



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 026 301 A1** 2010.02.18

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 026 301.2**

(22) Anmeldetag: **31.07.2009**

(43) Offenlegungstag: **18.02.2010**

(51) Int Cl.⁸: **F01D 5/22** (2006.01)

F01D 5/00 (2006.01)

B23P 6/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

12/222,091 01.08.2008 US

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(71) Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

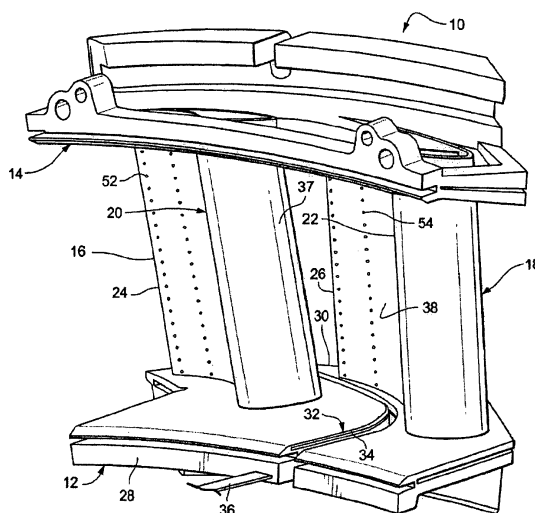
(72) Erfinder:

Bailey, Mark, Simpsonville, S.C., US; Thompson, Christopher Edward, Danvers, Mass., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Geteiltes Leitschaufelpaar und diesbezügliches Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Ein Schaufelpaar (10) für einen Turbinenleitapparat umfasst ein radial innen liegendes Band, ein radial außen liegendes Band (14) und ein Paar Schaufelblätter (16), (18), die sich zwischen dem Innenband und dem Außenband erstrecken. Entweder das innere oder das äußere Band ist in einer im Allgemeinen axialen Richtung entlang einer Teilungslinie (32) geteilt, die zwischen den Schaufelblättern des Schaufelblattpaares verläuft, und eine Dichtung (36) ist zwischen oder angrenzend an einander zugewandte(n) Kanten der Teilungslinie sicher befestigt.



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf die Gasturbinentechnologie und speziell auf die Herstellung oder Reparatur von Turbinenleitapparaten.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Turbinenleitschaufeln werden, um Gusskosten zu sparen, üblicherweise in der Form von Schaufelpaaren gegossen, d. h. gekrümmten Segmenten mit zwei Schaufeln oder Schaufelblättern pro Segment. Die Paar-Konfiguration führt jedoch zu einer hohen Beanspruchung in bestimmten Bereichen des Schaufelpaars, die sich in Form von Rissen zeigen kann. Wenn die Risse eine kritische Größe erreichen, muss das Komponententeil außer Dienst gestellt und repariert werden, um ein katastrophales Versagen des Teils in der Turbine zu vermeiden.

[0003] Bei auf modernere Art gestalteten Gasturbinen-Leitapparaten besteht ein üblicher Ansatz darin, eine Einzel-Konfiguration anstelle der Paar-Konfiguration einzusetzen. Die Verwendung einer Einzel-Konfiguration eliminiert einen Großteil der Beanspruchung, die bei der Paar-Konfiguration die Rissbildung verursacht. Allerdings ist die Herstellung von Einzelschaufeln beträchtlich kostspieliger.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0004] In einer beispielhaften, aber nicht einschränkenden Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein ansonsten konventioneller Turbinenleitapparat mit Schaufelpaaren so modifiziert, dass er sich eher wie ein Leitapparat mit Einzelschaufeln verhält. Zu diesem Zweck wird entweder das Innen- oder das Außenband (d. h. die Seitenwände) des Schaufelpaars geteilt.

[0005] Dementsprechend bezieht sich ein Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung auf ein Schaufelpaar für einen Turbinenleitapparat, das umfasst: ein radial innen liegendes Band, ein radial außen liegendes Band und ein Paar Schaufelblätter, die sich zwischen dem Innenband und dem Außenband erstrecken, wobei entweder das Innen- oder das Außenband in einer im Allgemeinen axialen Richtung entlang einer Teilungslinie geteilt ist, die zwischen den Schaufeln des Schaufelblattpaars verläuft, und wobei eine Dichtung zwischen oder angrenzend an einander zugewandte(n) Kanten der Teilungslinie sicher befestigt ist.

[0006] Ein anderer Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reparatur eines Turbinenleitapparat-Schaufeldpaars, um die Rissbildung zu reduzieren und die Wartungsintervalle zu verlängern, wobei das Schaufelpaar ein Innen- und ein Außenband umfasst, zwischen denen sich ein

Paar Schaufelblätter erstreckt, und wobei das Verfahren umfasst: a) das Entfernen des Schaufelpaars aus der Turbinenleitapparaturbaugruppe und b) die Teilung entweder des Innenbandes oder des Außenbandes vom Vorderende zum Hinterende, zwischen den Schaufelblättern des Paares, sowie das sichere Anbringen einer Dichtung zwischen oder angrenzend an einander zugewandte(n) Kanten der Teilungslinie.

[0007] Die Erfindung wird im Folgenden in Verbindung mit den unten bezeichneten Zeichnungen beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] [Fig. 1](#) ist eine Perspektive eines Turbinenleitapparat-Schaufeldpaars gemäß einer beispielhaften, aber nicht einschränkenden Ausführungsform der Erfindung;

[0009] [Fig. 2](#) ist eine schematische Untersicht des in [Fig. 1](#) gezeigten Schaufelpaars;

[0010] [Fig. 3](#) ist eine schematische Untersicht einer Variante des in [Fig. 2](#) gezeigten Schaufelpaars;

[0011] [Fig. 4](#) ist eine Perspektive eines Turbinenleitapparat-Schaufeldpaars gemäß einer anderen beispielhaften, aber nicht einschränkenden Ausführungsform der Erfindung;

[0012] [Fig. 5](#) ist eine schematische Draufsicht auf das in [Fig. 4](#) gezeigte Schaufelpaar und

[0013] [Fig. 6](#) ist eine schematische Draufsicht auf eine Variante des in [Fig. 5](#) gezeigten Schaufelpaars.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0014] Wie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt, umfasst ein Leitschaufelpaar-Segment (oder einfach: Schaufelpaar) **10** für einen Gasturbinenleitapparat ein radial innen liegendes Band bzw. eine Seitenwand **12** und ein radial außen liegendes Band bzw. eine Seitenwand **14**. Das Leitschaufelpaar bildet im Wesentlichen ein gekrümmtes Segment aus einer Vielzahl derartiger Leitschaufelpaar-Segmente, die innerhalb einer ringförmigen Membran derart sicher befestigt sind, dass die Schaufeln den Turbinenrotor (nicht gezeigt) umgeben, wobei Reihen von Schaufeln oder Schaufelblättern auf dem Rotor sich in konventioneller Weise auf entgegengesetzten Seiten der stationären Leitschaufel befinden.

[0015] In dieser beispielhaften Ausführungsform erstreckt sich ein Paar Schaufeln oder Schaufelblätter **16, 18** radial zwischen dem Innen- und dem Außenband **12, 14**. Die Schaufelblätter verfügen jeweils über Anströmkanten **20, 22** und Abströmkanten **24,**

26. Die in [Fig. 1](#) dargestellte Ausrichtung vorausgesetzt, kann das Innenband **12** des Leitschaufelpaars als mit einem Vorder- oder Anströmende **28** und einem Hinter- oder Abströmende **30** versehen betrachtet werden, d. h., der Luftstrom bewegt sich von dem Ende **28** zum Ende **30**. Dieselbe Ausrichtung vorausgesetzt, kann das Schaufelblatt **18** als das rechte Schaufelblatt und das Schaufelblatt **20** als das linke Schaufelblatt betrachtet werden.

[0016] Die oben beschriebene Paar-Konfiguration ist im Wesentlichen eine Viergelenkverbindung (four-bar linkage), die in der Umgebung eines Gasturbinenleitapparats die oben erwähnten unerwünscht hohen Beanspruchungen erzeugt, besonders in dem Schaufelblatt **18** an der rechten Seite des Paares. Es hat sich herausgestellt, dass eine Verringerung der Beanspruchung des Schaufelblatts **18**, das zu einer thermischen Ausdehnung in Radialrichtung neigt, das dadurch verursachte Rissbildungsproblem reduzieren kann. In der beispielhaften Implementierung wird dies durch Teilung des Innenbands **12** und damit Entkopplung der Viergelenkverbindung erreicht. Genauer gesagt, wird eine Teilungslinie **32** gebildet, die von dem Vorderende **28** zu dem Hinterende **30** zwischen den Schaufelblättern **16** und **18** verläuft. In der beispielhaften Konfiguration in [Fig. 1](#), wobei das Außenband sicher an einem Haltering befestigt ist, der die radiale Ausdehnung des Außenbands verhindert, ermöglicht es die Teilung, dass das Schaufelblatt **18** das Innenband in Radialrichtung einwärts drückt, während das Schaufelblatt sich durch thermisches Wachstum ausdehnt. Es handelt sich hier um eine Bewegung von nicht mehr als einigen Tausendstel Zoll, die aber ausreicht, um den thermisch induzierten Stress zu reduzieren. In der bevorzugten Anordnung folgt die Teilungslinie **32** im Wesentlichen der Krümmung der Saugseite **37** des Schaufelblatts **20** oder der Druckseite **38** des Schaufelblatts **18**, um den Schneidprozess zu vereinfachen.

[0017] Das geteilte Innenband **12** kann durch jedes geeignete Verfahren, beispielsweise durch Drahterodieren oder Kohlelektrodenabtragen hergestellt werden. Wird die Teilungslinie **32** in einem Winkel geschnitten und/oder ist sie ausreichend dünn, wird der Leckagestrom durch das Innenband **12** in Radialrichtung unbedeutend sein. Bevorzugt können jedoch seitliche Kerben oder Nuten **34** in die einander zugewandten Innenbandkanten geschnitten werden, die die Teilungslinie definieren, und eine flexible Dichtung, beispielsweise ein flexibles Metallgewebe **36**, kann in die gleichgerichteten Nuten **34** eingesetzt werden, um eine solidere Dichtung gegen Leckage zu bilden. Andere Dichtungen, wie beispielsweise Blechdichtungen, können ebenfalls eingesetzt werden, wobei die Dichtungen an einer Stelle mittels Heftschiweißen so angeheftet werden, dass die Drücke in dem Triebwerk ohne eine Bindung entlang der Teilungslinie für eine ausreichende Abdichtung sor-

gen.

[0018] [Fig. 3](#) zeigt einen alternativen Weg bzw. eine alternative Form für die Innenband-Teilungslinie. In diesem Fall besteht die Teilungslinie **40** aus zwei geradlinigen Segmenten **42**, **44**, wobei das Segment **42** im Wesentlichen parallel zu den Seitenkanten **46**, **48** des Innenbands bzw. der Seitenwand **12** verläuft und das Segment **44** im Wesentlichen parallel zu einer der schrägen Seitenkanten **50** des Innenbands **12** verläuft. Ansonsten ist das in [Fig. 3](#) gezeigte Leitschaufelpaar im Wesentlichen mit dem in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellten identisch. Es ist ersichtlich, dass bei dieser Teilungslinien-Anordnung die Dichtung **36** aus zwei einzelnen Dichtungstreifen bestehen kann, die von entgegengesetzten Enden der Teilungslinie eingeführt werden. Die Dichtungstreifen würden dann am Schnittpunkt der Segmente **42**, **44** aufeinandertreffen.

[0019] Die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigen eine alternative Leitschaufelpaar-Konfiguration, bei der das Außenband des Paares geteilt ist. Zum Zweck dieser Offenbarung kann angenommen werden, dass das Schaufelpaar ansonsten identisch mit dem Schaufelpaar **10** ist; außerdem werden zur Bezeichnung einander entsprechender Elemente, Oberflächen und ähnlicher Elemente gleiche Bezugszeichen verwendet, denen allerdings das Präfix „1“ hinzugefügt wurde. Folglich umfasst das Schaufelpaar **110** ein radial innen liegendes Band bzw. eine Seitenwand **112** und ein radial außen liegendes Band bzw. eine Seitenwand **114**.

[0020] In dieser beispielhaften Ausführungsform erstreckt sich ein Paar Schaufelblätter **116**, **118** radial zwischen dem Innen- und dem Außenband **112**, **114**. Die Schaufelblätter verfügen jeweils über Anströmkannten **120**, **122** und Abströmkannten **124**, **126** ([Fig. 5](#)). Auf die in [Fig. 4](#) gezeigte Ausrichtung bezogen, kann man es so betrachten, dass das Innenband **112** des Leitschaufelpaares ein Vorder- oder Anströmende **128** und ein Hinter- oder Abströmende **130** aufweist, und auch hier strömt die Luft vom Ende **128** zum Ende **130**. In dieser beispielhaften Ausführungsform ist eine Teilungslinie **132** in dem Außenband **114** ausgebildet und verläuft zwischen den Schaufelblättern **116** und **118** vom Vorderende **128** zum Hinterende **130**. In der bevorzugten Anordnung folgt die Teilungslinie **132** im Wesentlichen der Krümmung der Teilungslinie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#).

[0021] Die Seitenkanten der Teilungslinie **132** können ebenfalls eingekerbt oder mit Nuten versehen sein, um eine Dichtung **36** aufzunehmen, wie in der zuvor beschriebenen Ausführungsform.

[0022] [Fig. 6](#) zeigt eine Variante, bei der die Teilungslinie **138** aus zwei geradlinigen Segmenten **140**, **142** besteht und wiederum die Dichtung (nicht gezeigt in [Fig. 6](#)) aus einzelnen Segmenten bestehen

kann, die am Schnittpunkt der Dichtungs-Liniensegmente **140**, **142** ineinandergreifen.

[0023] Um thermisch induzierte Beanspruchungen der Schaufelblätter weiter zu reduzieren, kann die Druckseite der Schaufelblätter mit einer konventionellen Wärmedämmschicht beschichtet sein. Dies ist besonders nützlich bei dem rechten Schaufelblatt **18** (oder **118**), da die Beanspruchungen auf der jeweils rechten Seite der Schaufelpaare größer sind. Durch Beschichtung der Hochtemperatur-Seite des Schaufelblatts wird dieses gekühlt und weist daher eine geringere Tendenz zur thermischen Ausdehnung auf. Es ist ebenso vorteilhaft, die Schaufelblätter **16**, **18**, **116** oder **118** wirkungsvoller zu kühlen, indem beispielsweise Kühllöffnungen **52** entlang der Abströmkannte eines oder beider Schaufelblätter und Filmkühlöffnungen **54** stromauf der Abströmkannten-Öffnungen (zu sehen nur in [Fig. 1](#)) vorgesehen werden. Es ist ersichtlich, dass die Positionen der Öffnungen und Löcher variieren können, um die Ergebnisse zu optimieren. Eine derartige Kühlung reduziert die Temperaturdifferenz zwischen den Schaufelblättern und dem Innen- und Außenband bzw. den Seitenwänden. Selbstverständlich können Kombinationen von Beschichtungen und Kühllöffnungen zusammen mit den Teilungslinien angewendet werden, um eine größere Reduzierung der Beanspruchung zu erreichen und so die einsetzende Rissbildung zu reduzieren oder zumindest zu verzögern.

[0024] Während die Erfindung in Verbindung mit der Ausführungsform beschrieben wurde, die gegenwärtig als die praktikabelste und bevorzugte Ausführungsform angesehen wird, versteht es sich, dass die Erfindung nicht auf die offenbarte Ausführungsform beschränkt sein soll, sondern im Gegenteil verschiedene Abwandlungen und gleichwertige Anordnungen abdecken soll, wie sie in dem Geist und Anwendungsbereich der angefügten Ansprüche enthalten sind.

[0025] Ein Schaufelpaar **10** für einen Turbinenleitapparat umfasst ein radial innen liegendes Band, ein radial außen liegendes Band **14** und ein Paar Schaufelblätter **16**, **18** die sich zwischen dem Innenband und dem Außenband erstrecken. Entweder das innere oder das äußere Band ist in einer im Allgemeinen axialen Richtung entlang einer Teilungslinie **32** geteilt, die zwischen den Schaufelblättern des Schaufelblattpaars verläuft, und eine Dichtung **36** ist zwischen oder angrenzend an einander zugewandte(n) Kanten der Teilungslinie sicher befestigt.

Patentansprüche

1. Schaufelpaar (**10**) für einen Turbinenleitapparat:
mit einem in Radialrichtung innen liegendes Band (**12**);

mit einem in Radialrichtung außen liegendes Band (**14**) und mit einem Paar Schaufelblätter (**16**), (**18**) die sich zwischen dem Innenband und dem Außenband erstrecken, wobei entweder das Innenband oder das Außenband in einer im Wesentlichen axialen Richtung entlang einer Teilungslinie (**32**) geteilt ist, die zwischen den Schaufeln des Schaufelblattpaars verläuft, und wobei zwischen oder angrenzend an einander zugewandte(n) Kanten der genannten Teilungslinie eine Dichtung (**36**) sicher gehalten ist.

2. Schaufelpaar nach Anspruch 1, wobei die Teilungslinie (**32**) in dem in Radialrichtung innen liegenden Band ausgebildet ist.

3. Schaufelpaar nach Anspruch 1, wobei die Dichtung (**36**) von einem Vorderende (**28**) des radial innen oder außen liegenden Bandes zu einem Hinterende (**30**) des radial innen oder außen liegenden Bandes verläuft.

4. Schaufelpaar nach Anspruch 2, wobei die Dichtung (**36**) von einem Vorderende (**28**) des radial innen oder außen liegenden Bandes zu einem Hinterende (**30**) des radial innen oder außen liegenden Bandes verläuft.

5. Schaufelpaar nach Anspruch 1, wobei die Dichtung (**36**) aus einer flexiblen Metallgewebedichtung oder Blechdichtung besteht, die sicher entlang der Teilungslinie (**32**) befestigt ist.

6. Schaufelpaar nach Anspruch 1, wobei die Druckseite (**38**) eines der Schaufelblätter (**16**), (**18**) mit einer Wärmedämmschicht beschichtet ist.

7. Schaufelpaar nach Anspruch 4, wobei die Druckseite (**38**) eines der Schaufelblätter (**16**), (**18**) mit einer Wärmedämmschicht beschichtet ist.

8. Schaufelpaar nach Anspruch 6 wobei die rechte Schaufel (**18**) des Schaufelblattpaars (in Richtung von vorn nach hinten gesehen) auf ihrer Druckseite mit einer Wärmedämmschicht beschichtet ist.

9. Schaufelpaar nach Anspruch 1, wobei die Teilungslinie (**132**) in dem in Radialrichtung außen liegenden Band ausgebildet ist.

10. Verfahren zur Reparatur eines Turbinenleitapparat-Schaufelpaars (**10**), um die Rissbildung zu reduzieren und die Wartungsintervalle zu verlängern, wobei das Schaufelpaar ein Innen- und ein Außenband (**12**), (**14**) umfasst, zwischen denen sich ein Paar Schaufelblätter (**16**), (**18**) erstreckt, wobei das Verfahren umfasst:

- das Entfernen des Schaufelpaars (**10**) aus der Turbinenleitapparatbaugruppe und
- das Teilen entweder des Innenbands (**12**) oder des Außenbands (**14**) vom Vorderende (**28**) zum Hin-

terende (30) zwischen den Schaufelblättern des
Schaufelpaars.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

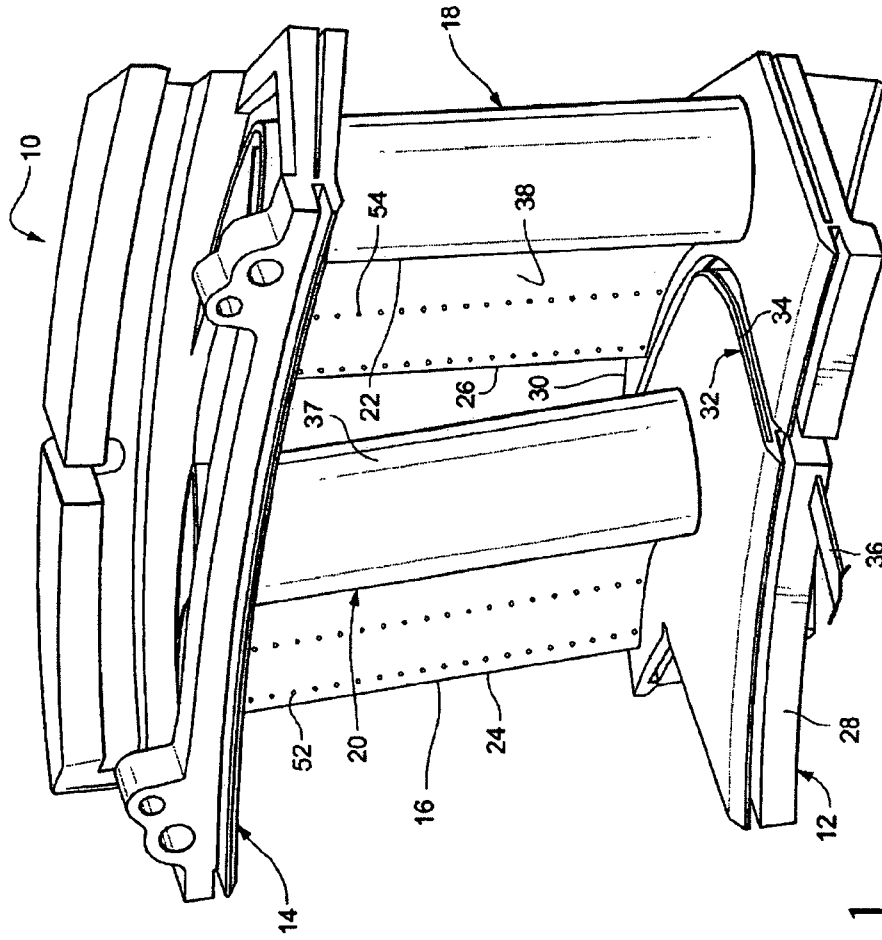
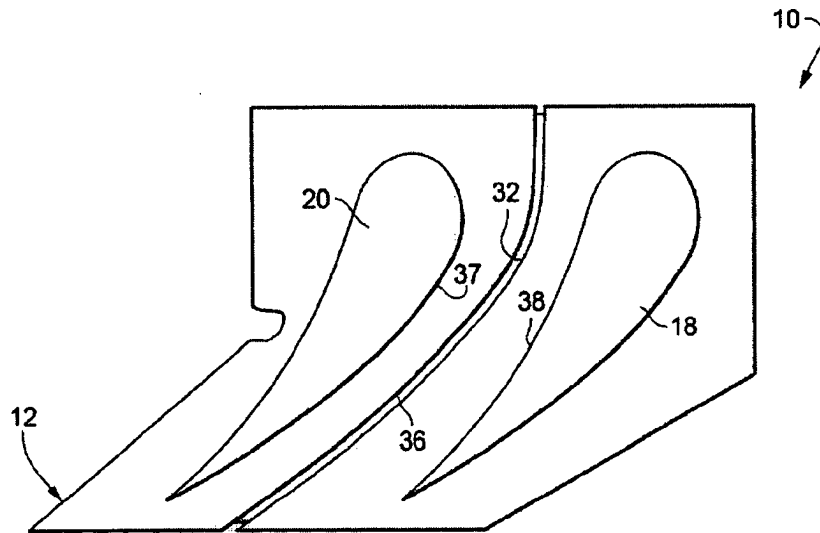
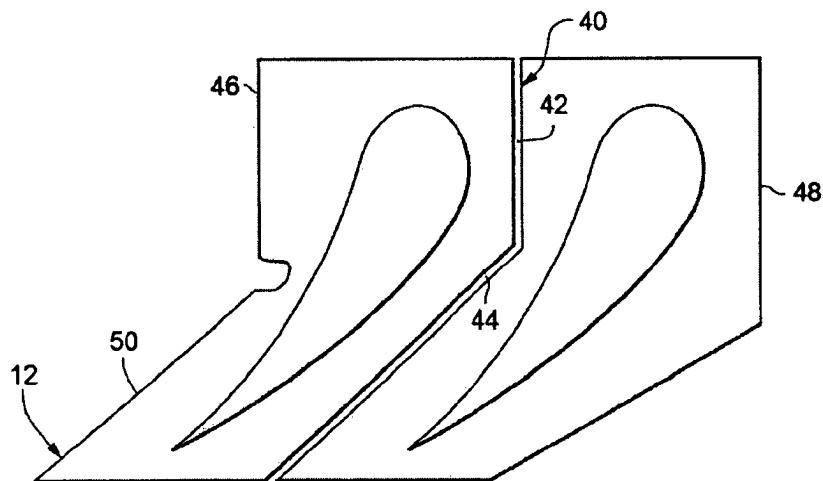


Figure 1



Figur 2



Figur 3

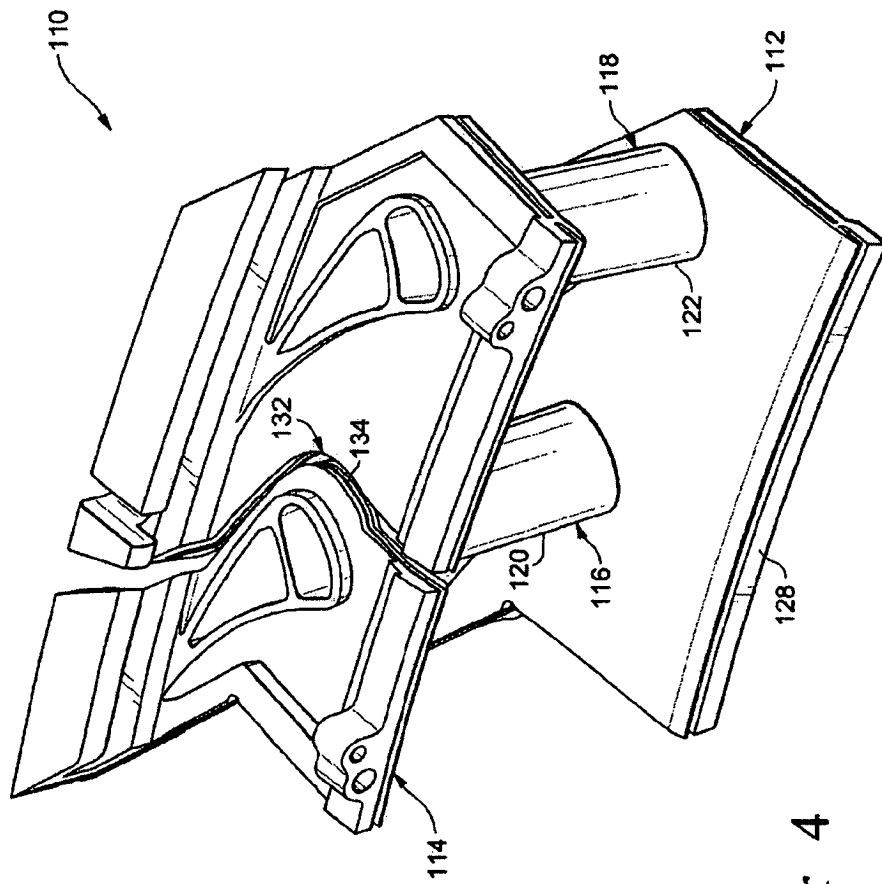
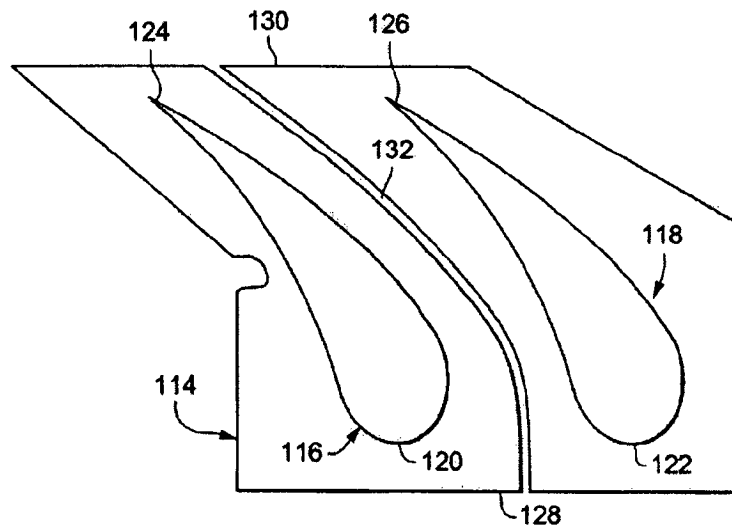
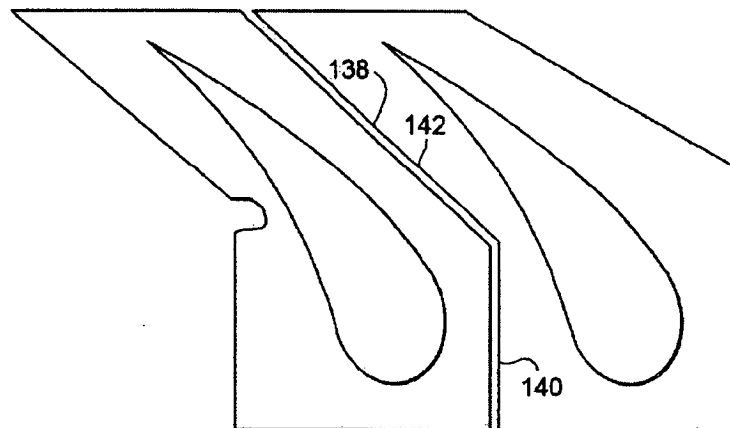


Figure 4



Figur 5



Figur 6