorscheiben 60 als auch Turbinenrotorscheiben 66 umfassen. Der Ausdruck «Statorschaufel» ist ohne weitere Spezifizierung eine Bezugnahme auf die ortsfesten Schaufeln entweder des Verdichters 52 oder der Turbine 54, die sowohl Verdichterstatorschaufeln 62 als auch Turbinenstatorschaufeln 68 umfassen. Der Ausdruck «Schaufeln» wird hierin zur Bezugnahme auf irgendeine Art von Schaufeln verwendet. Demnach umfasst der Ausdruck «Schaufeln» ohne weitere Spezifizierung alle Arten von Turbinenanlagenschaufeln, die Verdichterrotorscheiben 60, Verdichterstatorschaufeln 62, Turbinenrotorscheiben 66 und Turbinenstatorschaufeln 68 umfassen. Wenn hierin weiterhin die Ausdrücke «stromabwärts» und «stromaufwärts» verwendet werden, bezeichnen diese Begriffe eine Richtung bezogen auf die Strömung eines Arbeitsfluids durch die Turbine hindurch. Demnach bezieht sich der Ausdruck «stromabwärts» auf eine Richtung, die allgemein der Richtung der Strömung des Arbeitsfluids entspricht, während sich der Ausdruck «stromaufwärts» allgemein auf die Richtung bezieht, die der Richtung der Strömung des Arbeitsfluids entgegengerichtet ist. Die Ausdrücke «vorne» «hinten» beziehen sich allgemein auf eine relative Position bezogen auf die Richtung der Drehung von rotierenden Elementen. Dementsprechend ist die «Vorderkante» eines rotierenden Elementes die vordere Kante bei der gegebenen Richtung, in der sich das Element dreht, und die «Hinterkante» eines rotierenden Elementes ist die hintere oder rückwärtige Kante bei der gegebenen Richtung, in der sich das Element dreht. Der Ausdruck «radial» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position senkrecht zu einer Achse. Es ist häufig erforderlich, Elemente zu beschreiben, die sich an unterschiedlichen radialen Positionen bezogen auf eine Achse befinden. In diesem Falle kann hierin gesagt sein, dass sich eine erste Komponente «radial innerhalb» oder «innen» von einer zweiten Komponente befindet, wenn die erste Komponente näher bei der Achse angeordnet ist als die zweite Komponente. Wenn andererseits die erste Komponente weiter als die zweite Komponente von der Achse entfernt angeordnet ist, kann hierin

gesagt sein, dass die erste Komponente «radial» ausserhalb von der zweiten Komponente oder «aussen» angeordnet ist. Der Ausdruck «axial» bezieht sich auf eine Bewegung oder eine Position parallel zu einer Achse. Schliesslich bezieht sich der Ausdruck «Umfangsrichtung» auf eine Bewegung oder eine Position um eine Achse herum.

[0011] Nun unter Bezug auf die Figuren: Als Hintergrund stellen die Fig. 1–3 eine beispielhafte Gasturbinenanlage dar, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Es wird von Fachleuten erkannt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf diese Art der Nutzung beschränkt ist. Wie gesagt kann die vorliegende Erfindung in Gasturbinenanlagen, wie etwa den in der Energieerzeugung und in Flugzeugen verwendeten Anlagen, in Dampfturbinenanlagen oder anderen Arten von rotierenden Maschinen verwendet werden. Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Gasturbinenanlage 50. Allgemein arbeiten Gasturbinenanlagen so, dass sie einer Strömung heissen Gases unter Druck, die durch die Verbrennung eines Brennstoffs in einem Strom aus verdichteter Luft erzeugt wird, Energie entziehen. Wie in Fig. 1 dargestellt ist die Gasturbinenanlage 50 mit einem axialen Verdichter 52, der durch eine gemeinsame Welle oder einen Rotor mechanisch mit einem stromabwärtigen Turbinenabschnitt oder einer Turbine 54 gekoppelt ist, und einer Brennkammer 56 ausgerüstet, die zwischen dem Verdichter 52 und der Turbine 54 angeordnet ist.

[0012] Fig. 2 stellt eine Ansicht eines beispielhaften mehrstufigen axialen Verdichters 52 dar, der in der Gasturbinenanlage aus Fig. 1 verwendet wird. Wie gezeigt kann der Verdichter 52 eine Anzahl von Stufen enthalten. Jede Stufe weist eine Reihe von Verdichterrotorschaukeln 60 auf, auf die eine Reihe von Verdichterstatorschaufeln 62 folgt. Demnach enthält eine erste Stufe eine Reihe von Verdichterrotorschaukeln 60, die um eine zentrale Welle rotieren, auf die eine Reihe von Verdichterstatorschaufeln 62 folgt, die während des Betriebs ortsfest sind. Die Verdichterstatorschaufeln 62 sind allgemein in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und um die Drehachse herum befestigt. Die Verdichterrotorschaukeln 60 sind in Umfangsrichtung beabstandet und an der Welle angebracht; wenn sich die Welle im Betrieb dreht, drehen sich die Verdichterrotorschaukeln 60 um die Welle. Wie ein Fachmann erkennt, sind die Verdichterrotorschaukeln 60 dazu eingerichtet, dass sie kinetische Energie auf die Luft oder das Fluid, das durch den Verdichter 52 strömt, übertragen, wenn sie um die Welle gedreht werden. Der Verdichter 52 kann über die in Fig. 2 dargestellten Stufen hinaus noch weitere Stufen enthalten. Die weiteren Stufen enthalten eine Anzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Verdichterrotorschaukeln 60 e, auf die eine Anzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Verdichterstatorschaufeln 62 folgt.

[0013] Fig. 3 stellt eine Teilansicht eines beispielhaften Turbinenabschnitts oder einer Turbine 54 dar, die in der Gasturbinenanlage aus Fig. 1 verwendet wird. Die Turbine 54 weist ebenfalls eine Anzahl von Stufen auf. Es sind drei beispielhafte Stufen dargestellt, aber es könnten auch mehr oder weniger Stufen in der Turbine 54 vorhanden sein. Eine erste Stufe enthält eine Anzahl von Turbinenlaufschaufeln oder Turbinenrotorschaukeln 66, die im Betrieb um die Welle rotieren, und eine Anzahl von Düsen oder Turbinenstatorschaufeln 68, die während des Betriebs ortsfest bleiben. Die Turbinenstatorschaufeln 68 sind allgemein in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und um die Drehachse herum befestigt. Die Turbinenrotorschaukeln 66 sind zur Drehung um die (nicht gezeigte) Welle an einem (nicht gezeigten) Turbinenrad angebracht. Es ist auch eine zweite Stufe der Turbine 54 dargestellt. Die zweite Stufe enthält in ähnlicher Weise eine Anzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Turbinenstatorschaufeln 68, auf die eine Anzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Turbinenrotorschaukeln 66 folgt, die ebenfalls zur Drehung an einem Turbinenrad angebracht sind. Eine dritte Stufe ist ebenfalls dargestellt und enthält in ähnlicher Weise eine Anzahl von Turbinenstatorschaufeln 68 und -rotorschaukeln 66. Es wird erkannt, dass die Turbinenstatorschaufeln 68 und die Turbinenrotorschaukeln 66 in dem Heissgaspfad der Turbine 54 liegen. Die Strömungsrichtung der heissen Gase durch den Heissgaspfad ist durch den Pfeil gekennzeichnet. Wie ein Fachmann erkennt enthält die Turbine 54 über die in Fig. 3 dargestellten Stufen hinaus noch weitere Stufen. Jede weitere Stufe weist eine Reihe von Turbinenstatorschaufeln 68 auf, auf die eine Reihe von Turbinenrotorschaukeln 66 folgt.

[0014] Im Gebrauch verdichtet die Drehung der Verdichterrotorschaukeln 60 in dem axialen Verdichter 52 einen Luftstrom. In der Brennkammer 56 wird Energie freigesetzt, wenn die verdichtete Luft mit einem Brennstoff gemischt und gezündet wird. Die entstehende Strömung heisser Gase aus der Brennkammer 56, die als das Arbeitsfluid bezeichnet werden, wird danach über die Turbinenrotorschaukeln 66 geleitet, wobei die Strömung des Arbeitsfluids die Drehung der Turbinenrotorschaukeln 66 um die Welle bewirkt. Dadurch wird die Energie der Strömung des Arbeitsfluids in mechanische Energie der rotierenden Schaufeln und wegen der Verbindung zwischen den Rotorschaukeln und der Welle in mechanische Energie der rotierenden Welle umgewandelt. Die mechanische Energie der Welle wird danach zur Drehung der Verdichterrotorschaukeln 60 verwendet, so dass der benötigte Nachschub verdichteter Luft erzeugt wird, und z.B. auch zum Antreiben eines Generators zum Erzeugen elektrischer Energie verwendet wird.

[0015] Die Fig. 4 und 5 stellen eine mit Spitzendeckplatte bzw. Spitzendeckbandsegment ausgestattete Turbinenrotorschaukel 100 gemäss einer konventionellen Ausführung dar. Die Turbinenrotorschaukel 100 weist einen Schwalbenschwanz 101 auf, der jede konventionelle Form haben kann, wie etwa einen axialen Schwalbenschwanz, der dazu eingerichtet ist, in einer zugehörigen Schwalbenschwanznut auf dem Umfang der Rotorscheibe montiert zu werden. Ein Schaufelblatt 102 ist einstückig mit dem Schwalbenschwanz 101 verbunden und erstreckt sich radial oder in Längsrichtung von dem Schwalbenschwanz nach aussen. Die Rotorschaukel 100 enthält auch eine Plattform 103, die an der Verbindung des Schaufelblatts 102 mit dem Schwalbenschwanz 101 angeordnet ist, um einen Abschnitt des radial inneren Strömungspfads durch die Turbinenanlage zu bilden. Das Schaufelblatt 102 ist die aktive Komponente der Schaukel 100, die die Strömung des Arbeitsfluids auffängt.

[0016] An dem oberen Ende des Schaufelblatts 102 kann eine Spitzendeckplatte oder ein Spitzendeckbandsegment 104 angeordnet sein. Die Spitzendeckplatte 104 ist im Wesentlichen eine sich axial und in Umfangsrichtung erstreckende

flache Platte, die in ihrer Mitte an dem Schaufelblatt 102 gehalten ist. Entlang der oberen Seite der Spitzendeckplatte 104 kann eine Dichtleiste 106 angeordnet sein. Allgemein steht die Dichtleiste 106 aus der radial äusseren Oberfläche der Spitzendeckplatte 104 radial nach aussen hervor. Die Dichtleiste 106 erstreckt sich allgemein in Umfangsrichtung zwischen den gegenüberliegenden Enden der Spitzendeckplatte im Wesentlichen in der Drehrichtung. Die Dichtleiste 106 ist so gestaltet, dass sie die Strömung des Arbeitsfluids von dem Spalt zwischen der Spitzendeckplatte 104 und der Innenoberfläche der umgebenden stationären Komponenten fernhält. In einigen konventionellen Ausführungsformen erstreckt sich die Dichtleiste 106 in einen abtragbaren stationären Wabendichtungsmantel hinein, der der rotierenden Spitzendeckplatte 104 gegenüberliegt. Aus verschiedenen Gründen kann typischerweise ein Schneidezahn 107 in der Mitte der Dichtleiste 106 angeordnet sein, um eine Nut in die Wabenstruktur des ortsfesten Mantels zu schneiden, so dass die Nut geringfügig breiter als die Breite der Dichtleiste 106 ist.

[0017] Die Spitzendeckplatten 104 können so gestaltet sein, dass die Spitzendeckplatten 104 benachbarter Schaufeln während des Betriebs in Berührung geraten. Fig. 5 stellt eine Ansicht der Turbinenrotorschaukeln von aussen dar, wie sie erscheinen könnten, wenn sie an einer Turbinenrotorscheibe angebracht sind, und liefert ein Beispiel für eine konventionelle Anordnung, in der benachbarte Spitzendeckplatten 104 während des Betriebs miteinander in Berührung geraten. Es sind zwei volle benachbarte Spitzendeckplatten gezeigt, wobei ein Pfeil die Drehrichtung kennzeichnet. Wie dargestellt kann die Hinterkante der vorderen Spitzendeckplatte 104 die Vorderkante der hinteren Spitzendeckplatte 104 berühren oder in grosser Nähe zu dieser geraten. Dieser Berührungsbereich wird häufig allgemein als eine Berührungs- oder Kontaktfläche 108 oder im Einzelnen bei der gegebenen Anordnung des gelieferten Beispiels als eine Z-Berührungsfläche 108 bezeichnet. Wie durch die Perspektive aus Fig. 5 gezeigt kann die Z-Berührungsfläche 108 wegen des etwa Z-förmigen Profils zwischen den beiden Kanten der benachbarten Spitzendeckplatten 104 so genannt werden. Fachleute werden erkennen, dass die Verwendung der Turbinenschaufel 100 und der Spitzendeckplatte 104 nur beispielhaft sind und auch andere Turbinenschaufeln und Spitzendeckplatten von unterschiedlichem Aufbau in alternativen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Anmeldung verwendet werden könnten. Weiterhin ist auch die Verwendung einer Z-förmigen Grenzfläche nur beispielhaft.

[0018] Wenn sich die Turbine in einem Zustand ausser Betrieb oder in einem «kalten» Zustand des Hochfahrens befindet, kann wie dargestellt ein schmaler Spalt an der Berührungsfläche (oder der Z-Grenzfläche) 108 zwischen den Kanten der angrenzenden Spitzendeckplatten 104 vorhanden sein. Wenn die Turbine in einem «heissen» Zustand arbeitet, kann die Ausdehnung des Metalls der Turbinenschaufel und die «Endwindung» des Schaufelblattes bewirken, dass der Spalt sich verengt, so dass die Kanten der angrenzenden Spitzendeckplatten 104 in Berührung geraten. Andere Betriebsbedingungen, die hohe Drehzahlen der Turbine und die damit zusammenhängenden Schwingungen enthalten, können eine Berührung zwischen benachbarten Spitzendeckplatten 104 selbst dort bewirken, wo während des Turbinenbetriebs in der Berührungsfläche 108 teilweise ein Spalt bleibt. Eine der Funktionen der Berührung, die zwischen benachbarten Spitzendeckplatten 104 hergestellt wird, besteht in der Dämpfung des Systems und dadurch in der Verringerung von Schwingungen. Konventionelle Spitzendeckplattenausführungen scheitern jedoch daran, sich dem Grossteil der Schwingung angemessen zuzuwenden, die durch das arbeitende Turbinenanlagensystem hindurch auftritt. Wie gesagt kann diese Schwingung die Rotorschaukeln oder andere Komponenten mit der Zeit beschädigen oder schwächen. Einer der Hauptgründe für diese Unzulänglichkeit besteht darin, dass die benachbarten Spitzendeckplatten 104 bei dem gegebenen konventionellen Aufbau eine begrenzte Berührung miteinander herstellen und dass diese Berührung, wenn eine Berührung hergestellt wird, im Wesentlichen zwischen radial ausgerichteten Oberflächen und damit allgemein auf eine Ebene beschränkten Flächen erfolgt. Eine Berührung dieser Art kann beim Dämpfen einer Schwingung wirksam sein, die entlang einer einzigen entsprechenden Achse auftritt, ist aber in hohem Masse ineffizient beim Dämpfen einer Schwingung, die entlang mehrerer Achsen auftritt, wie es allgemein in den meisten Turbinenanlagenbetriebsumgebungen der Fall ist.

[0019] Die Fig. 6 und 7 stellen eine beispielhafte Ausführungsform der beanspruchten Spitzendeckplatte, eine Spitzendeckplatte 200, dar. Wie man erkennt stellt Fig. 6 die Vorderkante der Spitzendeckplatte 200 dar, während Fig. 7 die Hinterkante zeigt. Die Spitzendeckplatte 200 kann eine erste Berührungsfläche oder radial ausgerichtete Berührungsfläche 202 aufweisen. Die radial gerichtete Berührungsfläche 202 bezieht sich auf eine oder mehrere Berührungsflächen (d.h. Oberflächen, die zur Herstellung einer Berührung mit den Spitzendeckplatten benachbarter Rotorschaukeln eingerichtet sind), die etwa in der Radialrichtung ausgerichtet sind. Wie ein Fachmann erkennt beinhaltet dies hauptsächlich die Fläche zu der Mitte der Spitzendeckplatte 200 hin, die sich an der Dichtleiste 106 entlang radial nach aussen erstreckt. Die radial ausgerichtete Berührungsfläche 202 kann auch beliebige radial ausgerichtete Berührungsflächen einschliesslich solcher enthalten, die sich von der Mitte der Spitzendeckplatte 200 entlang der axialen Länge der Spitzendeckplatte 200 nach aussen erstrecken.

[0020] Gemäss Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung weist die Spitzendeckplatte 200 auch eine in Umfangsrichtung ausgerichtete zweite Berührungsfläche auf, die durch einen Vorsprung von der Spitzendeckplatte 200 gebildet wird, der hierin als eine «Dämpfungsrippe» 204 bezeichnet ist. Die Dämpfungsrippe 204 enthält einen Vorsprung in der Art einer Rippe oder Fahne, der sich im Wesentlichen sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung entweder von der Vorderkante oder von der Hinterkante der Spitzendeckplatte 200 erstreckt. Wie gezeigt kann die Dämpfungsrippe 204 in einigen Ausführungsformen ein relativ schmales oder dünnes Profil aufweisen. In einigen (in den Fig. 6 und 7 nicht gezeigten) Ausführungsbeispielen kann sich die Dämpfungsrippe 204, wie es unten genauer erläutert ist, auch in einer radialen Richtung erstrecken oder in dieser geneigt. In dieser Art von Ausführungsformen, wie sie unten genauer definiert

ist, wird das Mass der radialen Steigung der Dämpfungsrippe 204 im Wesentlichen weniger steil sein, als es die oben beschriebene radial ausgerichtete Berührungsfläche 202 ist.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform, wie sie in Fig. 6 gezeigt ist, ist eine der Dämpfungsrippen 204 an der Vorderkante der Spitzendeckplatte 200 angeordnet, und eine weitere Dämpfungsrippe 104 ist wie in Fig. 7 gezeigt an der Hinterkante der Spitzendeckplatte 200 angeordnet. Weiterhin ist die Vorderkantendämpfungsrippe 204, wie es in der bevorzugten beispielhaften Ausführungsform der Fig. 6 und 7 gezeigt ist, an der Druckseite der Spitzendeckplatte 200 angeordnet, während die Hinterkantendämpfungsrippe 204 an der Saugseite der Spitzendeckplatte 200 angeordnet ist, wobei auch andere Ausführungen möglich sind, wie es unten genauer erläutert ist. Die Dämpfungsrippen 204 an der Vorder- und der Hinterkante der Spitzendeckplatte 200 sind dazu eingerichtet, zueinander zu passen. Wenn hierin der Ausdruck verwendet wird, dass Dämpfungsrippen zueinander «passen», ist es beabsichtigt, dass dies bedeutet, dass bei einer Gruppe von Rotorscheaufeln mit Spitzendeckplatten der gleichen Ausgestaltung, die richtig in einer Rotorscheibe einer Turbinenanlage eingebaut sind, die an der Vorderkante der Spitzendeckplatte 200 einer ersten Rotorscheufel angeordnete Dämpfungsrippe 204 (d.h. eine «Vorderkantendämpfungsrippe») in einer gewünschten Position in Bezug auf die an der Hinterkante der Spitzendeckplatte 200 einer zweiten Rotorscheufel, die der ersten Rotorscheufel nachfolgt, angeordnete Dämpfungsrippe 204 (d.h. eine «Hinterkantendämpfungsrippe») angeordnet ist. In gleicher Weise bedeutet das «Zusammenpassen» von Dämpfungsrippen auch, dass die Hinterkantendämpfungsrippe 204 der ersten Rotorscheufel in einer gewünschten Position bezogen auf die Vorderkantendämpfungsrippe 204 einer dritten Rotorscheufel angeordnet ist, die der ersten Rotorscheufel vorausläuft. In einigen Umgebungen erfassen die zueinander passenden Dämpfungsrippen 204 einander. In anderen Ausführungsformen sind die zueinander passenden Dämpfungsrippen 204 in grosser Nähe zueinander angeordnet.

[0022] Wie ebenfalls in den Fig. 6 und 7 gezeigt sind die radialen Positionen der Vorderkantendämpfungsrippe 204 und der Hinterkantendämpfungsrippe 200 leicht versetzt, um während des Betriebs das gewünschte Mass an Berührung oder Nähe zwischen der Hinterkantendämpfungsrippe und der Vorderkantendämpfungsrippe, die zusammengehören bzw. passen, herzustellen. Auf diese Weise sind die zusammenpassenden Dämpfungsrippen 204 in ihrer radialen Position eng beieinander angeordnet und weisen eine ähnliche Grösse und Form auf und sind so eingerichtet, dass die zusammenpassenden Dämpfungsrippen 204 benachbarter Rotorscheufeln einander in axialer Richtung und in Umfangsrichtung erheblich überlappen. Der Wert des radialen Versatzes bestimmt das Ausmass der Berührung, die während des Betriebs hergestellt wird. In einer Ausführungsform ist der radiale Versatz so bemessen, dass die Berührungsflächen der zusammenpassenden Dämpfungsrippen 204 einander berühren oder erfassen. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist der radiale Versatz so bemessen, dass die Berührungsflächen der zusammenpassenden Dämpfungsrippen 204 einander nicht berühren, wenn die Turbine sich in einem «kalten» Zustand oder beim Hochfahren der Anlage (d.h. einer Hochfahrphase) befindet, aber eine reguläre Berührung herstellen, sobald sich die Anlage während des Betriebs danach erwärmt. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist der radiale Versatz so bemessen, dass die Berührungsflächen der zusammenpassenden Dämpfungsrippen 204 einander nicht berühren, wenn sich die Turbinenanlage in einem «kalten» Zustand oder im Zustand des Hochfahrens der Anlage befindet, aber teilweise eine Berührung herstellen, wenn sich die Anlage während des Betriebs erwärmt. In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der radiale Versatz so bemessen, dass die Berührungsflächen der zusammenpassenden Dämpfungsrippen 204 teilweise eine Berührung herstellen, wenn die Turbinenanlage «kalt» ist oder sich im Zustand des Hochfahrens der Anlage befindet, aber eine relativ konstante Berührung herstellen, wenn sich die Anlage während des Betriebs erwärmt.

[0023] Wie in den Fig. 6 und 7 gezeigt ist die Hinterkantendämpfungsrippe 204 in einer bevorzugten Ausführungsform geringfügig ausserhalb der Vorderkantendämpfungsrippe 204 angeordnet. Wie ein Fachmann erkennt ist in dieser Ausführungsform eine Berührungsfläche an der radial äusseren Oberfläche der Vorderkantendämpfungsrippe 204 ausgebildet. Ausserdem ist eine Berührungsfläche an der radial inneren Oberfläche der Hinterkantendämpfungsrippe 204 ausgebildet. In einigen Ausführungsformen sind derartige Berührungsflächen mit verbesserten Verschleisseigenschaften versehen, um die Lebensdauer des Elementes zu verlängern. Die Berührungsfläche ist z.B. mit einer Verschleissbeschichtung oder einem dauerhafteren Material versehen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Berührungsflächen mit einem kobaltbasierten Aufschweisspulver gebildet. Es wird erkannt, dass die Dämpfungsrippen 204 wie oben beschrieben so eingerichtet sind, dass während des Betriebs der Turbinenanlage die radial äussere Oberfläche der Vorderkantendämpfungsrippe 204 und die radial innere Oberfläche der Hinterkantendämpfungsrippe 204 von benachbarten Turbinenschaufeln wenigstens teilweise eine Berührung herstellen. Wie ein Fachmann erkennt, dämpft diese Berührung allgemein mechanisch etwas von den Schwingungen, denen die Rotorscheufeln ausgesetzt sind.

[0024] Die Dämpfungsrippe 204 weist eine etwa rechteckige Form auf, die wie gezeigt etwas abgerundete Ecken aufweist. Es sind auch andere Formen einschliesslich einer Halbkreisform möglich. Während in den Fig. 6 und 7 eine bevorzugte Ausführungsform gezeigt ist, sind weiterhin auch andere Anordnungen und Ausführungen möglich. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist die Vorderkantendämpfungsrippe z.B. an der Saugseite der Spitzendeckplatte angeordnet, während die Hinterkantendämpfungsrippe an der Druckseite der Spitzendeckplatte angeordnet ist. Ausserdem ist die Vorderkantendämpfungsrippe auch ausserhalb der Hinterkantendämpfungsrippe statt innen angeordnet. In noch einer weiteren Ausführungsform weist die Hinterkantendämpfungsrippe sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite der Spitzendeckplatte Rippen auf, und die Vorderkantendämpfungsrippen weisen auch Dämpfungsrippen auf, die sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite der Spitzendeckplatte zu diesen passen. In dieser Ausführungsform sind die

Vorderkantendämpfungsrippen innerhalb, ausserhalb oder sowohl innerhalb als auch ausserhalb bezogen auf die zugehörigen Hinterkantendämpfungsrippen angeordnet. Im Einzelnen ist in einem Ausführungsbeispiel eine der Vorderkantendämpfungsrippen innerhalb einer zugehörigen Hinterkantendämpfungsrippe angeordnet, während die andere Vorderkantendämpfungsrippe ausserhalb der zugehörigen Hinterkantendämpfungsrippe angeordnet ist. Bei einigen Anwendungen bietet diese ineinandergreifende Anordnung verbesserte Dämpfungseigenschaften.

[0025] In dem in den Fig. 6 und 7 dargestellten Beispiel sind die Dämpfungsrippen 204 so gestaltet, dass sich die Rippen hauptsächlich in Umfangsrichtung und in Axialrichtung erstrecken. Das bedeutet, dass die Dämpfungsrippen mit der Radialrichtung der Turbinenanlage einen Winkel von etwa 90° einschliessen und dementsprechend die Dämpfungsrippen 204 mit der Axialrichtung und der Umfangsrichtung der Turbinenanlage wie gezeigt einen Winkel von etwa 0° einschliessen. In einigen Ausführungsbeispielen ist dieser Winkel oder die Neigung so angepasst oder eingestellt, dass die Dämpfung eines einzelnen Schwingungsmodus oder mehrerer unterschiedlicher Schwingungsmodi erhöht wird, die besonders störend sind oder bislang von anderen konventionellen Dämpfungsmassnahmen unbeeinflusst geblieben sind, wie ein Fachmann erkennen wird. Auf diese Weise ist die Nebenberührungsfläche, d.h. die Dämpfungsrippe 204, dazu ausgelegt, eine Dämpfung für einen Schwingungsmodus zu bewirken, dessen man sich mit einer konventionellen radial ausgerichteten Dämpfungsberührungsfläche nicht in angemessener Weise annehmen könnte.

[0026] Fig. 7 zeigt, wie der Winkel der Dämpfungsrippe 204 so eingestellt wird, dass man sich unterschiedlichen Schwingungsmodi zuwendet. Wie gezeigt, wird dies in einer Ausführungsform durch Drehen der Dämpfungsrippe 208 um eine Achse erreicht, die an der Basis der Dämpfungsrippe ausgebildet ist, d.h. dort wo der Vorsprung der Dämpfungsrippe 204 mit der Spitzendeckplatte 200 verbunden ist. Auf diese Weise werden die Schwingungsmodi, die durch die Dämpfungsrippe 204 gedämpft werden, in einer gewünschten Weise beeinflusst. Wenn eine der Dämpfungsrippen 204 gedreht wird, erkennt man, dass die zugehörige Dämpfungsrippe 204 an der anderen Kante der Spitzendeckplatte im Wesentlichen um den gleichen Winkel entgegengesetzt gedreht wird. Auf diese Weise stellen die Dämpfungsrippen 204, die radial versetzt sind, weiterhin entlang eines erheblichen Teils oder ihrer gesamten entsprechenden Berührungsflächen einen Kontakt her.

[0027] Der Winkel der Drehung der Dämpfungsrippe 204 variiert in Abhängigkeit von der Anwendung. Der Drehwinkel der Dämpfungsrippe 204 wird allgemein als der Winkel bezeichnet, den die Dämpfungsrippe 204 mit einer radial ausgerichteten Bezugslinie einschliesst. In der in den Fig. 6 und 7 dargestellten Ausführungsform bilden die Dämpfungsrippen 204 mit der radialen Bezugslinie einen Winkel von etwa 90° . In anderen bevorzugten Ausführungsbeispielen schliessen die Dämpfungsrippen mit der radialen Bezugslinie einen Winkel zwischen etwa 70° und 110° ein. In anderen bevorzugten Ausführungsformen bilden die Dämpfungsrippen mit der radialen Bezugslinie einen Winkel zwischen etwa 60° und 120° . In weiteren bevorzugten Ausführungsbeispielen schliessen die Dämpfungsrippen mit der radialen Bezugslinie einen Winkel zwischen etwa 45° und 135° ein. In noch weiteren bevorzugten Ausführungsbeispielen schliessen die Dämpfungsrippen mit der radialen Bezugslinie einen Winkel zwischen etwa 30° und 150° ein.

[0028] Ein Spitzendeckband 200 enthält eine Anzahl von Dämpfungsrippen 204, wobei jede Dämpfungsrippe eine in Umfangsrichtung ausgerichtete Oberfläche aufweist, die dazu eingerichtet ist, eine Berührung mit der Spitzendeckplatte 200 einer benachbarten Rotorscheufel herzustellen. Wenigstens eine Dämpfungsrippe 204 enthält eine Vorderkantendämpfungsrippe 204, und wenigstens eine Dämpfungsrippe 204 enthält eine Hinterkantendämpfungsrippe 204. Die Vorderkantendämpfungsrippe 204 ist dazu eingerichtet, mit der Hinterkantendämpfungsrippe 204 zusammenzupassen.

[0029] Anhand der obigen Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung werden Fachleute weitere Verbesserungen, Änderungen und Abwandlungen erkennen. Es ist beabsichtigt, dass solche Verbesserungen, Änderungen und Abwandlungen im Rahmen der unabhängigen Ansprüche abgedeckt sind.

Bezugszeichenliste

[0030]

- 50 Gasturbinenanlage
- 52 Verdichter
- 54 Turbine
- 56 Brennkammer
- 60 Verdichterrotorscheufel
- 62 Verdichterstatorschaufel
- 66 Turbinenrotorscheufel
- 68 Turbinenstatorschaufel
- 100 Turbinenrotorscheufel mit Spitzendeckplatte

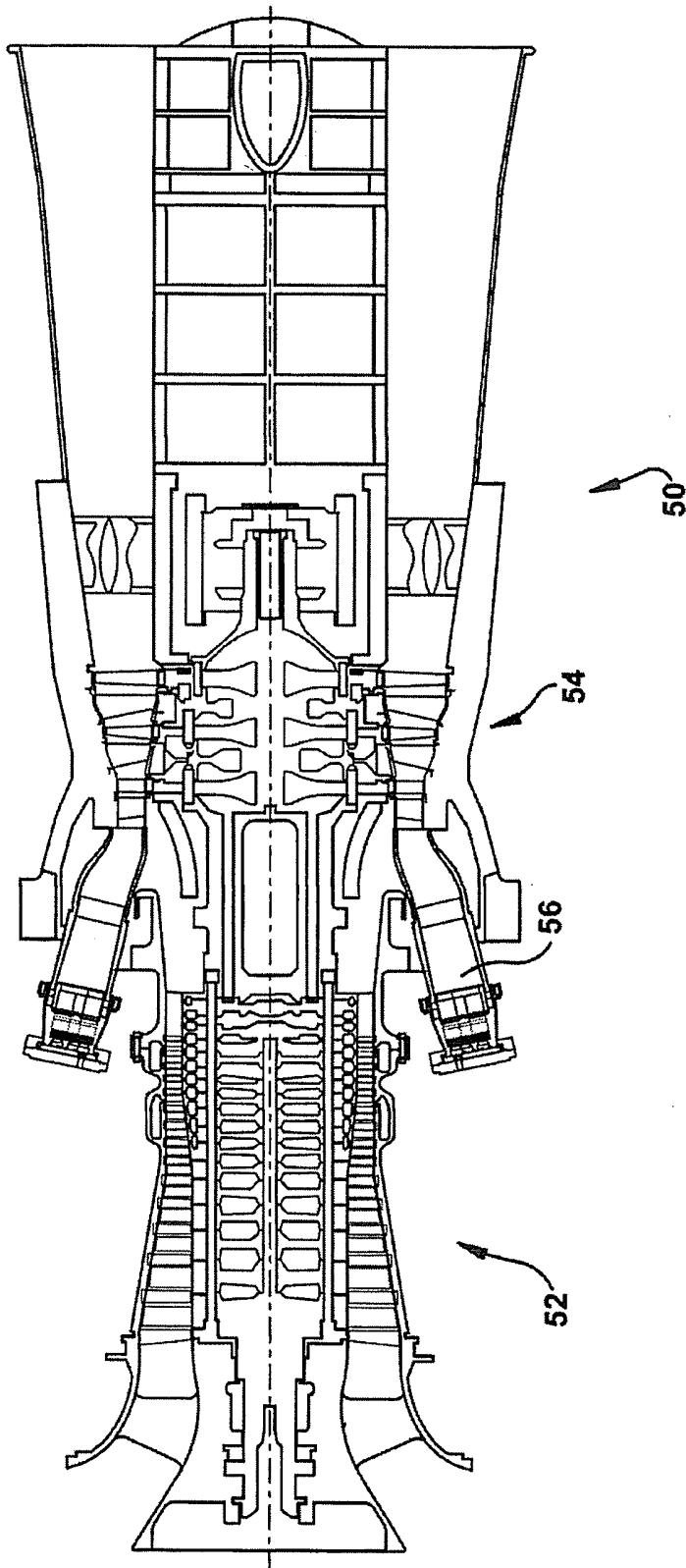
- 101 Schwalbenschwanz
- 102 Schaufelblatt
- 103 Plattform
- 104 Spitzendeckplatte
- 106 Dichtleiste
- 107 Schneidenzahn
- 108 Berührungsfläche
- 200 Spitzendeckplatte
- 202 Radial ausgerichtete Berührungsfläche
- 204 Dämpfungsrippe

Patentansprüche

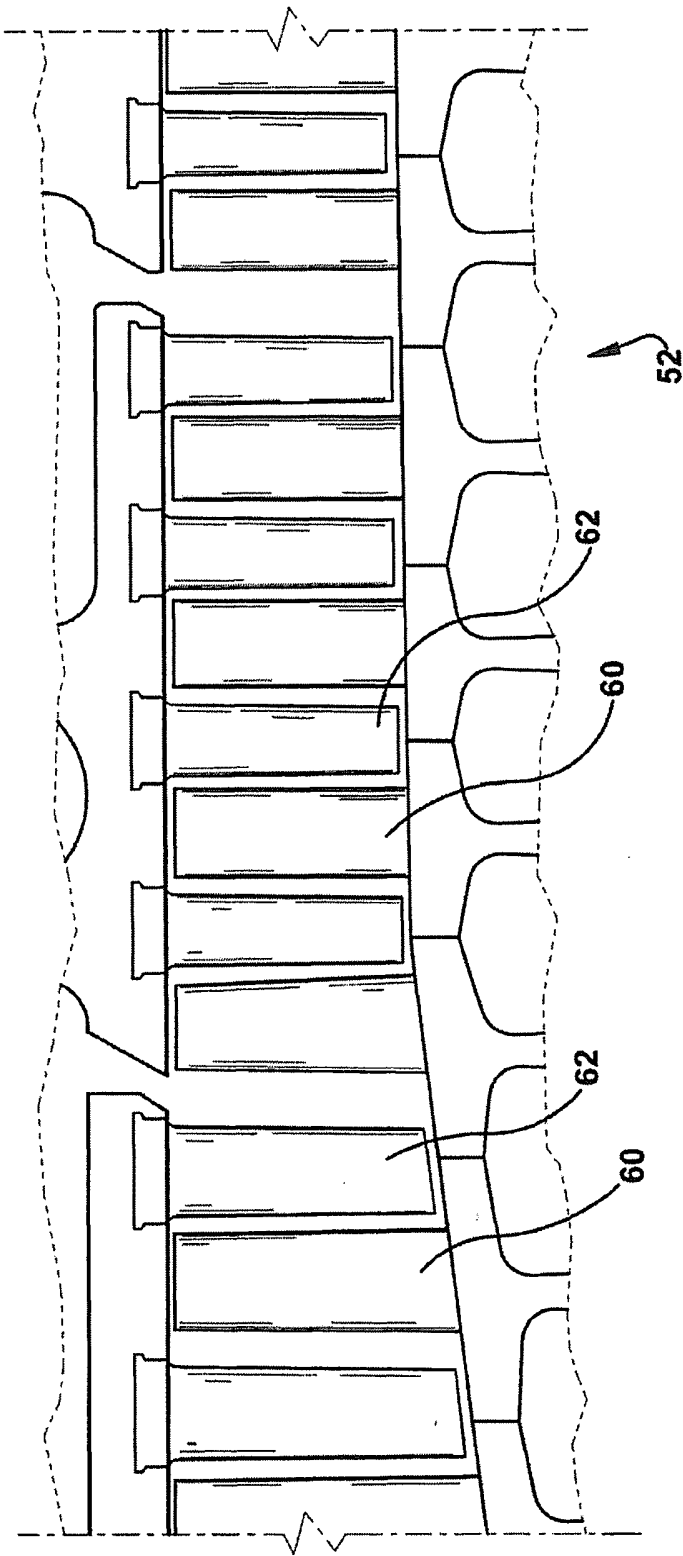
1. Spitzendeckplatte (200) für eine Rotorscheufel, die in eine Rotorscheibe einer Turbinenanlage einsetzbar ist, wobei die Spitzendeckplatte (200) aufweist:
eine Anzahl von Dämpfungsrippen (204), wobei jede Dämpfungsrippe (204) eine in Umfangsrichtung der Rotorscheibe ausgerichtete Oberfläche und eine in Bezug zur Rotorscheibe radial ausgerichtete Oberfläche aufweist, die dazu eingerichtet sind, eine Berührung mit einer Spitzendeckplatte (200) einer in der Rotorscheibe benachbart einsetzbaren Rotorscheufel herzustellen, indem
wenigstens eine Dämpfungsrippe (204) an der Vorderkante der Spitzendeckplatte (200) und wenigstens eine Dämpfungsrippe (204) an der Hinterkante der Spitzendeckplatte (200) angeordnet ist; und
wobei die jeweilige Dämpfungsrippe (204) an der Vorderkante der Spitzendeckplatte (200) und die jeweilige Dämpfungsrippe (204) an der Hinterkante der Spitzendeckplatte (200) einer gleichgestalteten und in der Rotorscheibe benachbart einsetzbaren Rotorscheufel ineinandergreifend zusammenpassen.
2. Spitzendeckplatte (200) nach Anspruch 1, die weiterhin eine oder mehrere Flächen (202) aufweist, die im Wesentlichen in der Radialrichtung ausgerichtet und dazu eingerichtet sind, eine Berührung mit der Spitzendeckplatte (200) einer auf der Rotorscheibe benachbart einsetzbaren Rotorscheufel herzustellen;
wobei die radial ausgerichteten Berührungsflächen (202) der Vorderkante der Spitzendeckplatte (200) jeweils mit den radial ausgerichteten Berührungsflächen der Hinterkante der Spitzendeckplatte (200) der in der Rotorscheibe benachbart einsetzbaren Rotorscheufel ineinandergreifend zusammenpassen; und
die radial ausgerichteten Berührungsflächen (202) Berührungsflächen umfassen, die mit der Radialen einen Winkel von bis zu $\pm 10^\circ$ einschliessen.
3. Spitzendeckplatte (200) nach Anspruch 1, bei der
entweder die Vorderkantendämpfungsrippe (204) auf einer Druckseite der Spitzendeckplatte (200) angeordnet ist und die Hinterkantendämpfungsrippe (204) auf einer Saugseite der Spitzendeckplatte (200) angeordnet ist; oder
die Vorderkantendämpfungsrippe (204) auf einer Saugseite der Spitzendeckplatte (200) angeordnet ist und die Hinterkantendämpfungsrippe (204) auf einer Druckseite der Spitzendeckplatte (200) angeordnet ist.
4. Spitzendeckplatte (200) nach Anspruch 1, bei der die Hinterkantendämpfungsrippe (204) eine radiale Position ausserhalb von der Vorderkantendämpfungsrippe (204) aufweist;
eine radial äussere Oberfläche der Vorderkantendämpfungsrippe (204) eine erste Berührungsfläche aufweist und eine radial innere Oberfläche der Hinterkantendämpfungsrippe (204) eine zweite Berührungsfläche aufweist;
die erste Berührungsfläche und/oder die zweite Berührungsfläche eine Verschleissbeschichtung aus kobaltbasiertem Aufschweisspulver aufweist; und
die Vorderkantendämpfungsrippe (204) und die Hinterkantendämpfungsrippe (204) jeweils etwa eine rechteckige Form oder eine Halbkreisform in einer radialen Sichtichtung aufweisen.
5. Spitzendeckplatte (200) nach Anspruch 1, bei der
die Vorderkantendämpfungsrippe (204) eine radiale Position ausserhalb von der Hinterkantendämpfungsrippe aufweist; und
eine radial innere Oberfläche der Vorderkantendämpfungsrippe (204) eine erste Berührungsfläche aufweist und eine radial äussere Oberfläche der Hinterkantendämpfungsrippe (204) eine zweite Berührungsfläche aufweist.
6. Spitzendeckplatte (200) nach Anspruch 1, bei der

die Anzahl von Dämpfungsrippen (204) wenigstens eine Hinterkantendämpfungsrippe (204) sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite der Spitzendeckplatte (200) und wenigstens eine Vorderkantendämpfungsrippe (204) sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite der Spitzendeckplatte (200) enthält;
jede der Vorderkantendämpfungsrippe (204) und eine der Hinterkantendämpfungsrippe (204) einer in der Rotorscheibe benachbart einsetzbaren Rotorscheufel ineinandergreifend zusammenpasst;
wenigstens eine der Vorderkantendämpfungsrippen (204) eine äussere Position bezogen auf wenigstens eine der ineinandergreifend passenden Hinterkantendämpfungsrippen (204) der in der Rotorscheibe benachbarten Rotorscheufel aufweist; und
wenigstens eine der Vorderkantendämpfungsrippen (204) eine innere Position bezogen auf wenigstens eine der dazu ineinandergreifend passenden Hinterkantendämpfungsrippen (204) der benachbarten Rotorscheufel aufweist.

7. Spitzendeckplatte 200 nach Anspruch 1, bei der die Dämpfungsrippen (204) mit der Radialen einen Winkel von 90° einschliessen.
8. Spitzendeckplatte (200) nach Anspruch 1, bei der die Dämpfungsrippen (204) mit der radialen Bezugslinie einen Winkel zwischen 60° und 120° einschliessen.
9. Rotorscheibe für eine Turbinenanlage, wobei die Rotorscheibe eine Anzahl von gleichgestalteten Rotorscheufeln jeweils mit Spitzendeckplatten (200) nach Anspruch 1 aufweist,
wobei die Vorderkantendämpfungsrippe (204) einer Spitzendeckplatte einer ersten Rotorscheufel der Rotorscheibe und die Hinterkantendämpfungsrippe (204) einer Spitzendeckplatte einer zweiten Rotorscheufel der Rotorscheibe, die der ersten Rotorscheufel auf der Rotorscheibe vorangehend benachbart ist, ineinandergreifend passen; und
die Hinterkantendämpfungsrippe (204) der ersten Rotorscheufel und die Vorderkantendämpfungsrippe (204) einer dritten Rotorscheufel, die der ersten Rotorscheufel auf der Rotorscheibe nachfolgend benachbart ist, ineinandergreifend passen.
10. Verfahren zum Betrieb einer Turbinenanlage mit Rotorscheiben nach Anspruch 9, bei der die radiale Position der Vorderkantendämpfungsrippe (204) der Spitzendeckplatten (200) zu der radialen Position der Hinterkantendämpfungsrippe (204) der Spitzendeckplatten (200) versetzt ist, so dass zumindest während eines Teils des Betriebs zumindest eine teilweise Berührung zwischen der Vorderkantendämpfungsrippe (204) und der Hinterkantendämpfungsrippe (204) aufrechterhalten wird,
die Vorderkantendämpfungsrippen (204) und die Hinterkantendämpfungsrippen (204) der Turbinenanlage während einer Hochfahrphase der Turbinenanlage sich teilweise berühren und nach der Hochfahrphase konstant berühren;
oder
während der Hochfahrphase der Turbinenanlage und nach der Hochfahrphase teilweise berühren; oder
während der Hochfahrphase der Turbinenanlage nicht berühren und nach der Hochfahrphase konstant berühren; oder
während der Hochfahrphase der Turbinenanlage nicht und nach der Hochfahrphase teilweise berühren.



Figur 1



Figur 2

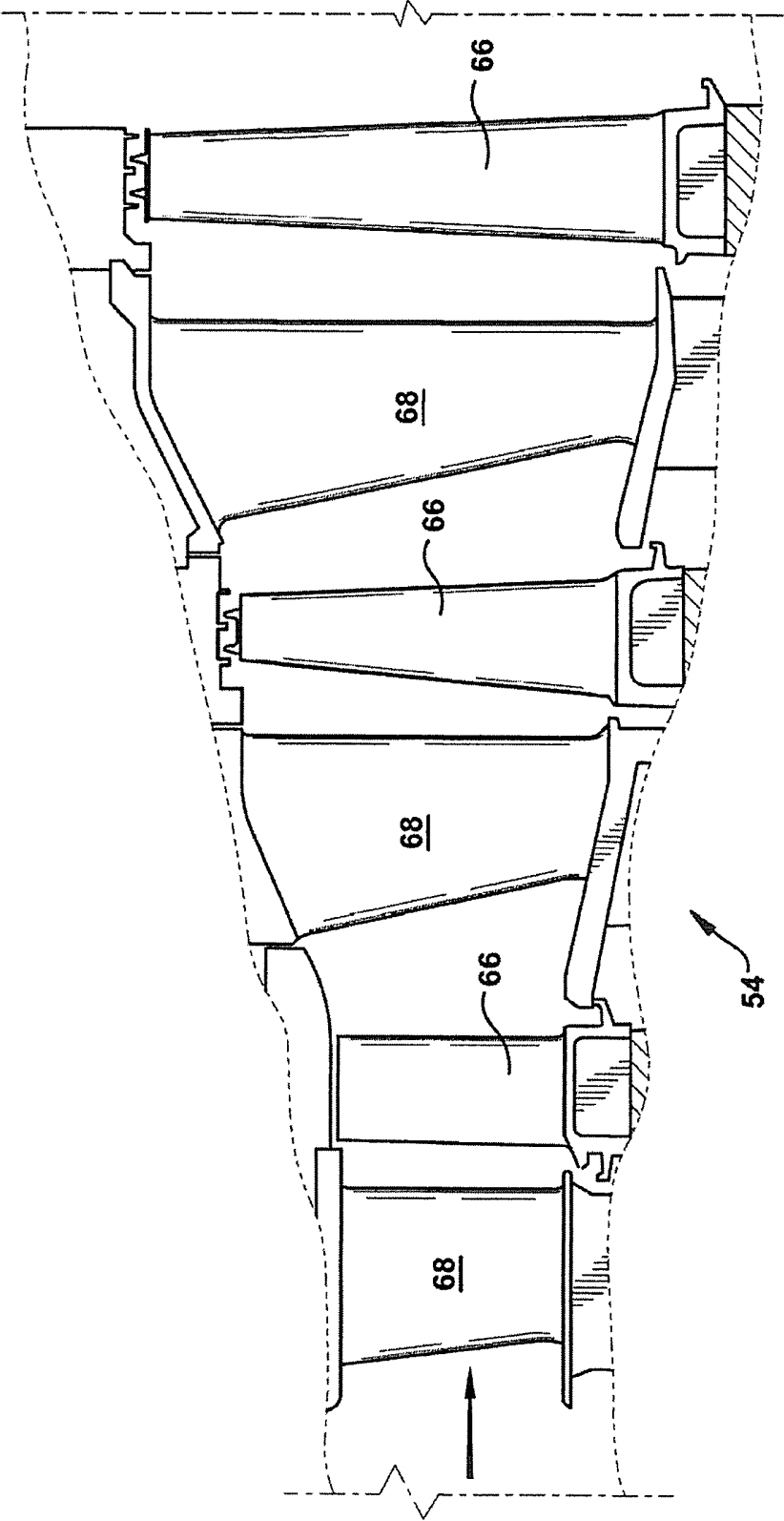
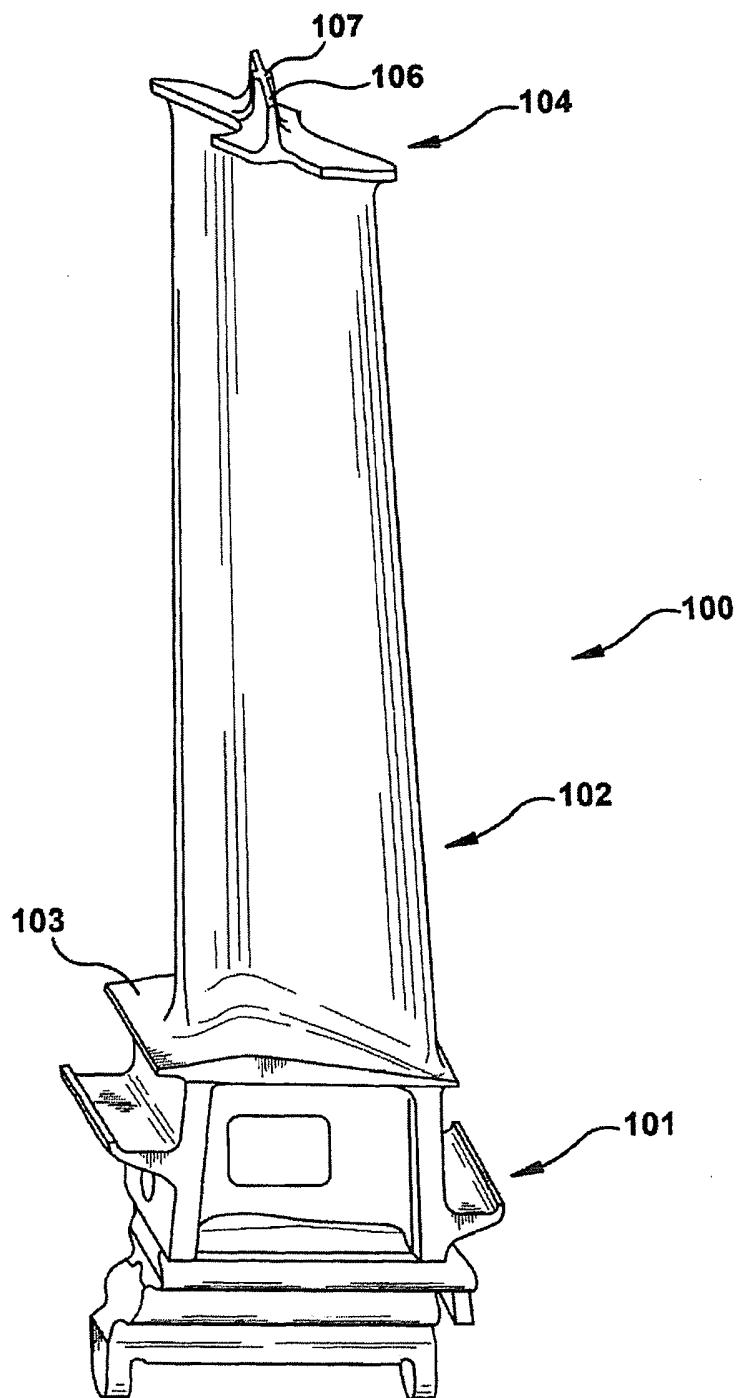
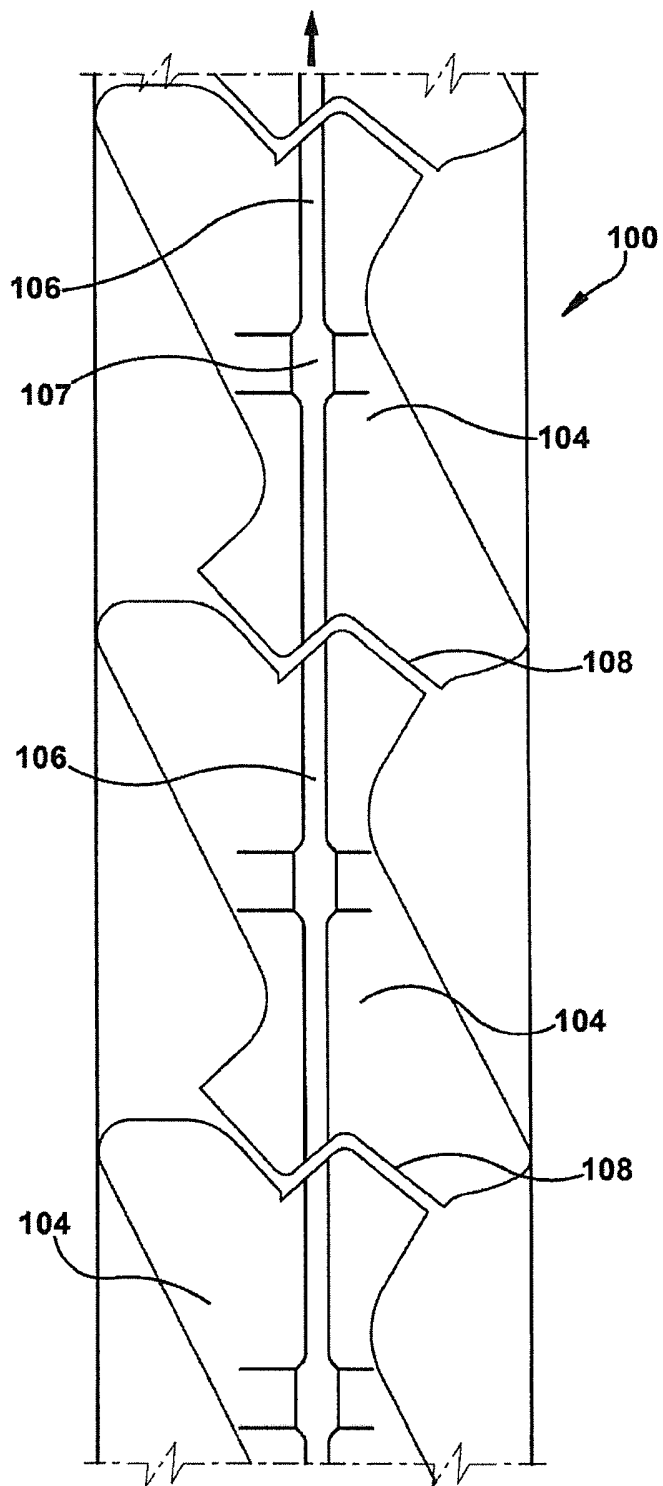


Figure 3

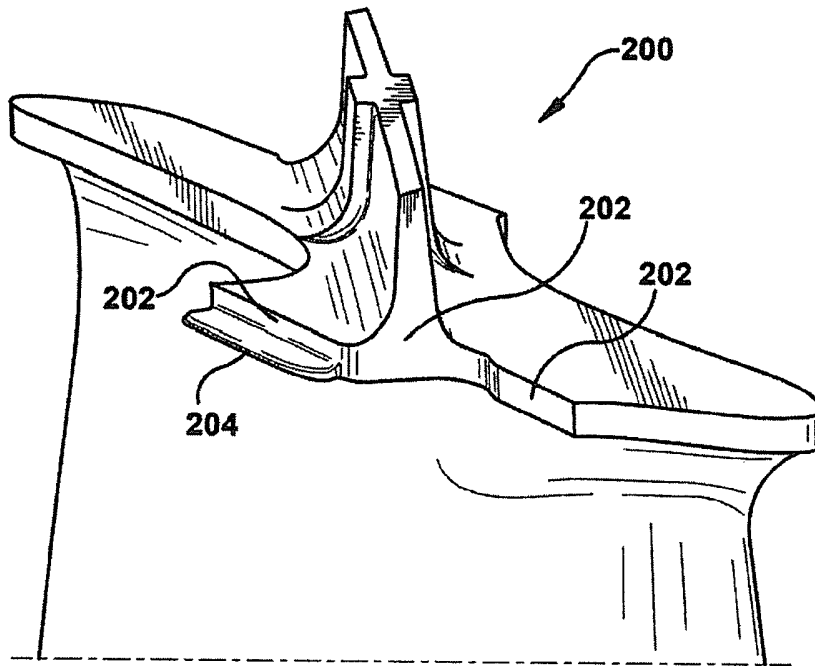


Figur 4

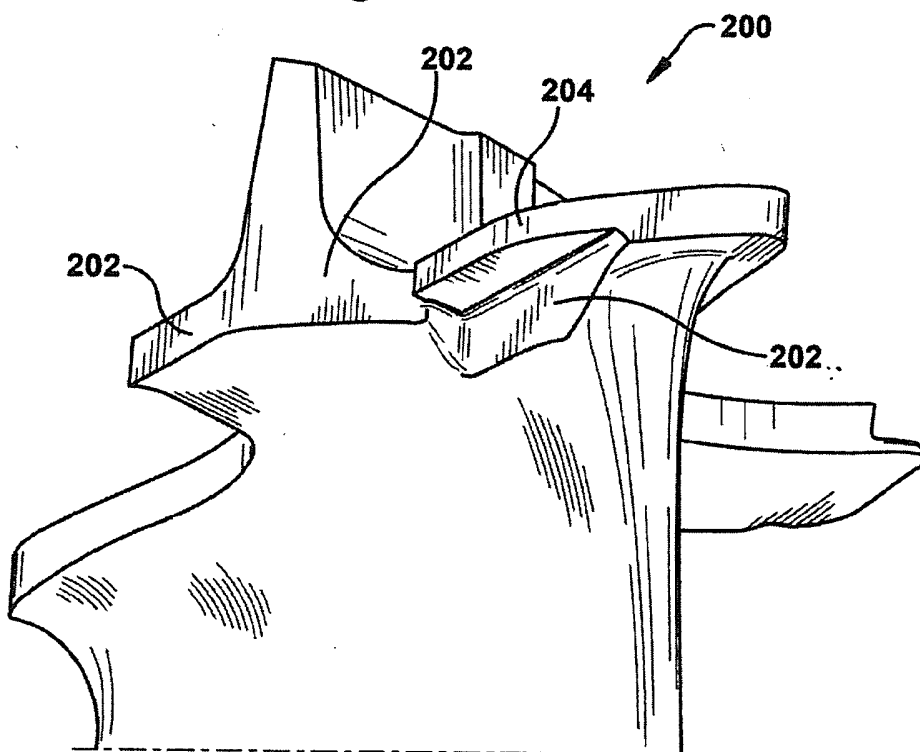
(Stand der Technik)



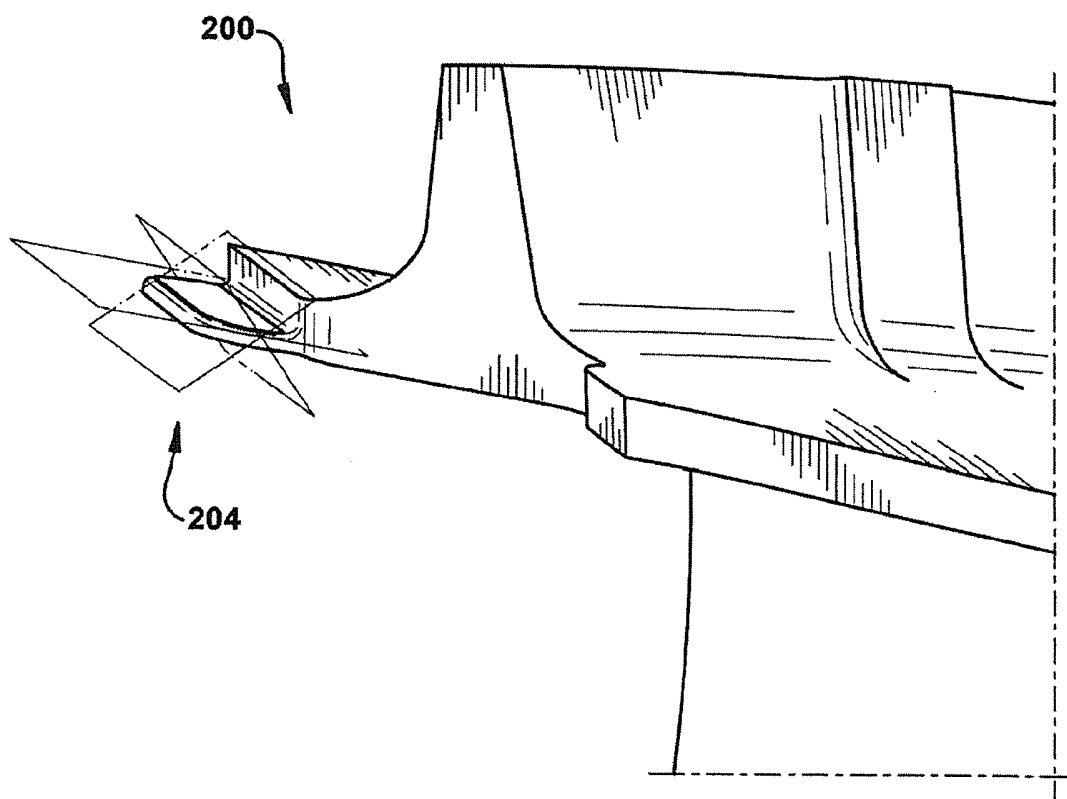
Figur 5
(Stand der Technik)



Figur 6



Figur 7



Figur 8