

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 141 B1

(51) Int. Cl.: F01D 5/30 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00771/10

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

(22) Anmeldedatum: 17.05.2010

(72) Erfinder:
Ian David Wilson,
Simpsonville, South Carolina 29681 (US)
Kenneth Damon Black,
Travelers Rest, South Carolina 29690 (US)
Bradley Scott Carter,
Simpsonville, South Carolina 29681 (US)

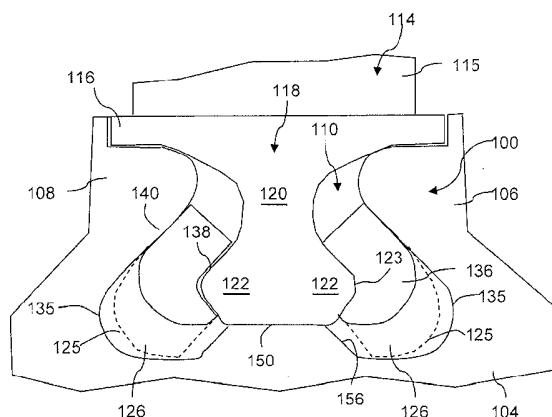
(30) Priorität: 20.05.2009 US 12/469,157

(24) Patent erteilt: 31.12.2014

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

(54) Schwabenschwanzhalterungssystem für um den Umfang einzusetzende Laufradschwabenschwänze.

(57) Geschaffen ist ein Halterungssystem für um den Umfang einzubauende Laufradschwabenschwänze (118), die in eine Schwabenschwanznut (110) in einem Laufrad (100) eingesetzt werden. Eine Anzahl von Laufschaufelschwabenschwänzen (118) lassen sich um den Umfang gleitend in die Schwabenschwanznut (110) hinein und entlang derselben verschieben, wobei jeder Laufschaufelschwabenschwanz einen Hals (120) und ein Paar von gegenüberliegenden Ausbuchtungen (122) aufweist. Eine Anzahl von Schienensegmenten (126) werden gleitend um den Umfang in Kanäle in der Schwabenschwanznut zwischen den Schwabenschwanzausbuchtungen und entsprechenden Scheibenreifen (106,108) eingesetzt. Die Schienensegmente definieren eine erste Druckfläche (138), die in Anlage gegen eine nach aussen weisende Druckfläche der Schwabenschwanzausbuchtungen steht, und eine zweite Druckfläche (140), die in Anlage gegen eine nach innen weisende Druckfläche der entsprechenden Scheibenreifenkomponente steht.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Befestigungssystem für Laufschaufeln, insbesondere Laufradschwalbenschwänze und speziell eine spannungsarme Befestigungskonstruktion für Laufschaufeln, die in einer Umfangsnut in der Laufradscheibe eingebaut sind.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Eine herkömmliche Gasturbine enthält ein Laufrad, das unterschiedliche Laufschaufeln aufweist, die an Laufradscheiben in dem Bläser, Verdichter und in Turbinenabschnitten davon befestigt sind. Jede Laufschaufel weist eine Schaufel, über die die verdichtete Luft strömt, und eine an dem Schaufelblattfuss angeordnete Platte auf, die die radial innenliegende Begrenzung für den Luftstrom definiert. Die Schaufeln sind gewöhnlich abnehmbar und weisen daher einen geeigneten Schwalbenschwanz auf, der dazu eingerichtet ist, mit einer in dem Umfang der Laufradscheibe ausgebildeten komplementären Schwalbenschwanznut in Eingriff zu kommen. Die Schwalbenschwänze können entweder in Axialrichtung einzusetzende Schwalbenschwänze oder um den Umfang einzusetzende Schwalbenschwänze sein, die mit entsprechenden axialen oder um den Umfang angeordneten Nuten in Eingriff kommen, die in dem Laufradumfang ausgebildet sind. Ein Schwalbenschwanz weist gewöhnlich einen Hals mit einer minimalen Querschnittsfläche auf, der sich radial von dem Boden der Laufschaufelplatte ausgehend nach innen erstreckt. Der Hals erweitert sich nach aussen in ein Paar von gegenüberliegenden Schwalbenschwanzausbuchturen.

[0003] Komponenten einer herkömmlichen Gasturbine sind beispielsweise in Fig. 1 veranschaulicht, wobei ein Laufrad 12 mehrere Laufradscheiben 20 enthält, die in Bezug auf die Mittelachse 18 der Turbine koaxial angeordnet sind. Eine Anzahl von um den Umfang beabstandeten Laufschaufeln 22 sind an der Scheibe abnehmbar befestigt und erstrecken sich radial davon nach aussen. Jede Laufschaufel 22 hat eine longitudinale Mittelachse 24 und weist einen Schaufelblattabschnitt 26 mit einer Vorderkante 26a und mit einer Hinterkante 26b (bezogen auf die Richtung des Luftstroms über die Laufschaufel 22) auf. Jede Laufschaufel 22 weist eine Platte 28, die einen Abschnitt der radial innenliegenden Begrenzung für den über die Schaufeln 26 strömenden Luftstrom bildet, und einen einstückig hergestellten Schwalbenschwanz 30 auf, der sich ausgehend von der Platte 28 radial nach innen erstreckt und dazu eingerichtet ist, in um den Umfang beabstandete und sich axial erstreckende Schwalbenschwanznuten axial eingesetzt zu werden, die zwischen entsprechenden Scheibenstützen in der Laufradscheibe 20 definiert sind. Die axialen Nuten und Scheibenstützen erstrecken sich im Wesentlichen über die gesamte axiale Dicke der Scheibe zwischen den axial vorne und hinten angeordneten Stirnflächen derselben.

[0004] Im Falle von um den Umfang angeordneten Schwalbenschwänzen ist zwischen vorderen und hinteren in Umfangsrichtung fortlaufenden Stützen oder «Reifen» eine einzelne Schwalbenschwanznut ausgebildet, die sich in Umfangsrichtung um den gesamten Umfang der Scheibe erstreckt. Ein Beispiel dieser Konstruktion ist in dem US-Patent 6 033 185 gezeigt. Die um den Umfang angeordnete Nut kann an einer Stelle örtlich erweitert sein, um es zu ermöglichen, die einzelne um den Umfang angeordneten Schwalbenschwänze zu Beginn darin einzusetzen und sie anschliessend längs der Schwalbenschwanznut um den Umfang zu positionieren, bis die gesamte Nut mit einer vollständigen Reihe von Laufschaufeln gefüllt ist. In einer weiteren Konstruktion nach dem Stand der Technik ist die um den Umfang angeordnete Nut, wie in Fig. 2 dieser Anmeldung dargestellt, mit um den Umfang beabstandeten Ladeverriegelungsnuten versehen. Gemäss Fig. 2 weist die Laufradscheibe 20 eine fortlaufende um den Umfang angeordnete Nut 18 auf, die zwischen fortlaufenden Reifen 20, 22 definiert ist. Ladenuten 14 sind vorgesehen, um einzelne Laufschaufelschwalbenschwänze anfänglich einzusetzen und zu drehen. Verriegelungsnuten 16 sind vorgesehen, die zum Einsetzen von Riegeln dienen, um die Laufschaufeln in der Nut 18 zu halten.

[0005] In der um den Umfang angeordneten Schwalbenschwanznut weisen die vorderen und hinteren Reifen komplementäre Ausbuchturen auf, die mit den Schwalbenschwanzausbuchturen zusammenwirken, um die einzelnen Laufschaufeln während des Turbinenbetriebs gegen die Zentrifugalkraft radial zurückzuhalten. Jede Schwalbenschwanzausbuchtung enthält eine radial nach aussen weisende äussere Druckfläche, die mit einer entsprechenden radial nach innen weisenden Druckfläche der entsprechenden Scheibenstütze in Anlage steht. Die durch die Laufschaufel während der Rotation erzeugte Zentrifugalkraft wird radial von den Schwalbenschwanzausbuchturen nach aussen übertragen und auf die entsprechenden Scheibenstützen übertragen, die sich an den in Anlage stehenden äusseren (Schwalbenschwanzausbuchungen-) und inneren (Scheibenstützen-)Druckflächen befinden.

[0006] Für die Laufschaufelschwalbenschwänze tritt die maximale Zentrifugalspannung an den Hälsen auf, wobei es erforderlich ist, die Spannung durch die Konstruktion zu begrenzen, um eine Laufschaufellebensdauer zu gewährleisten. Eine typische Verdichterlaufschaufel ist hinsichtlich einer unbegrenzten Lebensdauer konstruiert, was ausreichend gross bemessene Schwalbenschwänze und Hälse voraussetzt, um die Zentrifugalspannung ausreichend weit unterhalb der Festigkeitsgrenzen des Schaufelwerkstoffes zu halten. Für die Laufradscheiben tritt die maximale Spannung, die durch die Zentrifugalkraft der Laufschaufeln und durch axiale Kräfte übertragen wird, in erster Linie an den Schwalbenschwanzreifen auf. Wie allgemein aus dem Stand der Technik bekannt, stellt die Reifenspannung im Falle der Ladeverriegelungskonstruktion eine grössere Beschränkung dar als im Falle einer Konstruktion, die eine fortlaufende Nut verwendet, da die Verriegelungs- und Ladenuten Diskontinuitäten bilden, die für mechanische und thermische Spannungen und für Materialermüdung anfällig sind.

[0007] Beispiele vielfältiger Vorschläge zur Verringerung von Spannungen in Schwalbenschwanzkonstruktionen lassen sich beispielsweise dem oben erwähnten US-Patent 6 033 185; US-Patent 5 310 318; US-Patent 5 100 292; US-Patent 5 271 718; US-Patent 5 584 658; US-Patent 4 451 203; und der US-Patentanmeldungsveröffentlichung 2007/0 014 667 entnehmen.

[0008] Die Fachwelt sucht ständig verbesserte Schwalbenschwanzkonstruktionen, die Spannungen reduzieren und die Nutzungslebensdauer von Laufradkomponenten verlängern, insbesondere da die Grösse von Gasturbinen und die an Gasturbinen gestellten Anforderungen sowie die sich daraus ergebenden Spannungen wachsen.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0009] Der vorliegenden Erfindung ist die Aufgabe gestellt, ein Schwalbenschwanzhalterungssystem sowie ein Verfahren zur Halterung von Schwalbenschwänzen zu schaffen, das Spannungen an dem Schwalbenschwanzhals und an den Nuttenreifen in einer Konstruktion wesentlich reduziert, die eine fortlaufende Nut für einen Einbau um den Umfang verwendet. Die Aufgabe wird erfindungsgemäss durch ein einzigartiges Schwalbenschwanzhalterungssystem gemäss Anspruch 1 gelöst. Zusätzliche Aspekte und Vorteile der Erfindung sind zum Teil in der folgenden Beschreibung erläutert.

[0010] Dieses Halterungssystem ist für um den Umfang einzusetzende Laufradschwalbenschwänze geschaffen, wobei ein Laufrad eine Laufradscheibe mit vorderen und hinteren Reifen aufweist, die eine fortlaufende sich um den Umfang erstreckende Schwalbenschwanznut definieren. Jeder der Reifen definiert in der Schwalbenschwanznut eine radial nach innen weisende Druckfläche. Mehrere Laufschaufeln sind an der Laufradscheibe befestigt, wobei jede Laufschaufel eine Platte und einen Schwalbenschwanz aufweist, der sich ausgehend von der Platte erstreckt. Der Schwalbenschwanz weist einen Hals und ein Paar von gegenüberliegenden Ausbuchtungen auf, wobei jede Ausbuchtung eine nach aussen weisende Druckfläche definiert. Die Schwalbenschwänze lassen sich gleitend in die Schwalbenschwanznut hinein und entlang derselben verschieben, so dass mehrere Laufschaufeln rund um die Laufradscheibe in Umfangsrichtung beabstandet in der Schwalbenschwanznut angeordnet sind. Eine Anzahl von Schienensegmenten mit einer einzigartigen Querschnittsform und Bogenlänge gleiten in Kanäle hinein, die in der Schwalbenschwanznut zwischen den Schwalbenschwanzausbuchtungen und den Reifen gebildet sind. Jedes Schienensegment definiert eine erste Druckfläche, die gegen eine entsprechende nach aussen weisende Druckfläche der Schwalbenschwanzausbuchtung in Anlage steht, und eine zweite Druckfläche, die gegen die nach innen weisende Druckfläche des Reifens in Anlage steht. Mindestens ein Paar von Verriegelungsschienelementen kann vorgesehen sein, wobei jedes Verriegelungsschienelement eine kleinere Querschnittsform als die anderen Schienensegmente aufweist, so dass sie in die Schwalbenschwanznutkanäle passen und noch einen Zugang für ein nachfolgendes radiales Einsetzen eines letzten Schwalbenschwanzes in die Nut zwischen den Verriegelungsschienelementen bereitstellen. Eine Verriegelungsvorrichtung ist dazu eingerichtet, die Verriegelungsschienelemente radial nach aussen mit den nach aussen weisenden Druckflächen der Schwalbenschwanzausbuchtungen und den nach innen weisenden Druckflächen der Reifen in Anlage zu ziehen.

[0011] Es wird ferner ein Schwalbenschwanzhalterungssystem offenbart, jedoch nicht beansprucht, das getrennt ist von einer Laufradscheibe, wobei das System dazu eingerichtet ist, um den Umfang einzusetzende Laufradschwalbenschwänze in einem Laufrad zu halten, das eine Laufradscheibe mit vorderen und hinteren Reifen aufweist, die eine fortlaufende sich um den Umfang erstreckende Schwalbenschwanznut definieren. Das Schwalbenschwanzhalterungssystem enthält eine Anzahl von Laufschaufeln, wobei jede der Laufschaufeln eine Platte und einen Schwalbenschwanz aufweist, der sich ausgehend von der Platte erstreckt. Der Schwalbenschwanz weist einen Hals und ein Paar von gegenüberliegenden Ausbuchtungen auf, wobei jede der Ausbuchtungen eine nach aussen weisende Druckfläche definiert. Die Schwalbenschwänze sind dazu eingerichtet, in der Laufradscheibe in Umfangsrichtung in die Schwalbenschwanznut hinein und entlang derselben zu gleiten, so dass die mehreren Laufschaufeln in der Schwalbenschwanznut rund um die Laufradscheibe in Umfangsrichtung beabstandet sind. Das System enthält eine Anzahl von Schienensegmenten, wobei jedes der Schienensegmente eine geeignete Querschnittsform und Bogenlänge aufweist, so dass ein Paar der Schienensegmente um den Umfang in Kanäle gleiten, die in der Schwalbenschwanznut zwischen den Schwalbenschwanzausbuchtungen und den Laufradscheibenreifen gebildet sind. Jedes der Schienensegmente definiert eine erste Druckfläche, die gegen die nach aussen weisende Druckfläche der Ausbuchtung in Anlage steht, und eine zweite Druckfläche, die dazu eingerichtet ist, gegen eine nach innen weisende Druckfläche des Reifens in Anlage zu kommen.

[0012] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein einzigartiges Verfahren gemäss Anspruch 8, das dazu dient, um den Umfang einzusetzende Laufradschwalbenschwänze in einer sich um den Umfang erstreckenden Schwalbenschwanznut zu halten, die zwischen radial nach innen weisenden Flächen von Laufradreifen definiert ist, wobei die Schwalbenschwänze sich ausgehend von einer Laufschaufelplatte erstrecken und einen Hals und ein Paar von gegenüberliegenden Ausbuchtungen aufweisen. Es gehören zu dem Verfahren die Schritte, die Schwalbenschwänze in radialer Richtung in die Schwalbenschwanznut einzusetzen, und anschliessend um den Umfang gleitend Schienensegmente in Kanäle in der Schwalbenschwanznut einzuführen, die zwischen den Schwalbenschwanzausbuchtungen und den nach innen weisenden Flächen der Reifen definiert sind. Die Schienensegmente kommen mit den nach aussen weisenden Druckflächen der Ausbuchtungen und mit den nach innen weisenden Druckflächen der Reifen in Anlage, um die Zentrifugalkraft der Laufschaufeln auf die Laufradscheibe zu übertragen und zu verteilen. Zu dem Verfahren können ferner die Schritte gehören, Verriegelungsschienelemente gleitend in die Kanäle einzuführen, bevor der letzte der Schwalbenschwänze radial in die Schwalbenschwanznut eingesetzt ist, und danach die Verriegelungsschienelemente in den Kanälen radial

nach aussen zu ziehen, um die nach aussen weisenden Druckflächen der Ausbuchungen und die nach innen weisenden Druckflächen der Reifen in Anlage zu bringen. Dieser Vorgang des Ziehens kann erreicht werden, indem beispielsweise eine Verriegelungsvorrichtung, mit dem jedes Verriegelungsschienenelement versehen ist, durch eine Zugangsöffnung in der Laufschaufelplatte in Eingriff gebracht wird.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0013] Die Erfindung und deren Vorteile wird gemäss bevorzugten Ausführungsbeispielen in der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Figuren mehr im Einzelnen beschrieben:

- Fig. 1 zeigt eine Ausschnittsansicht von Komponenten einer Gasturbinenkonstruktion nach dem Stand der Technik;
- Fig. 2 zeigt eine Ausschnittsansicht einer Laufradscheibenkonstruktion für um den Umfang einzusetzende Laufschaufeln, nach dem Stand der Technik;
- Fig. 3 zeigt in einer Schnittansicht ein Ausführungsbeispiel eines Schwalbenschwanzhalterungssystems für um den Umfang einzusetzende Laufschaufeln;
- Fig. 4 veranschaulicht anhand einer Querschnittsansicht des erfindungsgemässen Ausführungsbeispiels nach Fig. 3 Schienensegmente und Halteschienensegmente in den Schwalbenschwanznutkanälen;
- Fig. 5 veranschaulicht in einer perspektivischen Schnittansicht ein Ausführungsbeispiel der Verriegelungsschienen;
- Fig. 6 zeigt eine andere perspektivische Schnittansicht des erfindungsgemässen Ausführungsbeispiels nach Fig. 5;
- Fig. 7 zeigt eine perspektivische Stirnansicht des in Fig. 3 veranschaulichten Ausführungsbeispiels;
- Fig. 8 veranschaulicht in einer perspektivischen Draufsicht des in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiels speziell eine in der Laufschaufelplatte ausgebildete Zugangsöffnung zu der Verriegelungsvorrichtung;
- Fig. 9 veranschaulicht in einer seitlichen Querschnittsansicht speziell die gewellten Schwalbenschwanzböden und Schwalbenschwanzausnehmungen; und
- Fig. 10 veranschaulicht die gewellten Schwalbenschwanzböden und Schwalbenschwanzausnehmungen in einer Stirnansicht.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0014] Es wird nun auf spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung eingegangen, wobei einige Beispiele der Erfindung in den Zeichnungen veranschaulicht sind. Jedes Ausführungsbeispiel ist mit Blick auf eine Erläuterung von Aspekten der Erfindung unterbreitet und sollte nicht als eine Beschränkung der Erfindung erachtet werden. Beispielsweise können anhand von einem Ausführungsbeispiel veranschaulichte oder beschriebene Ausstattungsmerkmale in Verbindung mit einem anderen Ausführungsbeispiel verwendet werden, um noch ein weiteres Ausführungsbeispiel zu ergeben.

[0015] Mit Bezug auf die perspektivischen Ansichten in Fig. 5 und 6 und die schematischen Ansichten von Fig. 3 und 4 sind mehrere um den Umfang benachbarte Laufschaufeln 114 in einer Schwalbenschwanznut 110 abnehmbar befestigt, die in einer Laufradscheibe 104 definiert ist. Jede Laufschaufel 114 weist einen Schaufelblattabschnitt 115 auf, über den während des Betriebs der Gasturbine Luft geleitet wird. Eine Platte 116 ist einstückig mit einem Fuss des Schaufelblattes 115 verbunden und definiert die radial innenliegende Strömungspfadbegrenzung für Luft, die über die Laufschaufeln 114 strömt.

[0016] Jede Laufschaufel 114 weist einen um den Umfang einzusetzenden Schwalbenschwanz 118 auf, der einstückig mit dem Boden der Plattform 116 verbunden ist, und der sich davon ausgehend radial nach innen erstreckt. Jeder Schwalbenschwanz 118 weist einen Hals 120 und ein Paar von Schwalbenschwanzausbuchungen 122 auf. Wie insbesondere in Fig. 3 und 4 veranschaulicht, weist der Schwalbenschwanz 118 in einem Ausführungsbeispiel relativ zu einer durch den Schwalbenschwanz 118 (in Bezug auf eine Rotationsachse des Laufrads) radial verlaufenden Achse ein symmetrisches Querschnittsprofil auf.

[0017] Wie besonders in Fig. 3 und 4 veranschaulicht, ist die in der Laufradscheibe 104 gebildete Schwalbenschwanznut 110 durch einen rund um den Umfang angeordneten fortlaufenden vorderen Ring oder «Reifen» 106 und einen rund um den Umfang angeordneten fortlaufenden hinteren Reifen 108 definiert. Diese Reifen 106, 108 definieren zwischen sich die Schwalbenschwanznut 110. Jeder der Reifen 106, 108 definiert eine nach innen weisende Druckfläche 112 und einen entsprechenden Kanal 132, der ferner eine Ausbuchtungsausnehmung 132 definiert. In dem veranschaulichten

Ausführungsbeispiel weist die Schwalbenschwanznut 110 ein in Bezug auf eine radiale Mittelachse symmetrisches Querschnittsprofil auf.

[0018] Jede der Ausbuchtungen 122 des Laufradschwalbenschwanzes 118 definiert eine nach aussen weisende Druckfläche 124, die, wie speziell in Fig. 3 und 4 veranschaulicht, gegen die nach innen weisende Druckfläche 112 eines entsprechenden Reifens 106 oder 108 ausgerichtet ist.

[0019] In den veranschaulichten Ausführungsbeispielen weist die Schwalbenschwanznut 110 an dem Boden oder an der radial am weitesten innen liegenden Stelle einen erhabenen Steg 156 auf. Der Schwalbenschwanz 118 weist einen Schwalbenschwanzboden 150 auf, der gegen die Fläche des erhabenen Stegs 156 in Anlage steht.

[0020] Wie mit Blick auf um den Umfang einzusetzende Schwalbenschwänze allgemein bekannt, werden eine Anzahl von Laufradschaufeln 114 in die sich um den Umfang erstreckende Schwalbenschwanznut 110 eingesetzt und werden rund um die Nut geschoben, bis mehrere Laufradschaufeln 114 rund um den Umfang des Laufrads in einer angrenzenden Beziehung angeordnet sind, wie es speziell anhand der partiellen Querschnittsansicht von Fig. 6 veranschaulicht ist.

[0021] Unter allgemeiner Bezugnahme auf Fig. 3 bis 6 werden eine Anzahl von Schienensegmenten 126 in die Schwalbenschwanznut 110 eingesetzt und darin längs der an entgegengesetzten Seiten des Schwalbenschwanzes 118 angeordneten Kanäle 132 um den Umfang bewegt. Diese Halteschienensegmente 126 können ein Querschnittsprofil aufweisen, das im Wesentlichen den Ausbuchtungsausnehmungen 134 entlang der Kanäle 132 entspricht, um positiv in den Kanälen 132 zu sitzen. Beispielsweise weisen die Schienensegmente 136 in dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel eine gekrümmte Ausbuchtungsfäche 125 auf, die mit Blick auf die Form und Abmessungen im Wesentlichen einer gekrümmten Fläche 135 entspricht, die die Ausbuchtungsausnehmung 134 definiert. Dieses Profil stellt sicher, dass die Schienensegmente 126 in der richtigen Weise ausgerichtet und sicher in der Schwalbenschwanznut 110 positioniert sind.

[0022] In Fig. 4 sind die Halteschienensegmente 126 durch gestrichelte Linien veranschaulicht. Die Schienensegmente 126 sind eingehender in Fig. 10 veranschaulicht. Die Schienensegmente 126 weisen eine erste Druckfläche 128 auf, die gegen die nach innen weisende Druckfläche 112 des entsprechenden Reifens 106, 108 in Anlage steht. Die Schienensegmente 126 weisen eine zweite Druckfläche 130 auf, die gegen die nach aussen weisende Druckfläche 124 des entsprechenden Reifens 106 oder 108 in Anlage steht. Auf diese Weise werden Zentrifugalkräfte, die der Schwalbenschwanz 118 während des Betriebs des Laufrads hervorruft, ausgehend von den Schwalbenschwanzausbuchtungen 122 über die Berührungsfläche der Druckflächen 124 und 130, über die Schienensegmente 126 und über die Berührungsfläche der Druckflächen 128 und 112 in die Reifen 106, 108 übertragen.

[0023] Wie in den Ausführungsbeispielen von Fig. 4 und 10 zu sehen, können die Halteschienensegmente 126 mit einer gekrümmten radial nach innen weisenden Fläche 123 ausgebildet sein, die geeignet gestaltet und bemessen ist, um die Ausbuchtungen 122 des Schwalbenschwanzes 118 im Wesentlichen einzufassen.

[0024] Die Anzahl und die Bogenlänge der Schienensegmente 126 werden in Abhängigkeit von dem Laufradumfang, der Anzahl der Laufschaufeln und sonstigen Konstruktionsvariablen unterschiedlich sein. Im Allgemeinen ist die Bogenlänge der Schienensegmente 126 geeignet bemessen, um mindestens zwei benachbarte Laufschaufeln 114 zu überspannen, wie es beispielsweise in der perspektivischen Ansicht von Fig. 6 veranschaulicht ist.

[0025] Es sollte klar sein, dass die Gestalt und Konstruktion der in den Zeichnungen veranschaulichten Halteschienensegmente 126 und entsprechender Kanäle 132 und zugeordneter Ausbuchtungsausnehmungen 134 keine Beschränkung der Erfindung darstellen. Die Gestalt und die Konstruktion dieser Komponenten können innerhalb des Schutzmfangs der Ansprüche in einem weiten Rahmen abweichen.

[0026] Nachdem die gesamte Schwalbenschwanznut 110 mit einer vollständigen um den Umfang angeordneten Reihe von Laufschaufeln 114 besetzt ist und die entsprechenden Halteschienensegmente 126 in den vorderen und hinteren Kanälen 132 um den Umfang der Schwalbenschwanznut 110 positioniert sind, werden Verriegelungsschienenelemente 136 radial in die Schwalbenschwanznut 110 eingesetzt, bevor die letzten der Schwalbenschwänze 118 radial eingesetzt werden. Ein Ausführungsbeispiel der Verriegelungsschienen 136 ist innerhalb der durchgezogenen Linien in Fig. 4 und in der perspektivischen Ansicht von Fig. 7 veranschaulicht. Diese Verriegelungsschienenelemente 136 weisen eine reduzierte Abmessung und Gestalt auf, so dass sie zu Beginn in die Ausbuchtungsausnehmungen 134 der Kanäle 132 passen und dazwischen einen ausreichenden Abstand übrig lassen, um die restlichen Schwalbenschwänze 118 in radialer Richtung einzusetzen. Die Verriegelungsschienenelemente definieren eine erste Druckfläche 138, die gegen die nach aussen weisende Druckfläche 124 einer entsprechenden Ausbuchtung 122 in Anlage steht, und eine zweite Druckfläche 140, die gegen die nach innen weisende Druckfläche 112 eines entsprechenden Reifens 106, 108 in Anlage steht. Die Verriegelungsschienenelemente 136 können übereinstimmende oder unterschiedliche Bogenlängen aufweisen, und sie erstrecken sich bevorzugt entlang mindestens zwei benachbarter Laufschaufeln.

[0027] Nach dem Einsetzen der letzten der Schwalbenschwänze 118 werden die Verriegelungsschienenelemente 136 radial nach aussen in Anlage mit den Ausbuchtungen 122 gezogen. Die Verriegelungsschienenelemente 136 können ebenfalls geeignet gestaltet und konstruiert sein, um die Ausbuchtungen 122, wie in Fig. 4 veranschaulicht, einzufassen. In der endgültigen Stellung der Verriegelungsschienen 136, wie in Fig. 4 gezeigt, wird die Zentrifugalkraft, wie im Vorausgehenden mit Bezug auf die Halteschienensegmente 126 beschrieben, von den Schwalbenschwanzausbuchtungen 122 ausgehend durch die Verriegelungsschienenelemente 136 und in die Laufradscheibenreifen 106, 108 übertragen.

[0028] Um die Verriegelungsschienenelemente 136 in radialer Richtung nach aussen in ihre funktionale Stellung zu ziehen und um die Segmente 136 in dieser Stellung zu verriegeln, ist eine allgemein mit 142 bezeichnete Verriegelungsvorrichtung in Zusammenhang mit dem Halterungssystem vorgesehen. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel weist diese Verriegelungsvorrichtung 142 Gewindestangen 144 auf, die mit einer mit Gewinde versehenen Bohrung oder Mutter in den Verriegelungsschienenelementen 136 in Eingriff kommen. Die Gewindestangen 144 weisen eine Basis 146 auf, die entweder gegen die gekrümmte Fläche 135 der Kanäle 132 in Anlage kommt oder in einer speziell gestalteten Nut oder Ausnehmung in der Schwalbenschwanznut 110 zu liegen kommt. Ein Zugang zu den gegenüberliegenden Enden der Gewindestangen 144 ist, wie besonders in Fig. 8 veranschaulicht, über eine Zugangsöffnung 140 in der Platte 116 einer oder mehrerer der letzten der Laufschaufeln 114 bereitgestellt. Unter Bezugnahme auf Fig. 7 und 8 werden die Gewindestangen, nachdem die letzte Laufschaufel 114 in die Schwalbenschwanznut 110 eingesetzt ist, durch die Achsenöffnung 136 in Gewindestangen 144 gebracht und gedreht, was ein radiales Vorrücken der Verriegelungsschienenelemente 136 nach aussen in den Eingriff mit den Schwalbenschwanzausbuchungen 122 bewirkt, bis die Verriegelungsschienenelemente 136, wie in Fig. 6 und 7 veranschaulicht, ihre endgültige verriegelte Stellung erreichen.

[0029] Es sollte ohne weiteres klar sein, dass jeder Typ einer sonstigen Verriegelungs- oder Positionierungsvorrichtung genutzt werden kann, um die Verriegelungsschienenelemente 136 nach dem Einsetzen des einen oder der mehreren letzten Schwalbenschwänze 118 in Anlage mit den Ausbuchungen 122 zu bringen. Beispielsweise kann eine derartige Vorrichtung eine Sperrklinkeneinrichtung, eine federbelastete Einrichtung und dergleichen beinhalten.

[0030] Für Zwecke des Gleichgewichts, kann es gewünscht sein, dass eine weiterer Verriegelungsschienensegmentkonstruktion der im Vorausgehenden beschriebenen Art oder eine äquivalente Ausgleichsstruktur spiegelbildlich an dem Laufrad an einer Stelle eingerichtet ist, die der Verriegelungsschiene 136 diametral gegenüberliegt.

[0031] Unter Bezugnahme auf Fig. 9 und 10 können die Schwalbenschwanzböden 150, um eine Drehbewegung oder ein Gleiten der Schwalbenschwänze 118 in der Schwalbenschwanznut 110 zu verhindern, eine gewellte Oberfläche 152 aufweisen, die sich in Umfangsrichtung erstreckt. Desgleichen kann der Boden der Schwalbenschwanznuten eine Reihe von individuell gewellten Ausnehmungen 154 aufweisen, die sich in Umfangsrichtung erstrecken. Diese Ausnehmungen 154 können, wie speziell in Fig. 10 veranschaulicht, in dem erhabenen Steg 156 ausgebildet sein. In dieser Konstruktion weist jeder einzelne Schwalbenschwanz 118 einen gewellten Boden 152 auf, der in einer definierten gewellten Ausnehmung 154 in Anlage gebracht wird. Diese Konstruktion wird die Wahrscheinlichkeit einer Drehbewegung oder eines Schlupfs der Schwalbenschwänze 118 entlang der Schwalbenschwanznut 110 verringern. Es ist selbstverständlich, dass der Begriff «gewellt» in dem hier verwendeten Sinne eine beliebige konkave oder konvexe Gestalt einbeziehen soll. Beispielsweise können in den Schwalbenschwänzen 118 gewellte Ausnehmungen ausgebildet sein und in dem erhabenen Steg 156 gewellte Vorsprünge definiert sein.

[0032] Es wird angenommen, dass das einzigartige Schwalbenschwanzhalterungssystem der vorliegenden Erfindung hohe mechanische Spannungen, die im Zusammenhang mit herkömmlichen Lade/Verriegelungsnutgeometrien von herkömmlichen um den Umfang mit Schaufeln zu bestückenden Gasturbinenlaufrädern, insbesondere Verdichterlaufrädern, auftreten, bedeutend verringert, während die Steigung von Schaufelschäften vollständig oder nahezu vollständig erhalten bleibt. Die Konstruktion wird ausserdem Grenzspannungen reduzieren, die in dem Hals und den Ausbuchungen eines Schwalbenschwanzes und in den Laufradscheibenreifen entstehen. Die im Vorliegenden beschriebene einzigartige Konstruktion ermöglicht das Einsetzen eines anderen Werkstoffes zwischen den Schwalbenschwanzausbuchungen und den Laufradscheibenreifen, um Verschleiss und/oder Abrieb an den Berührungsflächen von Komponenten zu verringern. Es wird angenommen, dass die einzigartige Konstruktion gemäss Aspekten der vorliegenden Erfindung Schwalbenschwänze mit einer vollständigen oder nahezu vollständigen Steigung ermöglicht, wodurch mittlere und Spitzenspannungen reduziert werden, der Scherbereich vergrössert und die Aeromechanik der Laufschaufel verbessert wird. Eine Analyse zeigt, dass die einzigartige Konstruktion der vorliegenden Erfindung wesentliche Verbesserungen hinsichtlich einer Reduzierung von Scherspannungen, Biegespannungen, mittleren P/A-Spannungen und Schwingungsrissbildungsgrenzen hervorbringen sollte, was insgesamt eine Verlängerung der Gesamtlebensdauer eines Laufrads zur Folge haben dürfte. Die vorliegende Konstruktion kann sich besonders vorteilhaft für das hintere Ende eines Verdichters erweisen, wo die Metalltemperaturen am höchsten sind und Materialeigenschaften beeinträchtigt sind.

[0033] Die vorliegende Konstruktion bietet ausserdem Vorteile gegenüber den drehend einzusetzenden Laufschaufeln und den Ladeverriegelungsnuten für das Einsetzen von Laufradschwalbenschwänzen in Schwalbenschwanznuten nach dem Stand der Technik, insofern als diese herkömmlichen Systeme erforderten, dass die Schwalbenschwänze in Bezug auf die Umfangslänge einen weit unterhalb der vollen Steigung liegenden Wert aufweisen mussten. Der vorliegende Konstruktionsentwurf ermöglicht eine Konstruktion einer vollständigen oder nahezu vollständigen Steigung, was mittlere und Spitzenspannungen an dem Aussendurchmesser des Laufrads im Wesentlichen eliminiert.

[0034] Während der im Vorliegenden behandelte Gegenstand mit Bezug auf spezielle Ausführungsbeispiele und zugeordnete Verfahren im Einzelnen erläutert wurde, versteht es sich, dass dem Fachmann nach dem verständnisvollen Lesen des Vorausgehenden ohne weiteres äquivalente Formen derartiger Ausführungsbeispiele einfallen können.

[0035] Geschaffen ist ein Halterungssystem für um den Umfang einzubauende Laufschaufelschwalbenschwänze 118, die in eine Schwalbenschwanznut 110 in einem Laufrad 100 eingesetzt werden. Eine Anzahl von Laufschaufelschwalbenschwänzen 118 lassen sich um den Umfang gleitend in die Schwalbenschwanznut 110 hinein und entlang derselben verschieben,

wobei jeder Laufschaufelschwanzschwanz einen Hals 120 und ein Paar von gegenüberliegenden Ausbuchtungen 122 aufweist. Eine Anzahl von Schienensegmenten 126 werden gleitend um den Umfang in Kanäle 132 in der Schwabenschwanznut zwischen den Schwabenschwanzausbuchtungen und entsprechenden Scheibenreifen 106, 108 eingesetzt. Die Schienensegmente definieren eine erste Druckfläche 138, die in Anlage gegen eine nach aussen weisende Druckfläche 124 der Schwabenschwanzausbuchtungen steht, und eine zweite Druckfläche 140, die in Anlage gegen eine nach innen weisende Druckfläche 112 der entsprechenden Scheibenreifenkomponente steht.

Bezugszeichenliste

[0036]

- 12 Laufrad
- 14 Ladenuten
- 16 Verriegelungsnuten
- 18 Mittelachse
- 20 Laufradscheiben
- 22 Laufschaufeln
- 24 Mittelachse
- 26 Schaufeln
- 26a Vorderkante
- 26b Hinterkante
- 28 Plattform
- 30 Schwabenschwanz
- 100
- 104 Laufradscheibe
- 106 Reifen
- 108 Reifen
- 110 Schwabenschwanznut
- 112 Nach innen weisende Druckfläche
- 114 Laufschaufeln
- 115 Schaufelblattabschnitt
- 116 Plattform
- 118 In Umfangsrichtung einzuführender Schwabenschwanz
- 120 Hals
- 122 Schwabenschwanzausbuchtungen
- 123 Innenfläche
- 124 Druckflächen
- 125 Gekrümmte Ausbuchtungsfläche
- 126 Schienensegmente
- 128 Druckflächen
- 130 Druckflächen

- 132 Kanäle
- 134 Ausbuchtungsausnehmung
- 135 Gekrümmte Fläche
- 136 Schienensegmente
- 138 Erste Druckfläche
- 140 Zweite Druckfläche
- 142 Verriegelungsvorrichtung
- 143 Zugangsöffnung
- 144 Gewindestangen
- 146 Basis
- 150 Schwalbenschwanzboden
- 152 Gewellte Oberfläche
- 154 Gewellte Ausnehmungen
- 156 Erhabener Steg

Patentansprüche

1. Schwalbenschwanzhalterungssystem für um den Umfang einer Laufradscheibe einsetzbare Schwalbenschwänze, aufweisend:
ein Laufrad (100), zu dem eine Laufradscheibe (104) mit einem vorderen und einem hinteren Reifen (106,108) gehört, die eine fortlaufende, sich um den Umfang erstreckende Schwalbenschwanznut (110) bilden, wobei die Reifen eine radial nach innen weisende Druckfläche (112) in der Schwalbenschwanznut definieren;
eine Anzahl von Laufschaufeln (114), wobei jede der Laufschaufeln eine Laufschaufelplatte (116) und einen Schwalbenschwanz (118) aufweist, der sich ausgehend von der Laufschaufelplatte (116) erstreckt, wobei der Schwalbenschwanz einen Hals (120) und ein Paar von gegenüberliegenden Ausbuchtungen (122) aufweist, wobei jede Ausbuchtung eine im Wesentlichen radial nach aussen weisende Druckfläche (124) definiert, und wobei der Schwalbenschwanz um den Umfang gleitend in die Schwalbenschwanznut hinein und entlang derselben verschiebbar ist, so dass die mehreren Laufschaufeln in Umfangsrichtung beabstandet um die Laufradscheibe in der Schwalbenschwanznut angeordnet sind;
eine Anzahl von Schienensegmenten (126), wobei jedes der Schienensegmente eine Querschnittsform und Bogenlänge aufweist, so dass ein Paar dieser Schienensegmente um den Umfang in Kanäle (132) zwischen den Schwalbenschwanzausbuchtungen und den Reifen in der Schwalbenschwanznut gleitend einsetzbar sind, wobei jedes der Schienensegmente eine erste Druckfläche (138), die in Anlage gegen die nach aussen weisende Druckfläche der Ausbuchtung steht, und eine zweite Druckfläche (140) definiert, die in Anlage gegen die nach innen weisende Druckfläche des Reifens steht.
2. Schwalbenschwanzhalterungssystem nach Anspruch 1, zu dem ferner wenigstens ein Paar von Verriegelungsschienenelementen (136) gehört, wobei jedes der Verriegelungsschienenelemente eine kleinere Querschnittsform aufweist als diejenige der Anzahl von Schienensegmenten (126), so dass sie in die Schwalbenschwanznutkanäle (132) passen und noch einen Zugang für ein nachfolgendes radiales Einsetzen eines letzten der Schwalbenschwänze (118) in die Schwalbenschwanznut (110) bereitstellen, und zu dem ausserdem eine Verriegelungsvorrichtung (142) gehört, die dazu eingerichtet ist, jedes der Verriegelungsschienenelemente radial nach aussen in Anlage mit den nach aussen weisenden Druckflächen (124) der Ausbuchtungen und den nach innen weisenden Druckflächen (112) der Reifen zu ziehen.
3. Schwalbenschwanzhalterungssystem nach Anspruch 2, wobei die Verriegelungsvorrichtung (142) für jedes der Verriegelungsschienenelemente (136) eine Gewindestange (144), die sich durch das entsprechende Verriegelungsschienenelement erstreckt, und eine in der Laufschaufelplatte (116) ausgebildete Zugangsöffnung (143) aufweist, die fluchtend mit den Gewindestangen ausgerichtet ist, wobei die Verriegelungsschienenelemente längs der Gewindestange radial nach aussen vorgerückt werden, wenn die Gewindestange durch die Zugangsöffnung hindurch gedreht wird.
4. Schwalbenschwanzhalterungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Schwalbenschwanz (118) einen Boden (150) mit einer sich um den Umfang erstreckenden gewellten Oberfläche (152) aufweist, und wobei die Schwal-

CH 701 141 B1

- benschwanznut (110) eine Vielzahl von sich um den Umfang erstreckende gewellte Ausnehmungen (154) aufweist, wobei jeder der Schwalbenschwanzböden in einer entsprechenden gewellten Ausnehmung sitzt.
5. Schwalbenschwanzhalterungssystem nach Anspruch 4, wobei die Schwalbenschwanznut (110) einen auf dem Grund ausgebildeten erhabenen Steg (156) aufweist, wobei die sich um den Umfang erstreckenden gewellten Ausnehmungen (154) in dem erhabenen Steg ausgebildet sind.
 6. Schwalbenschwanzhalterungssystem nach Anspruch 5, wobei die Kanäle (132) Ausbuchtungsausnehmungen (134) aufweisen, die an entgegengesetzten Seiten des erhabenen Stegs (156) angeordnet sind, wobei die Schienensegmente (126) in den Ausbuchtungsausnehmungen angeordnet sind.
 7. Schwalbenschwanzhalterungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Anzahl Schienensegmente (126) ein konturiertes Profil aufweisen, das die Ausbuchtungen (122) einfasst.
 8. Verfahren zur Halterung von um den Umfang eines Laufrads einzusetzenden Laufradschwalbenschwänzen (118) in einer sich um den Umfang erstreckenden Schwalbenschwanznut (110), die zwischen radial nach innen weisenden Oberflächen (112) von Reifen (106, 108) des Laufrads (104) definiert ist, wobei sich die Schwalbenschwänze ausgehend von einer Laufschaufelplatte (116) erstrecken und einen Hals (120) und ein Paar von gegenüberliegenden Ausbuchtungen (122) aufweisen, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören:
Einsetzen der Schwalbenschwänze (118) in die Schwalbenschwanznut (110);
gleitendes Einführen von Schienensegmenten (126) um den Umfang des Laufrads in Kanäle (132) in der Schwalbenschwanznut, die zwischen den Schwalbenschwanzausbuchungen und den nach innen weisenden Oberflächen des Reifens definiert sind, wobei die Schienensegmente in Anlage kommen mit nach aussen weisenden Druckflächen (124) der Ausbuchtungen und nach innen weisenden Druckflächen (112) der Reifen, um Zentrifugalkraft der Laufschaufel (114) auf die Laufradscheibe (104) zu übertragen und verteilen.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, ferner mit den Schritten: Einsetzen von Verriegelungsschienenelementen (136) in die Kanäle (132) vor einem radialen Einsetzen des letzten der Schwalbenschwänze (118) in die Schwalbenschwanznut (110), und danach Ziehen der Verriegelungsschienensegmente in den Kanälen in radialer Richtung nach aussen, um die nach aussen weisenden Druckflächen (124) der Ausbuchtungen und die nach innen weisenden Druckflächen (112) der Reifen in Anlage zu bringen.
 10. Verfahren nach Anspruch 8, ferner mit dem Schritt: Ziehen der Verriegelungsschienensegmente (136) radial nach aussen, indem eine Verriegelungsvorrichtung (142), die mit jedem Verriegelungsschienenelement bereitgestellt ist, durch eine Zugangsoffnung (143) in der Laufschaufelplatte (116) in Eingriff genommen wird.

Fig. 1
Stand der Technik

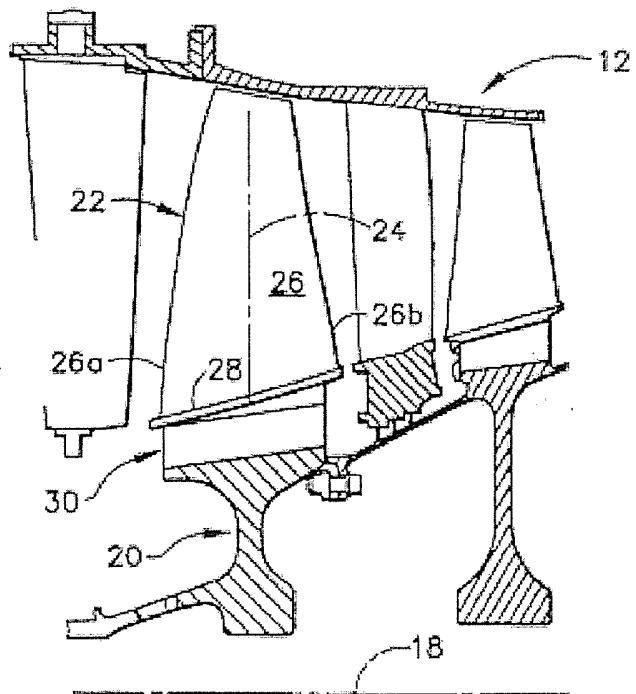
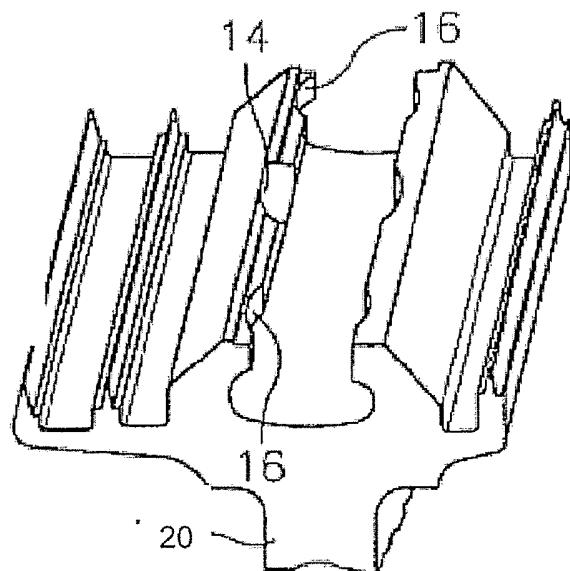


Fig. 2
Stand der Technik



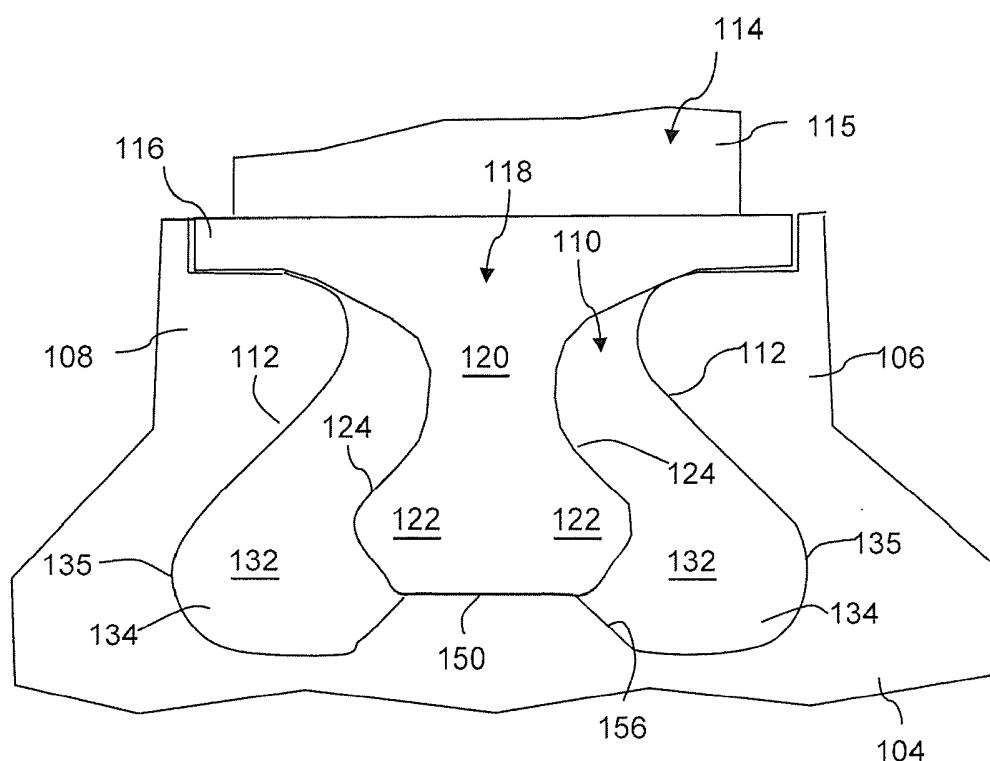


Fig. 3

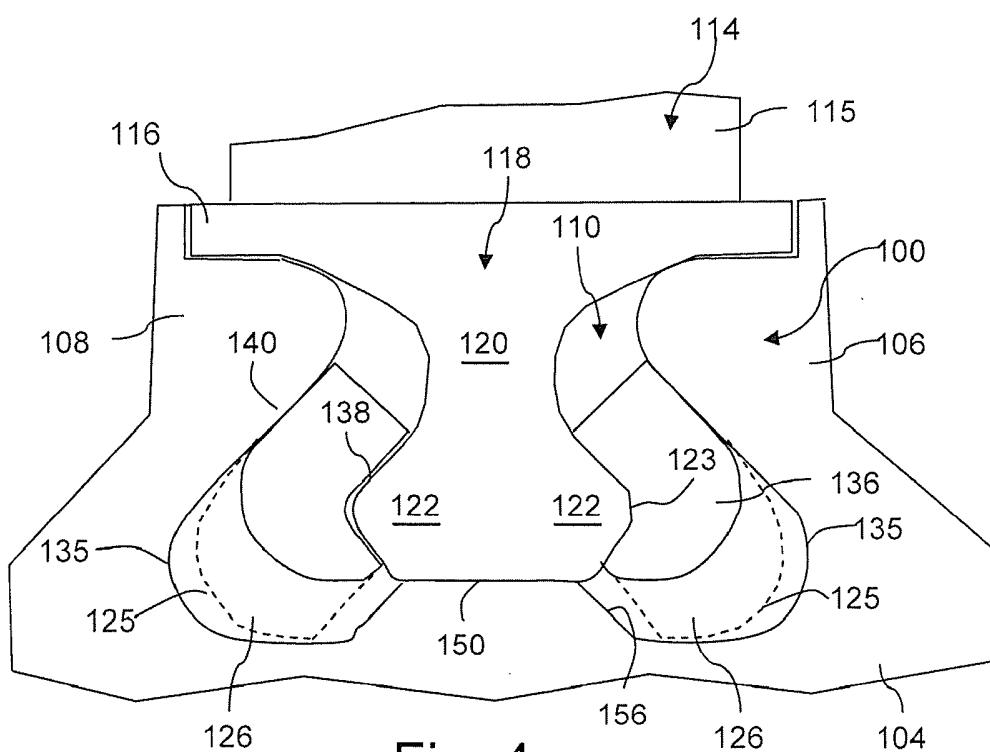


Fig. 4

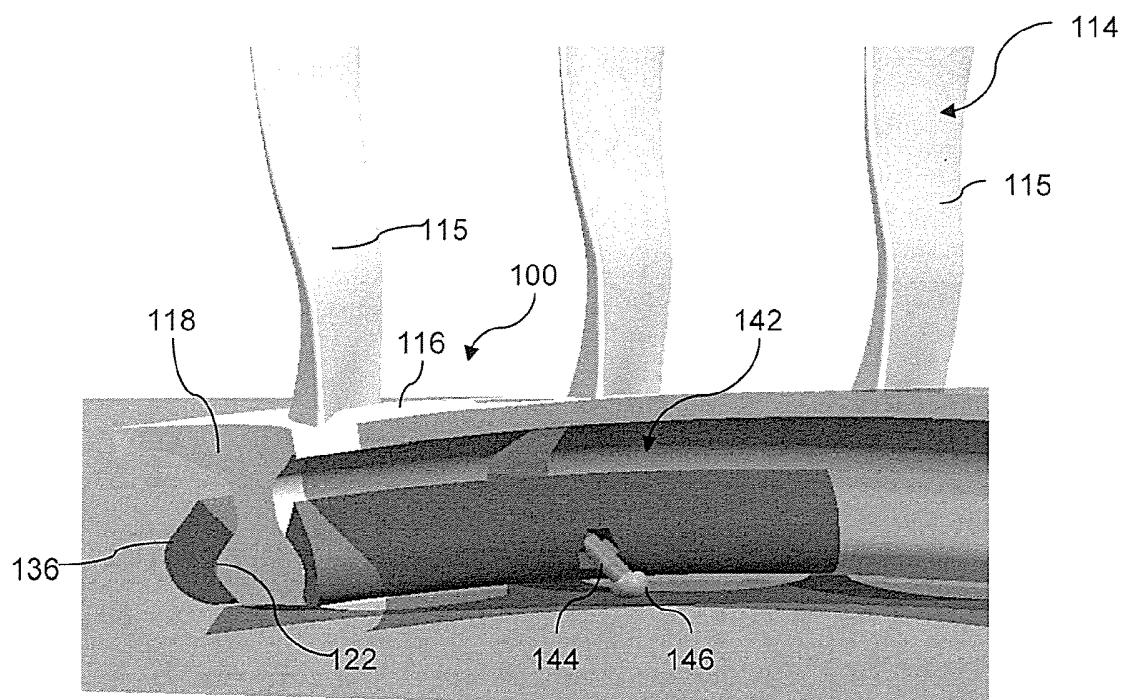


Fig. 5

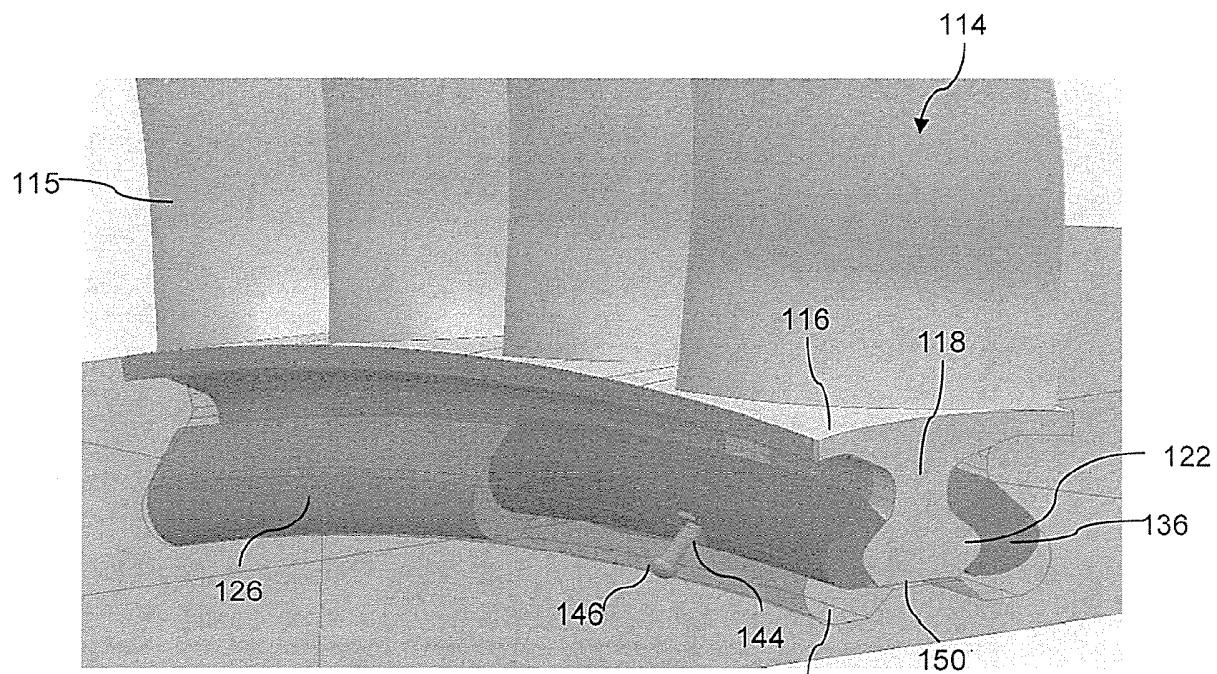


Fig. 6

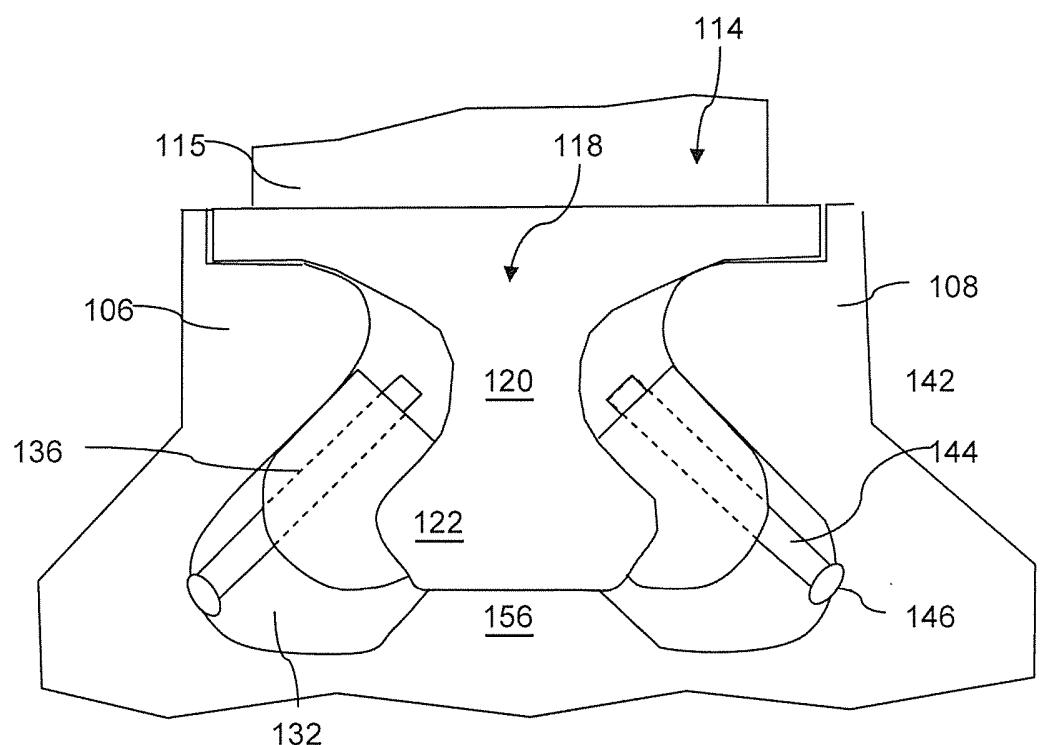


Fig. 7

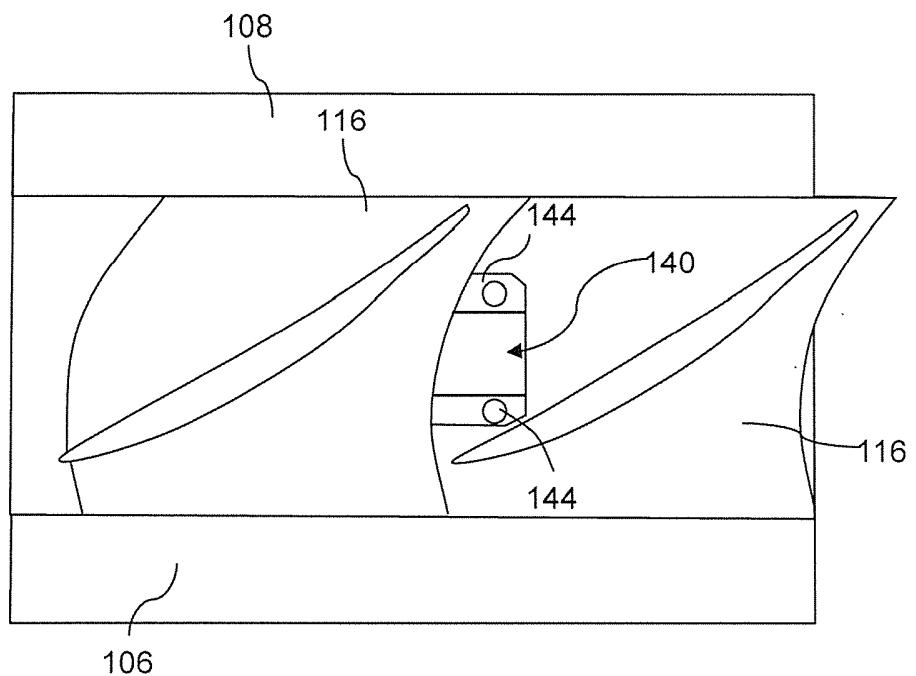


Fig. 8

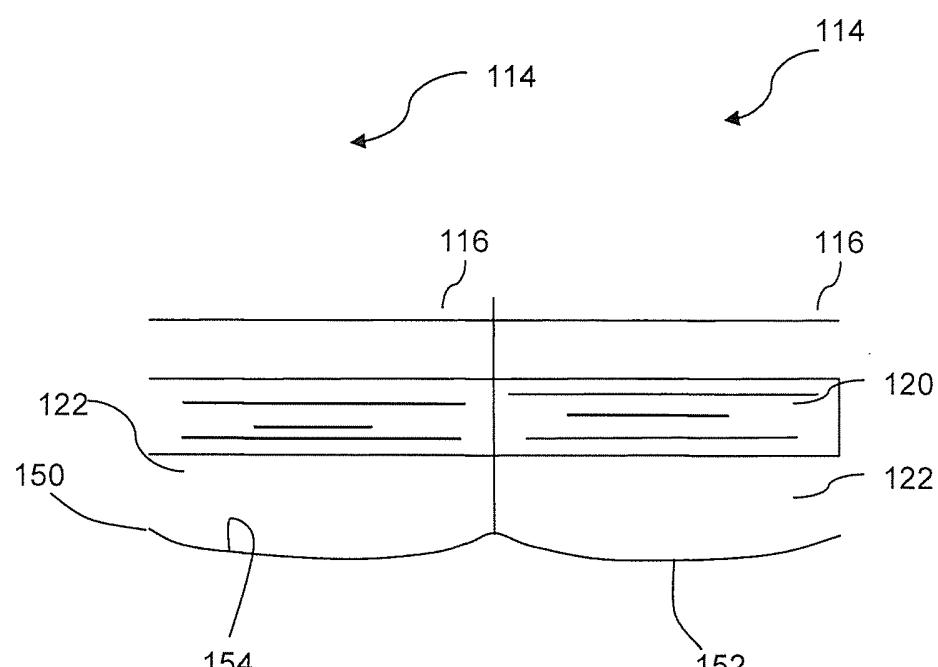


Fig. 9

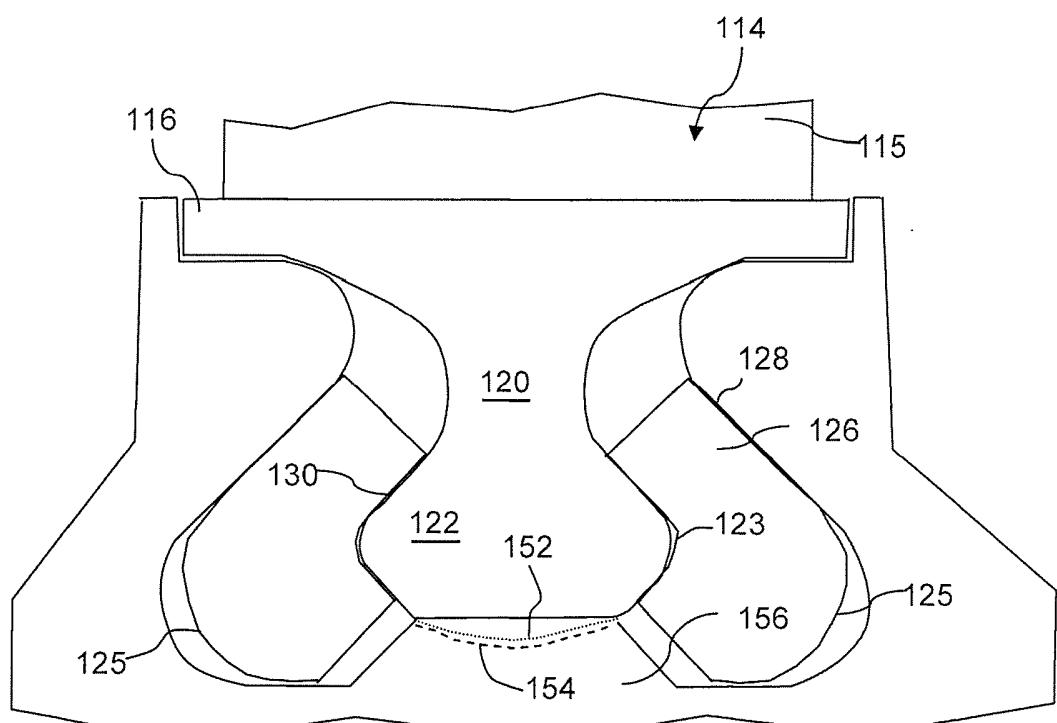


Fig. 10