



(10) DE 10 2015 225 166 A1 2016.06.16

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2015 225 166.7

(51) Int Cl.: **F16J 15/16 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 15.12.2015

(43) Offenlegungstag: 16.06.2016

(30) Unionspriorität:

14/569,837

15.12.2014 US

(74) Vertreter:

Kohl, Thomas, Dipl.-Ing. Univ., 97421 Schweinfurt,  
DE

(71) Anmelder:

Kaydon Ring &amp; Seal, Inc., Baltimore, Md., US

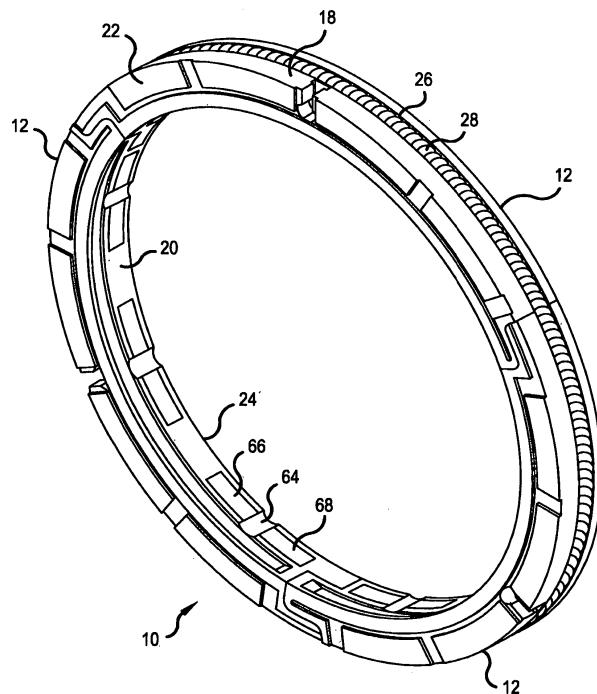
(72) Erfinder:

Haynes, George Perry, Baltimore, Md., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bogenförmig gebundene Ringdichtung und eine bogenförmig gebundene Ringdichtung enthaltendes Ringdichtungssystem**

(57) Zusammenfassung: Eine Ringdichtung für eine Welle enthält mehrere bogenförmige Ringsegmente, wobei jedes der mehreren Ringsegmente eine radial äußere Fläche, eine radial innere Fläche, eine erste axiale Seitenfläche, eine zweite axiale Seitenfläche, ein erstes Ende und ein zweites Ende enthält, eine die mehreren bogenförmigen Segmente in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration haltende Feder und mindestens eine Umfangsrampe in der radial inneren Fläche jedes der mehreren Ringsegmente, die dazu konfiguriert ist, ein Luftkissen zu erzeugen, wenn sich eine Welle in der Ringdichtung dreht. Weiterhin ein Ringdichtungssystem, das die Ringdichtung und eine Welle enthält.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine bogenförmig gebundene Ringdichtung und auf eine bogenförmig gebundene Ringdichtung und eine Welle enthaltenes System und insbesondere auf eine bogenförmig gebundene Ringdichtung, die Strukturen zur Erzeugung eines Abhebens enthält, und auf ein System, das eine bogenförmig gebundene Ringdichtung, die Strukturen zur Erzeugung eines Abhebens enthält, und eine Welle enthält.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Es sind verschiedene Vorrichtungen zur Bildung einer Dichtung zwischen einer drehbaren Welle (oder einer/einem auf einer drehbaren Welle angebrachten Buchse oder Laufrad) und einem/einer die Welle umgebenden stationären Gehäuse oder anderen Struktur bekannt. Einige Dichtungen stellen eine Berührung mit der Welle her, um eine Leckage auf ein Minimum zu reduzieren, und können als "umlaufende Berührungswellendichtungen" bezeichnet werden. Diese Dichtungen enthalten einen oder mehrere Dichtringe mit Umfangsinnenflächen, die die sich drehende Buchse berühren und an der Buchse während ihrer Drehung gleiten. Solche Dichtungen können aus verfestigtem und gesintertem Kohlegraphit hergestellt sein, um Wärme- und Verschleißfestigkeit zu gewährleisten, und sie sind oftmals als mehrere miteinander verbindbare Ringsegmente gebildet, um eine Installation um die Buchse herum zu erleichtern. Die Dichtringe werden durch eine geeignete Haltevorrichtung in Position gehalten, und eine solche Ringe enthaltende Dichtung kann Vorbelastungsvorrichtungen, wie zum Beispiel eine Umfangsfeder oder einen Schraubenfederring, zum Zusammenhalten der Dichtungssegmente und mehrere Axialdruckfedern zum Unterstützen eines seitlichen Sitzes der Dichtungssegmente am stationären Gehäuse enthalten.

**[0003]** Berührungsdichtungen sind zwar beständig und können einen hohen Grad an Wärme und Reibung widerstehen, jedoch verursacht Gleitkontakt mit einer sich drehenden Buchse letztendlich einen Verschleiß der Dichtringe. Die Verschleißrate der Kohletringe basiert teilweise auf der relativen Drehzahl der Buchse und der Welle und bei einigen Hochleistungstrahltriebwerken kann diese als lineare Geschwindigkeit ausgedrückte Drehzahl über längere Zeitspannen 600 Fuß/Sekunde oder ca. 400 Meilen/Stunde übersteigen. Die bei solchen Drehzahlen durch Berührung erzeugte Wärme verursacht Verschleiß der Dichtringe, und deshalb müssen die Ringe häufig gewartet und/oder ausgetauscht werden. Der Wunsch nach einer längeren Betriebslebensdauer und einem höheren thermischen Wirkungsgrad hat die Dichtungsin-

dustrie dazu bewegt, nach Alternativen für umlaufende Berührungsdichtungen zu suchen.

**[0004]** Eine massive Buchsendichtung ist eine Alternative zu einer umlaufenden Berührungsdichtung. Wie der Name schon sagt, sind diese Dichtungen massiv oder einteilig, und sie vermeiden das Problem von Verschleiß, indem sie zwischen der Welle und der Dichtung einen geringen Abstand oder Spalt aufrechterhalten. Die Wellen, auf denen Dichtungen verwendet werden, dehnen sich jedoch aufgrund von Wärmeausdehnung und/oder Zentrifugalkraft während der Verwendung oft aus. Um eine Beschädigung einer massiven Buchsendichtung zu vermeiden, muss der Innendurchmesser der Dichtung groß genug sein, um von der ausgedehnten Welle beabstandet zu bleiben. Dieses Erfordernis der Bereitstellung eines Spalts führt zu einer relativ großen Leckrate beim Start, wenn die Welle kühl ist. Wenn der Spalt nicht groß genug ist, kann die Welle des Weiteren einen Riss oder eine andere Beschädigung der Dichtung verursachen, wenn sie sich erwärmt und ausdehnt.

**[0005]** Eine andere Alternative zu Berührungsdichtungen ist die umlaufende Gasfilmdichtung. Ähnlich wie die umlaufende Berührungsdichtung enthält diese Dichtung einen oder mehrere Kohledichtringe, die eine sehr leichte Berührungskraft gegen die Welle oder Buchse ausüben, wenn sie sich dreht und wenn sie sich nicht dreht. Die leichte Berührungskraft wird durch Leiten von Hochdruckgas zu gegenüberliegenden Flächen durch Zwischenräume und gefräste Ausschnitte erreicht. Im Falle einer umlaufenden Berührungsdichtung liegt der Außendurchmesser des Rings über seine gesamte Breite frei, während der Innendurchmesser über seine gesamte Breite freiliegt, außer der Breite eines kleinen Dichtungsdamms. Dies erzeugt ein Ungleichgewicht der Kraft, die die Dichtung leicht gegen die sich drehende Buchse anlegt. Das Erzeugen einer kraftausgeglichenen Berührung auf diese Weise wird als hydrostatische Dichtung bezeichnet, und eine hydrostatische Dichtung kann sowohl dann, wenn sich die Welle dreht, als auch wenn die Welle stationär ist, aufrechterhalten werden.

**[0006]** Als Alternative oder zusätzlich dazu kann eine hydrodynamische Dichtung durch Ausbilden von Aussparungen oder Ausschnitten auf der Seite des Dichtrings, die der Buchse zugewandt ist, erzeugt werden. Bei Drehung der Buchse wird durch die sich drehende Buchse mitgeführte Luft in diesen Ausschnitten komprimiert, und wenn sie über die nicht ausgesparten "Blöcke" zwischen den Aussparungen entweicht, erzeugt sie zusätzlichen Druck und Luftstrom zum Aufrechterhalten einer Trennung zwischen dem Dichtring und der Buchse. Eine umlaufende Gasfilmdichtung wird in der gleichzeitig anhängigen US-Patentanmeldung Nr. 14/132,571 "Bidirectio-

nal Lift-Off Circumferential Shaft Seal Segment and A Shaft Seal Including A Plurality of the Segments" offenbart, deren Inhalt hiermit durch Bezugnahme mit eingeschlossen wird. Umlaufende Gasfilmdichtungen erzeugen weniger Reibung und weniger Wärme als umlaufende Berührungsdiichtungen, wodurch sie im Allgemeinen länger halten, weniger Wartung erfordern und weniger Ölkühlungswirkungsverlust erfahren als Berührungsdiichtungen.

**[0007]** Es gibt eine steigende Nachfrage nach Dichtungen, die bei höheren Temperaturen und Drücken betrieben werden können. Moderne Strahltriebwerkskonstruktionen erfordern robustere Dichtungen, die bei höheren Drehzahlen, Temperaturen und Drücken als jemals zuvor betrieben werden können, und viele herkömmliche Dichtungen werden unter diesen Bedingungen schnell beeinträchtigt. Gasfilmdichtungen neigen insbesondere zu einer Beschädigung, wenn sie mit einer sich drehenden Welle verwendet werden, die am oberen Ende des Bereichs, für den sie ausgelegt ist, betrieben wird. Andererseits verhindern Dichtungen, die nicht robust genug sind, den Betrieb eines Motors über seinen vollen Bereich aus Angst einer Beschädigung der Wellendichtungen.

**[0008]** Bei hohen Drehzahlen und Drücken neigt die sich drehende Welle trotz des Vorhandenseins der oben besprochenen Ausschnitte dazu, gegen die Dichtung zu reiben und sie zu beschädigen. Das heißt, die Dichtung kann nicht länger einen adäquaten Luftfilm zum Stützen der Dichtung aufrechterhalten, und die sich drehende Welle kommt mit der Dichtung in Berührung. Die Geometrie der radial inneren Dichtungsfläche ändert sich mit ihrem Verschleiß und bildet danach eine weniger effektive Dichtung mit der Wellenoberfläche, wenn sie nach Anhalten der Welle wieder auf die Wellenoberfläche zurückfällt. Wenn die Grenzfläche zwischen Welle und Dichtung wiederholt extremen Bedingungen ausgesetzt wird, wird die radial innere Fläche der Dichtung weiter beschädigt, und die beschädigte Dichtung kann letztendlich völlig versagen, wenn die Geometrie der radialen Innenfläche der Dichtung nicht länger dazu ausreicht, ein Abheben zu erzeugen und die Dichtung in einem Abstand zur Welle zu halten.

## KURZFASSUNG

**[0009]** Diesen und weiteren Problemen wird durch Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung begegnet, von der ein erster Aspekt eine Ringdichtung für eine Welle umfasst, wobei die Ringdichtung mehrere bogenförmige Ringsegmente enthält, wobei jedes der mehreren Ringsegmente eine radial äußere Fläche, eine radial innere Fläche, eine erste axiale Seitenfläche, eine zweite axiale Seitenfläche, ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist. Des Weiteren enthält die Ringdichtung eine die mehreren bogenförmigen Segmente in einer bogenförmig gebun-

denen Konfiguration haltende Feder, und die radial innere Fläche jedes der mehreren Ringsegmente enthält mindestens eine Umfangsrampe, die dazu konfiguriert ist, ein Luftkissen zu erzeugen, wenn sich eine Welle in der Ringdichtung dreht.

**[0010]** Ein anderer Aspekt der Offenbarung umfasst ein Ringdichtungssystem, das eine Welle mit einer Außenfläche, wobei ein Teil der Außenfläche einen Außendurchmesser aufweist, und eine die Welle umgebende Ringdichtung enthält. Die Ringdichtung umfasst mehrere bogenförmige Ringsegmente, wobei jedes der Ringsegmente eine radial äußere Fläche, eine radial innere Fläche, die dem Teil der Außenfläche zugewandt ist, eine erste axiale Seitenfläche, eine zweite axiale Seitenfläche, ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist. Eine Feder hält die mehreren bogenförmigen Segmente in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration, und der Innendurchmesser der mehreren Ringsegmente in der bogenförmig gebundenen Konfiguration ist größer als der Außendurchmesser des Teils der Welle. Die Innenfläche jedes der mehreren Ringsegmente enthält einen Entlüftungsschlitz, der von der ersten axialen Fläche zu der zweiten axialen Fläche verläuft, und mindestens eine Aussparung ist in der radial inneren Fläche in Verbindung mit dem Entlüftungsschlitz vorgesehen und verläuft von dem Entlüftungsschlitz in einer Umfangsrichtung.

**[0011]** Ein weiterer Aspekt der Offenbarung umfasst eine Ringdichtung für eine Welle, wobei die Ringdichtung ein Ringglied mit mindestens einem gekrümmten Ringelement und mindestens einer Verbindung aufweist. Das mindestens eine gekrümmte Ringelement weist eine radial äußere Fläche, eine radial innere Fläche, eine erste axiale Seitenfläche, eine zweite axiale Seitenfläche, ein erstes Umfangsende und ein zweites Umfangsende auf, und das Ringglied ist zwischen einer bogenförmig gebundenen Konfiguration, in der das erste Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements das zweite Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements berührt, und einer nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration, in der das erste Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements um den Umfang von dem zweiten Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements beabstandet ist, verschiebbar. Eine Feder ist dazu vorgesehen, das Ringglied in der bogenförmig gebundenen Konfiguration zu halten, und die radial innere Fläche des Ringglieds enthält mindestens eine Umfangsrampe, die dazu konfiguriert ist, ein Luftkissen zu erzeugen, wenn sich die Welle in der Ringdichtung dreht.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0012]** Diese und andere Aspekte Merkmale der Offenbarung werden nach Lektüre der folgenden detail-

lierten Beschreibung zusammen mit den angehängten Zeichnungen besser verständlich, darin zeigen:

**[0013]** **Fig. 1** eine perspektivische Ansicht einer aus mehreren Ringsegmenten gebildeten Ringdichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung;

**[0014]** **Fig. 2** eine erste perspektivische Ansicht eines Steckendes eines der Ringsegmente von **Fig. 1**;

**[0015]** **Fig. 3** eine zweite perspektivische Ansicht des Steckendes von **Fig. 2**;

**[0016]** **Fig. 4** eine erste perspektivische Ansicht eines Aufnahmeendes eines der Ringsegmente von **Fig. 1**;

**[0017]** **Fig. 5** eine zweite perspektivische Ansicht des Aufnahmeendes von **Fig. 4**;

**[0018]** **Fig. 6** eine Detailansicht eines Teils der radial inneren Fläche der Ringdichtung von **Fig. 1**;

**[0019]** **Fig. 7** ein teilweise als Schnitt ausgeführter Aufriss der Ringdichtung von **Fig. 1**, die in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration auf einer Welle angebracht ist;

**[0020]** **Fig. 8** ist ein teilweise als Schnitt ausgeführter Aufriss der Ringdichtung und Welle von **Fig. 7**, wobei sich die Dichtung in einer offenen oder nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration befindet.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0021]** Nunmehr auf die Zeichnungen Bezug nehmend, in denen die Abbildungen nur der Veranschaulichung derzeit bevorzugter Ausführungsformen der Offenbarung dienen und diese nicht einschränken sollen, stellt **Fig. 1** eine Ringdichtung **10** aus mehreren einzelnen bogenförmigen Segmenten **12**, zum Beispiel drei 120-Grad-Segmenten, die durch nachfolgend beschriebene Verbindungen auf geeignete Weise miteinander verbunden sind, dar. Jedes der Segmente **12** weist ein erstes Ende **14** und ein zweites Ende **16** auf. Bei der vorliegenden Ausführungsform kann angesichts ihrer jeweiligen Konfiguration das erste Ende **14** als das "Aufnahmeende" bezeichnet werden, und das zweite Ende **16** kann als das "Steckende" bezeichnet werden; das erste und das zweite Ende können jedoch auch auf andere Weisen, unten besprochen, konfiguriert sein, bei denen die Wortteile "Steck-" und "Aufnahme-" möglicherweise nicht zutreffen.

**[0022]** Der Dichtring **10** (und jedes der Segmente **12**, die den Dichtring **10** bilden) weist eine radial äußere Fläche **18**, eine radial innere Fläche **20**, eine erste axiale Seitenfläche **22** und eine zweite axiale Seitenfläche **24** auf. Die radial äußere Fläche **18** jedes

Segments **12** enthält eine Umfangsnut **26**, und eine Umfangsfeder oder ein Schraubenfederring **28** ist in der Umfangsnut **26** zum Halten der ersten Enden **14** der Dichtungssegmente **12** an den zweiten Enden **16** benachbarter Dichtungssegmente auf eine bogenförmig gebundene Weise zur Bildung des Dichtrings **10** angebracht.

**[0023]** Wie hierin verwendet, bezieht sich "bogenförmig gebunden" auf den Zustand oder die Konfiguration einer Reihe von Segmenten eines Rings, bei der die Enden der Segmente in Umfangsrichtung durch eine radial nach innen gerichtete Kraft in gegenseitigem Kontakt gehalten werden, so dass der Radius des Rings auf zerstörungsfreie Weise nicht weiter verkleinert werden kann. Die radial nach innen gerichtete Kraft kann zum Beispiel durch eine Feder, wie zum Beispiel einen Schraubenfederring **28**, erzeugt werden. Eine radial nach außen gerichtete Kraft an den radial inneren Flächen der bogenförmig gebundenen Segmente kann die Feder dehnen und kleine Umfangsspalte zwischen den Enden der Ringsegmente **12** erzeugen, und in dieser Konfiguration sind die Segmente nicht länger bogenförmig gebunden; der Einfachheit halber kann dieser "nicht bogenförmig gebundene" Zustand als eine "offene" Konfiguration bezeichnet werden. Wenn die radial nach außen gerichtete Kraft entfernt wird, zieht die Feder **28** die Segmente **12** radial nach innen und führt sie zu einer bogenförmig gebundenen Konfiguration zurück. Anders ausgedrückt, in der bogenförmig gebundenen Konfiguration werden die Segmente **12** durch Umfangsspannung zusammengehalten.

**[0024]** Vor der Besprechung der speziellen Konfigurationen der ersten und der zweiten Enden **14**, **16** sollte darauf hingewiesen werden, dass diese Enden die verschiedensten Konfigurationen innerhalb des Schutzmfangs der vorliegenden Offenbarung annehmen können. Zum Beispiel könnten die ersten und die zweiten Enden potenziell planare radiale Flächen sein, die sich in einer Flächen-Beziehung treffen, wenn sich Bogensegmente mit solchen planaren Flächen in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration befinden. Für die meisten praktischen Anwendungen würde solch eine Konfiguration jedoch keine ausreichende Barriere gegen das axiale Passieren von Fluiden durch die Dichtung zum Beispiel von der ersten axialen Seitenfläche **22** zu der zweiten axialen Seitenfläche **24** darstellen. Deshalb erfordern die meisten Anwendungen, dass die ersten und die zweiten Enden der Segmente so konfiguriert sind, dass sie die Anzahl von linearen axialen Pfaden durch die zwischen zwei Dichtungssegmenten gebildete Verbindung nicht bereitstellen oder zumindest auf ein Minimum reduzieren. Es werden viele Verbindungskonfigurationen (zum Beispiel Segmentendformen) zur Verbindung herkömmlicher Ringdichtungssegmente verwendet. Jegliche Verbindungskonfiguration, die einen bogenförmig gebundenen Betriebs-

modus unterstützt, das heißt, die es den Ringdichtungssegmenten gestattet, aufeinanderzutreffen und eine radial nach innen gerichtete Last zu stützen, während die Dichtung im Betrieb ist, könnte hierin potenziell verwendet werden. Eine derzeit bevorzugte Ausführungsform für das erste und das zweite Ende **14, 16** des Dichtungssegments **12** wird unten besprochen.

**[0025]** Die **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen vergrößerte Ansichten des ersten Endes **14** eines der Ringsegmente **12** des Rings **10**. Das erste Ende **16** enthält eine erste äußere Umfangsendfläche **30**, eine zweite äußere Umfangsendfläche **32** und einen Ausschnitt **34** im Ringsegment **12** umfangsmäßig einwärts der ersten Endfläche **30** und der zweiten Endfläche **32**. Der Ausschnitt enthält eine innere um den Umfang gerichtete Fläche **36**, eine radial einwärts gerichtete Fläche **38** und eine axiale Fläche **40**, die in Richtung der ersten axialen Seitenfläche **22** weist.

**[0026]** Die **Fig. 4** und **Fig. 5** zeigen vergrößerte Ansichten des zweiten Endes **16** eines der Ringsegmente **12** des Rings **10**. Das zweite Ende enthält eine äußere Umfangsendfläche **42**, eine erste, allgemein planare innere Umfangsendfläche **44** und eine zweite innere Umfangsendfläche **46** neben der radial äußeren Fläche **18**, die etwas konkav ist und als eine Tasche bezeichnet werden kann. Die äußere Endfläche **42** ist am Ende eines Vorsprungs **48** positioniert, der, wie unten besprochen, im Ausschnitt **34** des ersten oder Aufnahmeendes **14** eines benachbarten Ringssegments **12** aufgenommen werden kann. Der Vorsprung **48** enthält eine radial nach außen gerichtete Fläche **50** und eine axiale Fläche **52**, die in Richtung der zweiten axialen Seitenfläche **44** weist.

**[0027]** Nunmehr auf **Fig. 6** Bezug nehmend, enthält die radial innere Fläche **20** jedes Dichtungssegments **12** eine Umfangsnut **60**, die von der ersten axialen Seitenfläche **22** durch einen Bohrungsdichtungsdamm **62** axial nach innen beabstandet ist. Diese Umfangsnuten **60** verlaufen von einer Stelle nahe dem ersten Umfangsende **14** des Dichtungssegments **12** zu einem Punkt nahe dem zweiten Umfangsende **16**, sie erreichen jedoch nicht die Enden des Dichtungssegments **12** und stehen in keiner direkten Verbindung mit den Umfangsnuten **60** benachbarter Dichtungssegmente **12**. Mehrere Entlüftungsschlüsse **64** verlaufen axial über die radial innere Fläche **20** der Dichtungssegmente **12** von der zweiten axialen Seitenfläche **24** zu der Umfangsnut **60**, und die Entlüftungsschlüsse **64** sind ungefähr gleichmäßig in einem geeigneten Abstand, wie zum Beispiel alle **10** Grad, entlang der Länge jedes Dichtungssegments **12** verteilt. Die Entlüftungsschlüsse **64** weisen eine zylindrische Innenfläche auf und weisen in ihrem Verlauf axial über die radial innere Fläche **20** zur Umfangsnut **60** eine im Wesentlichen konstante Tiefe auf.

**[0028]** Jeder der Entlüftungsschlüsse **64** weist eine zugehörige erste Aussparung **66** und eine zweite Aussparung **68** auf, die davon umfangsmäßig in entgegengesetzten Richtungen verlaufen. Bei dieser Ausführungsform sind die erste und die zweite Aussparung **66, 68** identisch, und deshalb wird nur die erste Aussparung **66** beschrieben. Die erste Aussparung **66** umfasst eine Rampe **70**, die sich um den Umfang von einem ersten Ende **72** am Entlüftungsschlitz **64** zu einem zweiten Ende **74**, das umfangsmäßig von dem Entlüftungsschlitz **64** beabstandet ist, erstreckt. Eine erste und eine zweite axial beabstandete Seitenwand **76** erstrecken sich von beiden axialen Seiten der Rampe **70** zu der radial inneren Fläche **20** des Dichtungsringes **10**, und eine Endwand **78** verbindet die axial beabstandeten Seitenwände **76** am zweiten Ende **74** der ersten Aussparung **66**. Die Tiefe der ersten Aussparung **66** verringert sich monoton vom ersten Ende **72** am Entlüftungsschlitz **64** zum zweiten Ende **74** davon und weist an ihrem ersten Ende **72** eine erste Tiefe und an ihrem zweiten Ende **74** eine zweite Tiefe, die geringer als die erste Tiefe ist, auf. Die axiale Breite der ersten Aussparung **66** zwischen der ersten und der zweiten axialen Seitenwand **76** kann zum Beispiel ungefähr die Hälfte der axialen Breite des Dichtungsringes **10** zwischen der ersten axialen Seitenfläche **14** und der zweiten axialen Seitenfläche **16** betragen.

**[0029]** Der Ring **10** von **Fig. 1** wird aus drei der Segmente **12** auf die unten beschriebene Weise zusammengefügt. Die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht auf die Verwendung von drei Dichtungssegmenten beschränkt, und es sind auch Ausführungsformen mit mehr oder weniger Segmenten möglich. Die ausgewählte Anzahl von Dichtungssegmenten ist im Allgemeinen ungeradzahlig, zum Beispiel 1, 3, 5, 7 oder 9, es kann aber auch eine gerade Anzahl von Segmenten verwendet werden. Die für eine gegebene Anwendung gewählte Anzahl von Dichtungssegmenten hängt von mehreren Faktoren ab, aber in erster Linie von der Größe, das heißt von dem Durchmesser, des gebildeten Rings. Größere Ringe profitieren aus Gründen der Herstellbarkeit und Montagefreundlichkeit im Allgemeinen von größeren Anzahlen von Segmenten. Ein sehr kleiner Ring könnte andererseits aus einem einzigen geteilten Segment mit zwei Enden gebildet werden, die in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration zusammengehalten werden und die getrennt werden können, um den Ring in eine nicht bogenförmig gebundene Konfiguration zu schieben.

**[0030]** Nunmehr auf **Fig. 7** Bezug nehmend, wird der Ring **10** der vorliegenden Ausführungsform um eine Welle **54** montiert, indem das erste, das zweite und das dritte Dichtungssegment **12, 12'** und **12"** genommen und die Vorsprünge **48** der zweiten Enden **16** jedes Ringsegments **12, 12', 12"** in die Ausschnitte **34** der ersten Enden **14** benachbarter Dichtungsseg-

mente eingeführt werden und der Schraubenfeder-ring **28** um den Ring **10** herum platziert wird, um die Ringsegmente **12, 12', 12''** in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration zu halten.

**[0031]** In der in **Fig. 7** dargestellten bogenförmig gebundenen Konfiguration wird die äußere Umfangsendfläche **42** jedes Vorsprungs **48** gegen die innere um den Umfang gerichtete Fläche **36** jedes Ausschnitts **34** gedrückt. Die durch den Schraubenfeder-ring **28** erzeugten radial einwärts gerichteten Kräfte werden somit um den Umfang verteilt. Die radial nach außen gerichtete Fläche **50** des Vorsprungs **48** steht mit der radial nach innen gerichteten Fläche **38** des Ausschnitts **34** eines benachbarten Ringsegments **12** in Berührung, und die axiale Fläche **52** des Vorsprungs **48** steht mit der axialen Fläche **40** des Ausschnitts **34** in Berührung. Die erste äußere Umfangsendfläche **30** des ersten Endes **14** des Segments **12** steht mit der an der zweiten Umfangsendfläche **44** gebildeten Tasche in Eingriff. Diese Konfiguration gewährleistet, dass die Dichtung **10** durchquerendes Gas bei seinem Strom in Axialrichtung mindestens einmal seine Richtung ändern muss, und wirkt dem axialen Passieren von Gas durch die Dichtung **10** im Wesentlichen entgegen, wenn sich die Dichtung in der bogenförmig gebundenen Konfiguration befindet. Selbst in der unten besprochenen nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration von **Fig. 8**, in der die äußere Umfangsendfläche **42** jedes Vorsprungs **48** umfangsmäßig von der inneren um den Umfang gerichteten Fläche **36** jedes Ausschnitts **34** leicht beabstandet ist, hilft der Oberflächenkontakt der radial nach außen gerichteten Fläche **50** des Vorsprungs **48** und der radial nach innen gerichteten Fläche **38** des Ausschnitts **34** und der Flächenkontakt der axialen Fläche **52** des Vorsprungs **48** und der axialen Fläche **40** des Ausschnitts **34** dabei, Leckage auf einem vertretbaren Maß zu halten.

**[0032]** Im Gebrauch sind die Dichtungssegmente **12** um eine Welle **54** herum zu einem Dichtungsring **10** zusammengefügt, wie in **Fig. 7** dargestellt. In dieser Konfiguration sind die Dichtungssegmente **12** bogenförmig gebunden und berühren nicht die Oberfläche der Welle **54** (oder eines Laufrads oder einer Buchse, nicht dargestellt, auf der Oberfläche der Welle **54**). Stattdessen ist die radial innere Fläche **20** der Ringdichtung **10** um einen Spalt von zum Beispiel ca. 0,0005 Zoll (ca. 12,7 µm) von der Oberfläche der Welle **54** radial beabstandet, was zu einer Öffnung zwischen der Welle **54** und der Ringdichtung **10** von ca. 0,004 Quadratzoll (ca. 0,1 Millimeter) führt. Dieser Spalt führt im Vergleich zu herkömmlichen Berührungssegmenten zu einer verstärkten Leckage, reduziert aber die Wärmeerzeugung, da die Welle **54** unter Niedrigdrehzahl-(zum Beispiel Start-)Bedingungen mit der Welle **54** nicht in Berührung steht.

**[0033]** Mit Beschleunigung der Welle **54** auf Betriebsdrehzahl nehmen die Temperatur und der Druck in der Nähe der Welle und Dichtung zu, und der Durchmesser der Welle **54** nimmt mit Zunahme ihrer Temperatur und Drehzahl zu. Statt die radial innere Fläche **20** des Rings **10** zu erreichen, erzeugen die Aussparungen **66** und **68** in den radial inneren Flächen **20** der Dichtungssegmente **12** jedoch ein Abheben und bewirken, dass sich die Dichtungssegmente **12** gegen den radial einwärts Druck des Schraubenfederings **28** radial nach außen bewegen und die Verbindungen zwischen den Segmenten **12** in einer Umfangsrichtung öffnen (oder die Verbindung zwischen den Enden des Rings öffnen, wenn ein einziges, geteiltes Segment verwendet wird). Das heißt, mit Zunahme der Drehzahl der Welle **54** wird durch die sich drehende Welle **54** Luft oder ein anderes Gas mitgeführt und in den ersten Aussparungen **66** komprimiert. Die komprimierte Luft entweicht an der Endwand **78** vorbei und über die Seitenwände **76** der ersten oder zweiten Aussparung **66, 68** und strömt über die radial innere Fläche **20** des Dichtungsringes **10** und erzeugt ein(en) Luftfilm oder -kissen. Dieser Film oder dieses Kissen verhindert im Wesentlichen, dass die Außenfläche der Welle **54** mit der radial inneren Fläche **20** der Dichtung **10** in Berührung kommt.

**[0034]** Viele Anwendungen erfordern, dass solche Wellendichtungen verwendende Motoren auf eine Weise angetrieben werden, die die Dichtungen stark belastet. Insbesondere sind Motorbetriebsmodi anzutreffen, während derer die Wärme und Drehzahl der Welle **54** so hoch sind, dass die sich ausdehnende Welle **54** in Berührung mit der Innenumfangsfläche **20** des Dichtungsringes **10** getrieben wird; das heißt, die Bedingungen sind so extrem, dass die erste und die zweite Aussparung **66, 68** kein adäquates Abheben zum Aufrechterhalten einer Trennung zwischen der Welle **54** und der Dichtung **10** mehr erzeugen. In diesem Fall berührt die Welle die Dichtung **10** und erzeugt Wärme. Gleichzeitig verursacht die sich drehende Welle **54** einen Verschleiß des Dichtungsringes **10**. Dadurch kann sich wiederum die Geometrie der ersten und der zweiten Aussparung **66, 68** ändern, das heißt, ihre Tiefe kann in einem solchen Ausmaß reduziert werden, dass sie kein so starkes Abheben wie zuvor bereitstellen können. Jedes Mal, wenn ein solche Dichtungen verwendender Motor betrieben wird, ist die Dichtung möglicherweise weniger in der Lage, ein Abheben zu erzeugen und unterliegt wahrscheinlich sogar noch mehr Verschleiß, wenn die Welle am äußeren Ende des Betriebsbereichs, für den sie ausgelegt ist, betrieben wird.

**[0035]** Herkömmliche Gasfilmkontakte dichtungen, die unter solchen extremen Bedingungen betrieben werden, würden sich beim Start wahrscheinlich nicht von der sich drehende Welle abheben können, wenn die ein Abheben erzeugenden Aussparungen in ihren Innenflächen erstmal verschlossen sind. Dies könn-

te zu einem vollständigen Versagen führen. Vorteilhafterweise berührt der vorliegend offenbarte bogenförmig gebundene Ring jedoch die Welle beim Start oder unter anderen Niedrigtemperaturbedingungen nicht und hält zu jeder Zeit einen Spalt zwischen der Dichtung und der Welle aufrecht. Selbst nach Beginn eines Verschleißes der radial inneren Fläche **20** des Rings **10** aufgrund der oben beschriebenen extremen Bedingungen, kann er deshalb weiter funktionieren und eine erforderliche Dichtungsfunktion sowohl beim Start als auch unter Betriebsbedingungen ausführen. Durch Opfern eines gewissen Maßes an Dichtungsfunktion bei niedrigen Drehzahlen kann die Dichtung **10** der durch extreme Betriebsbedingungen verursachten Beschädigung besser widerstehen und das nächste Mal, wenn der solch eine Dichtung verwendende Motor gestartet wird, wirksam bleiben.

**[0036]** Die vorliegende Erfindung ist oben angesichts derzeit bevorzugter Ausführungsformen beschrieben worden. Für den Durchschnittsfachmann werden bei Lektüre der vorstehenden Beschreibung Modifikationen der und Hinzufügungen zu diesen Ausführungsformen ersichtlich. Alle solchen Modifikationen und Hinzufügungen sollen Teil der vorliegenden Erfindung bilden, insoweit sie in den Schutzbereich der mehreren hieran angehängten Ansprüche fallen.

### Patentansprüche

1. Ringdichtung für eine Welle, wobei die Ringdichtung Folgendes umfasst:  
mehrere bogenförmige Ringsegmente, wobei jedes der mehreren Ringsegmente eine radial äußere Fläche, eine radial innere Fläche, eine erste axiale Seitenfläche, eine zweite axiale Seitenfläche, ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist,  
eine die mehreren bogenförmigen Segmente in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration haltende Feder, und  
mindestens eine Umfangsrampe in der radial inneren Fläche jedes der mehreren Ringsegmente, die dazu konfiguriert ist, ein Luftkissen zu erzeugen, wenn sich eine Welle in der Ringdichtung dreht.

2. Ringdichtung nach Anspruch 1, wobei die Innenfläche jedes der mehreren Ringsegmente einen Entlüftungsschlitz enthält, der von der ersten axialen Fläche zu der zweiten axialen Fläche verläuft, und wobei sich die Rampe von dem Entlüftungsschlitz erstreckt.

3. Ringdichtung nach Anspruch 2, wobei das erste Ende jedes der mehreren Ringsegmente mit dem zweiten Ende eines der mehreren Ringsegmente in Umfangskontakt steht.

4. Ringdichtung nach Anspruch 2, wobei die Rampe einen Boden einer in der radial inneren Fläche

ausgebildeten Kerbe umfasst und wobei die Kerbe eine erste Tiefe in einem ersten Umfangsabstand von dem Entlüftungsschlitz und eine zweite Tiefe in einem zweiten Umfangsabstand von dem Entlüftungsschlitz aufweist und wobei der zweite Abstand größer als der erste Abstand ist und wobei die zweite Tiefe größer als die erste Tiefe ist. Ringdichtung nach Anspruch 3, wobei das Ende jedes der mehreren Ringsegmente mindestens eine in Umfangsrichtung weisende Fläche, mindestens eine in Radialrichtung weisende Fläche und mindestens eine in Axialrichtung weisende Fläche aufweist.

5. Ringdichtung nach Anspruch 3, wobei die mehreren Ringsegmente mindestens drei Ringsegmente umfassen.

6. Ringdichtung nach Anspruch 1, wobei die Innenfläche jedes der mehreren Ringsegmente einen Entlüftungsschlitz enthält, der von der ersten axialen Fläche zu der zweiten axialen Fläche verläuft, wobei sich die Rampe von dem Entlüftungsschlitz erstreckt, wobei das erste Ende jedes der mehreren Ringsegmente mit dem zweiten Ende eines anderen der mehreren Ringsegmente in Umfangskontakt steht, wobei die Rampe einen Boden einer in der radial inneren Fläche ausgebildeten Kerbe umfasst und wobei die Kerbe eine erste Tiefe in einem ersten Umfangsabstand von dem Entlüftungsschlitz und eine zweite Tiefe in einem zweiten Umfangsabstand von dem Entlüftungsschlitz aufweist und wobei der zweite Abstand größer als der erste Abstand ist und wobei die zweite Tiefe größer als die erste Tiefe ist, und wobei das Ende jedes der mehreren Ringsegmente mindestens eine in Umfangsrichtung weisende Fläche, mindestens eine in Radialrichtung weisende Fläche und mindestens eine in Axialrichtung weisende Fläche aufweist.

7. Ringdichtungssystem, umfassend:  
eine Welle mit einer Außenfläche, wobei ein Teil der Außenfläche einen Außendurchmesser aufweist; eine die Welle umgebende Ringdichtung, wobei die Ringdichtung mehrere bogenförmige Ringsegmente umfasst, wobei jedes der mehreren Ringsegmente eine radial äußere Fläche, eine radial innere Fläche, die dem Teil der Außenfläche zugewandt ist, eine erste axiale Seitenfläche, eine zweite axiale Seitenfläche, ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist, und  
eine die mehreren bogenförmigen Segmente in einer bogenförmig gebundenen Konfiguration haltende Feder, wobei der Innendurchmesser der mehreren Ringsegmente in der bogenförmig gebundenen Konfiguration größer als der Außendurchmesser des Teils der Welle ist; wobei die Innenfläche jedes der mehreren Ringsegmente einen Entlüftungsschlitz enthält, der von der

ersten axialen Fläche zu der zweiten axialen Fläche verläuft; und  
mindestens eine Aussparung, die in der radial inneren Fläche in Verbindung mit dem Entlüftungsschlitz steht und von dem Entlüftungsschlitz in einer Umfangsrichtung verläuft.

8. Ringdichtungssystem nach Anspruch 8, wobei der Teil der Außenfläche ein Laufrad umfasst.

9. Ringdichtungssystem nach Anspruch 9, wobei die Ringdichtung dazu konfiguriert ist, sich als Reaktion auf einen radial nach außen gerichteten Druck auf die mehreren Ringsegmente von der bogenförmig gebundenen Konfiguration zu einer nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration zu verschieben.

10. Ringdichtungssystem nach Anspruch 9, wobei die mindestens eine Aussparung eines der mehreren Ringsegmente dazu konfiguriert ist, ein Luftkissen zwischen dem Laufrad und der radial inneren Fläche des einen der mehreren Ringsegmente zu erzeugen, wenn sich das Laufrad dreht, und wobei die Ringdichtung dazu konfiguriert ist, sich als Reaktion auf einen durch den Luftfilm erzeugten Druck von der bogenförmig gebundenen Konfiguration zu einer nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration zu verschieben.

11. Ringdichtungssystem nach Anspruch 8, wobei die Aussparung eine sich in die radial innere Fläche erstreckende Rampe umfasst.

12. Ringdichtungssystem nach Anspruch 8, wobei die Aussparung eine erste Tiefe in einem ersten Umfangsabstand von dem Entlüftungsschlitz und eine zweite Tiefe in einem zweiten Umfangsabstand von dem Entlüftungsschlitz aufweist, und wobei der zweite Abstand größer als der erste Abstand ist und wobei die zweite Tiefe größer als die erste Tiefe ist.

13. Ringdichtungssystem nach Anspruch 8, wobei der Teil der Außenfläche ein Laufrad umfasst, wobei die Ringdichtung dazu konfiguriert ist, sich als Reaktion auf einen radial nach außen gerichteten Druck auf die mehreren Ringsegmente von der bogenförmig gebundenen Konfiguration zu einer nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration zu verschieben, wobei die mindestens eine Aussparung eines der mehreren Ringsegmente dazu konfiguriert ist, einen Luftfilm zwischen dem Laufrad und der radial inneren Fläche des einen der mehreren Ringsegmente zu erzeugen, wenn sich das Laufrad dreht, wobei die Ringdichtung dazu konfiguriert ist, sich als Reaktion auf einen durch den Luftfilm erzeugten Druck von der bogenförmig gebundenen Konfiguration zu einer nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration zu verschieben, und

wobei die Aussparung eine sich in die radial innere Fläche erstreckende Rampe umfasst.

14. Ringdichtung für eine Welle, wobei die Ringdichtung Folgendes umfasst:  
ein Ringglied mit mindestens einem gekrümmten Ringelement und mindestens einer Verbindung, wobei das mindestens eine Ringelemente eine radial äußere Fläche, eine radial innere Fläche, eine erste axiale Seitenfläche, eine zweite axiale Seitenfläche, ein erstes Umfangsende und ein zweites Umfangsende aufweist, wobei das Ringglied zwischen einer bogenförmig gebundenen Konfiguration, in der das erste Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements das zweite Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements berührt, und einer nicht bogenförmig gebundenen Konfiguration, in der das erste Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements um den Umfang von dem zweiten Umfangsende des mindestens einen gekrümmten Ringelements beabstandet ist, verschiebbar ist;  
eine das Ringglied in der bogenförmig gebundenen Konfiguration haltende Feder, und  
mindestens eine Umfangsrampe in der radial inneren Fläche des Ringglieds, die dazu konfiguriert ist, ein Luftkissen zu erzeugen, wenn sich eine Welle in der Ringdichtung dreht.

15. Ringdichtung nach Anspruch 15, wobei das mindestens eine gekrümmte Ringelement mindestens drei Ringelemente umfasst.

16. Ringdichtung nach Anspruch 15, wobei die Feder aus einem Material hergestellt ist, das von dem Material des Ringglieds verschieden ist, und sich um den Umfang über die mindestens eine Verbindung erstreckt.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

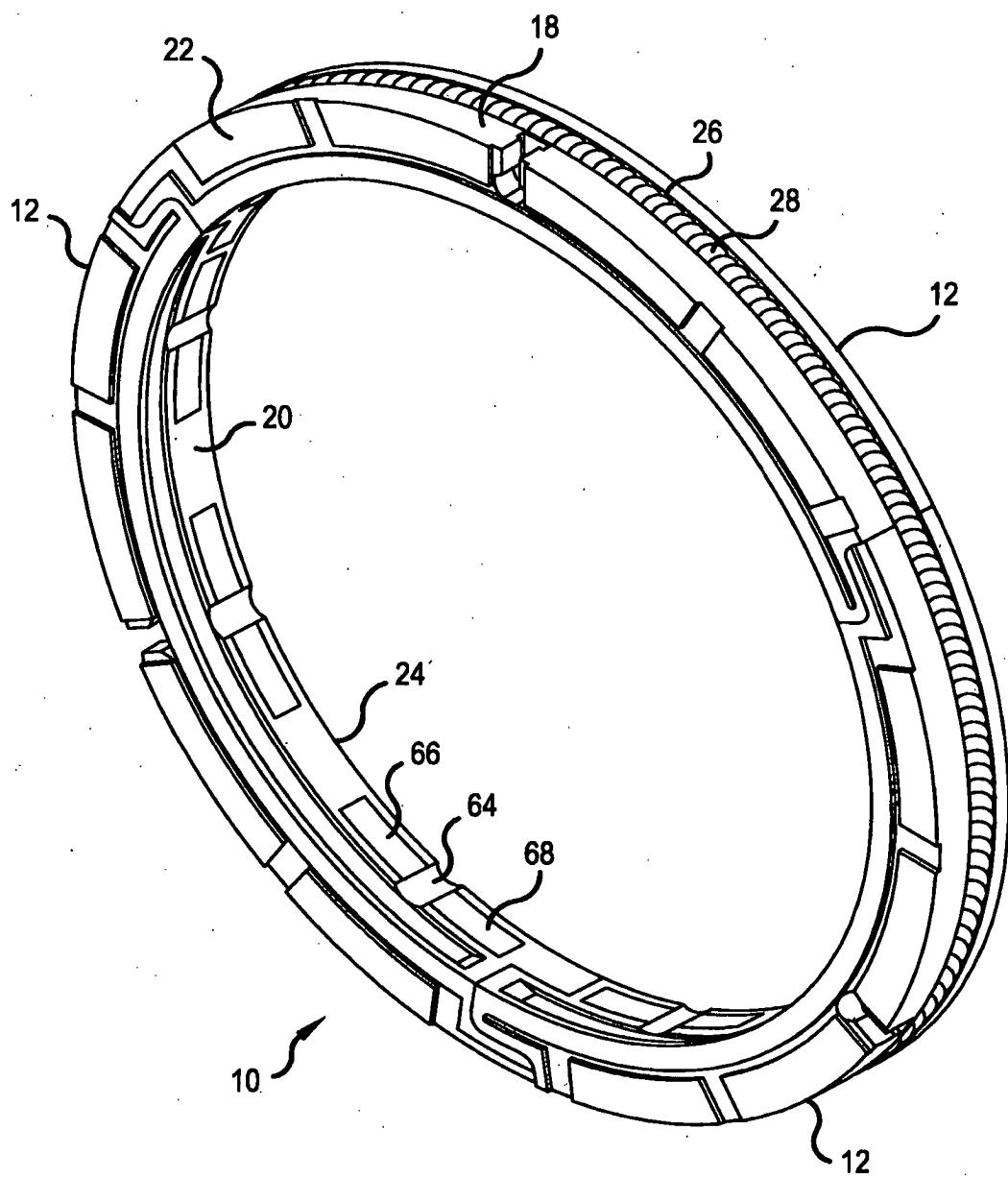
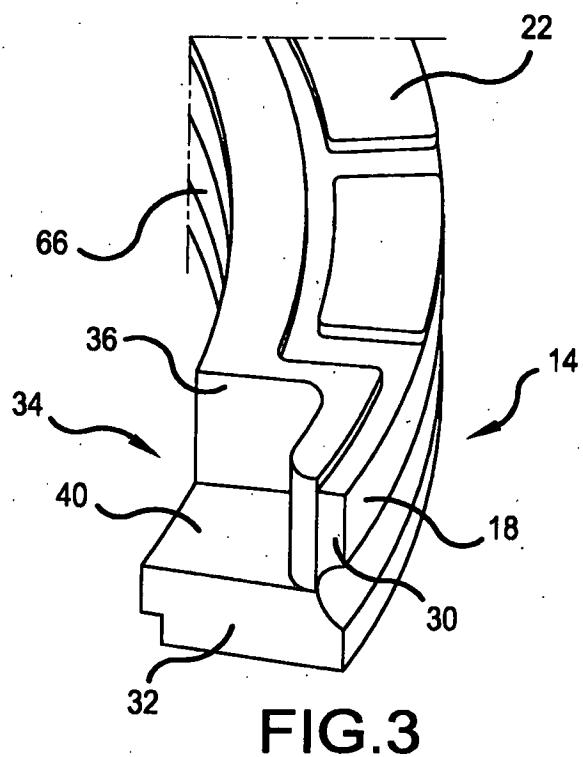
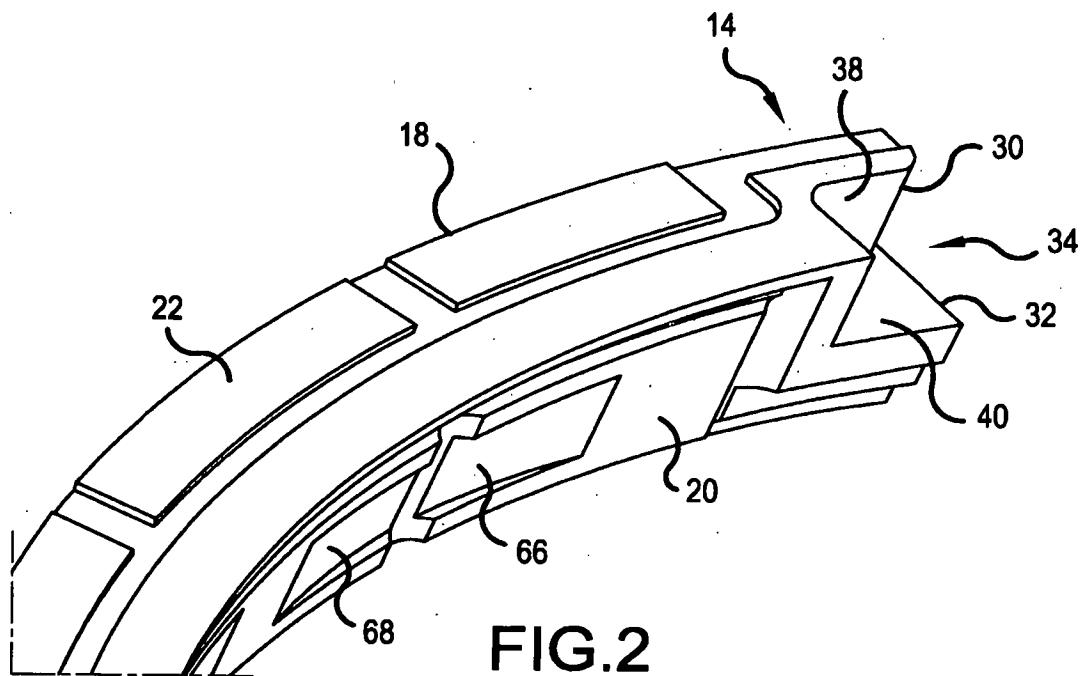
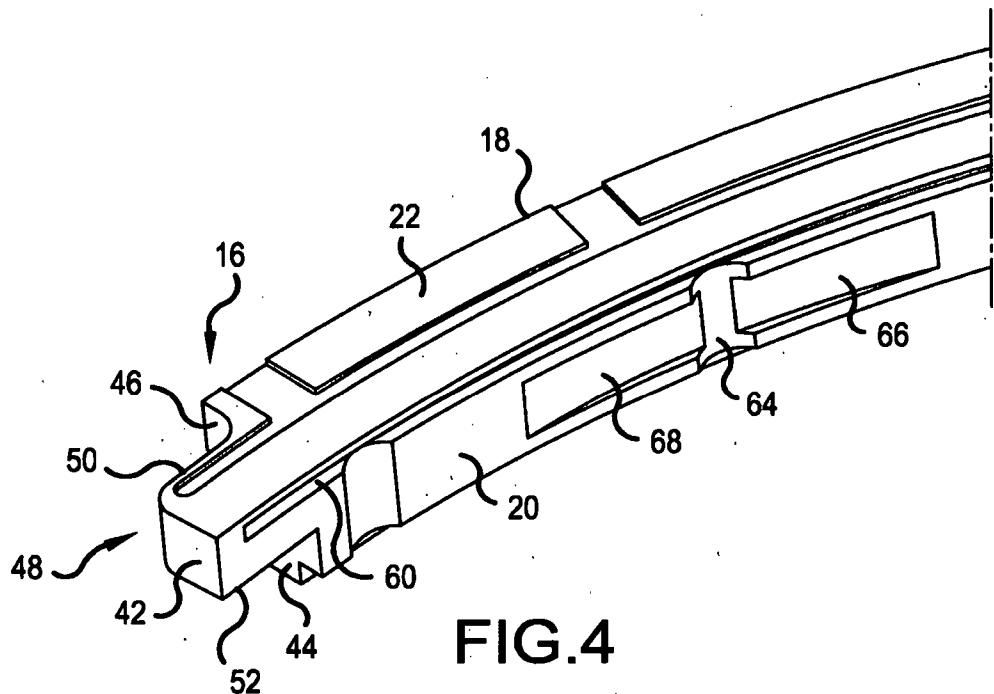
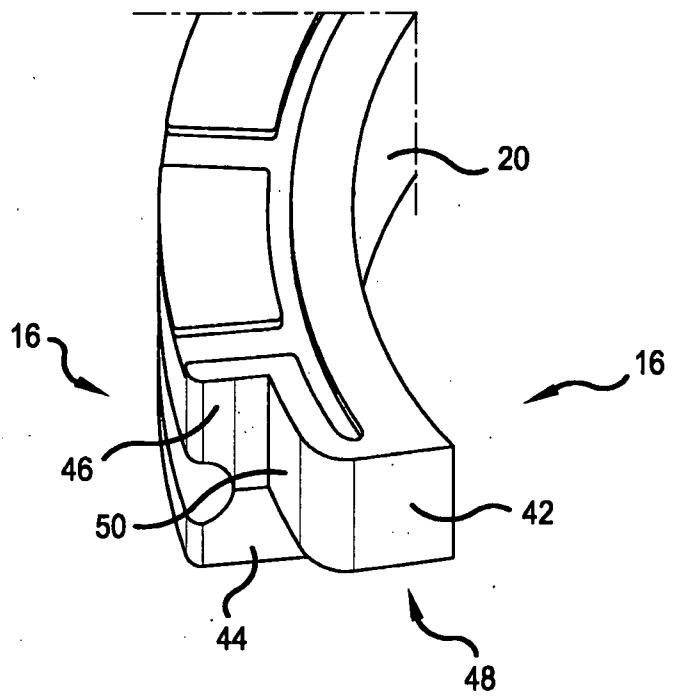


FIG.1

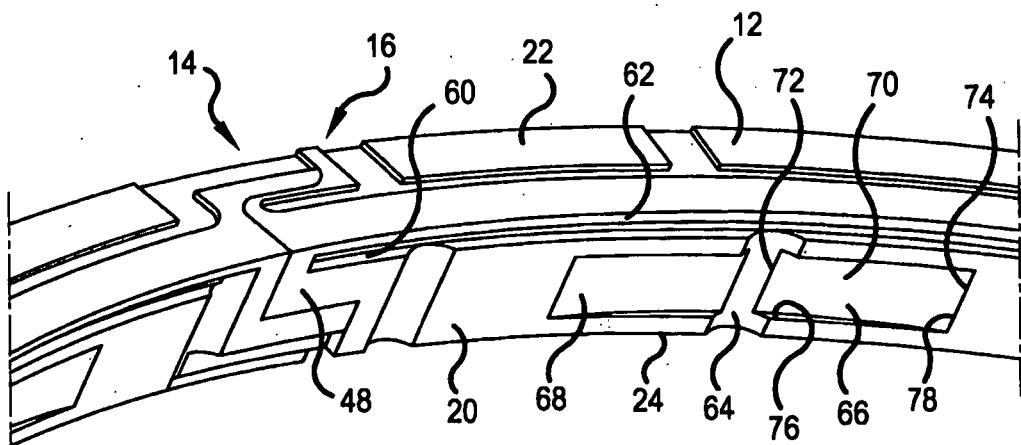




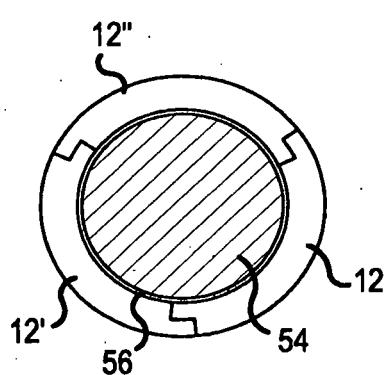
**FIG.4**



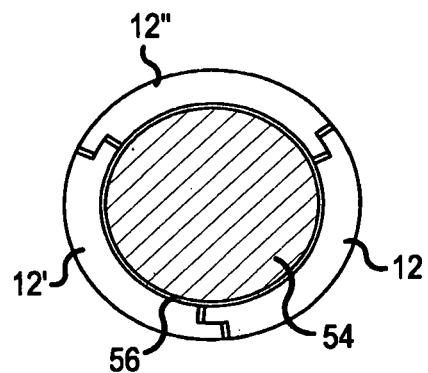
**FIG.5**



**FIG.6**



**FIG.7**



**FIG.8**