



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 708 851 A2

(51) Int. Cl.: F16J 15/34 (2006.01)
F01D 11/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01720/14

(22) Anmeldedatum: 06.11.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.05.2015

(30) Priorität: 11.11.2013 US 14/076,974

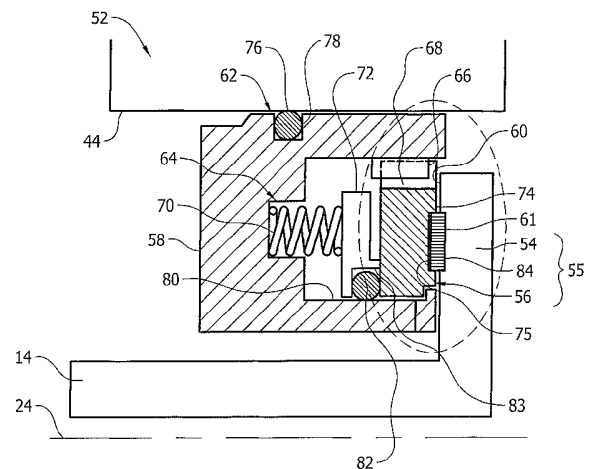
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Xiaoqing Zheng, Schenectady, NY 12345-6000 (US)
Azam Mihir Thatte, Niskayuna, NY 12309-1027 (US)
Shaik Karimulla Sha,
Anantapur, Andhra Pradesh 560066 (IN)

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

(54) **Hydrodynamische Gleitringdichtung zur Verwendung in einer Rotationsmaschine, mit wenigstens einer mit einem Dichtungsring gekoppelten Bürste.**

(57) Es ist eine selbstreinigende hydrodynamische Gleitringdichtung (52) zur Verwendung in einer Rotationsmaschine (10) geschaffen. Die hydrodynamische Gleitringdichtung (52) enthält einen Dichtungsring (54 oder 56) mit einer radial verlaufenden Dichtfläche (60 oder 74). Ausserdem enthält die hydrodynamische Gleitringdichtung (52) wenigstens eine mit dem Dichtungsring (54 oder 56) gekoppelte Bürste (84). Die wenigstens eine Bürste (84) enthält mehrere flexible Elemente, die sich von der radial verlaufenden Dichtfläche (60 oder 74) des Gleitringdichtungsringes (54 oder 56) weg erstrecken.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft allgemein Rotationsmaschinen und speziell Vorrichtungen und Systeme zur Abdichtung einer Rotationsmaschine.

[0002] Wenigstens einige Rotationsmaschinen, wie Dampfturbinenmaschinen, haben einen durch sie hindurch verlaufenden definierten Fluidströmungsweg. Der Strömungsweg enthält einen Fluideinlass, eine Turbine und einen Fluidauslass in einer seriellen Strömungsbeziehung. Das Prozessfluid kann Schmutz oder Feststoffpartikel innerhalb des Systems enthalten. Die Schmutz- oder Feststoffpartikel können sich auf Innenteilen und Dichtungen der Rotationsmaschine absetzen und können die Leistungsfähigkeit der Turbinenmaschine beeinträchtigen.

[0003] Einige Rotationsmaschinen verwenden mehrere Dichtungsanordnungen in dem Strömungsweg und Abschlussdichtungsregionen, um die Steigerung der Betriebseffizienz der Rotationsmaschine zu ermöglichen. Allgemein sind bekannte Dichtungsanordnungen zwischen ein stationäres Bauteil und ein rotationsfähiges Bauteil eingekoppelt, um die Abdichtung zwischen einem Hochdruckbereich und einem Niederdruckbereich zu schaffen. Mehrere bekannte Dichtungsanordnungen enthalten flexible Elemente, wie Bürstendichtungen, Labyrinthzähne und hydrodynamische Gleitringdichtungen.

[0004] In einigen bekannten Rotationsmaschinen können hydrodynamische Gleitringdichtungen verwendet werden, um die Verringerung der Leckage eines druckbeaufschlagten Prozessfluids durch einen Spalt zwischen zwei Bauteilen hindurch zu ermöglichen. Hydrodynamische Gleitringdichtungen enthalten im Allgemeinen einen (rotierenden) Gegenring und einen (stationären) Dichtungsring. Im Allgemeinen sind in die Gegenringfläche flache hydrodynamische Nuten eingeformt oder eingeätzt. Während des Betriebs erzeugen die hydrodynamischen Nuten in dem rotierenden Ring eine hydrodynamische Kraft, die bewirkt, dass der stationäre Ring sich von dem rotierenden Ring abhebt oder trennt, so dass zwischen den beiden Ringen ein schmaler Spalt entsteht. Durch den Spalt zwischen dem rotierenden und dem stationären Ring strömt ein Dichtungsgas. Grosse Schmutzstücke können nicht in den kleinen Spalt zwischen dem Gegenring und dem Dichtungsring eintreten; kleine Feststoffpartikel und Verunreinigungen in dem Prozessfluid können aber eventuell in den Spalt eindringen und in den hydrodynamischen Nuten des rotierenden und/oder stationären Rings hängenbleiben.

[0005] Bei einigen bekannten Rotationsmaschinen, wie Gasturbinenmaschinen, kann die Wartung von Gleitringdichtungen relativ unkompliziert sein. Wenigstens einige bekannte Gleitringdichtungen in Gasturbinenmaschinen können leicht von der rotierenden Welle demontiert und von angesammeltem Schmutz gereinigt werden. In einigen bekannten Rotationsmaschinen, wie Dampfturbinenmaschinen, kann die Wartung von Gleitringdichtungen aber anspruchsvoll sein. Wenigstens einige bekannte Dampfturbinenmaschinen können für die Dauer einiger Jahre kontinuierlich betrieben werden, wodurch die Ansammlung von Schmutz und Verunreinigungen in den Nuten der Ringe der Gleitringdichtung ermöglicht wird. Ausserdem sind wenigstens einige bekannte Dampfturbinenmaschinen äusserst gross und enthalten drehbare Wellen mit Durchmessern von mehr als 20 Zoll. Derart grosse inneren Bauteile erhöhen zusätzlich die Komplexität der Wartung der Dichtungen derartiger bekannter Dampfturbinenmaschinen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] In einem Aspekt ist ein hydrodynamischer Gleitringdichtungsring zur Verwendung mit einer Rotationsmaschine geschaffen. Der hydrodynamische Gleitringdichtungsring enthält einen Dichtungsring mit einer radial verlaufenden Dichtfläche. Ausserdem enthält die hydrodynamische Gleitringdichtung wenigstens eine mit dem Dichtungsring gekoppelte Bürste. Die wenigstens eine Bürste enthält mehrere flexible Elemente, die sich von der radial verlaufenden Dichtfläche des Gleitringdichtungsringes weg erstrecken.

[0007] Bei dem zuvor erwähnten Gleitringdichtungsring kann die wenigstens eine Bürste mehrere Bürsten umfassen.

[0008] Bei dem Gleitringdichtungsring eines beliebigen oben erwähnten Typs kann die Dichtfläche glatt sein.

[0009] Alternativ oder zusätzlich kann die Dichtfläche wenigstens eine hydrodynamische Einrichtung aufweisen, die in ihr definiert ist.

[0010] Bei dem Gleitringdichtungsring eines beliebigen oben erwähnten Typs kann der Dichtungsring wenigstens einen durch ihn hindurch definierten Ausrichtungsspalt aufweisen, wobei der wenigstens eine Ausrichtungsspalt eingerichtet ist, um gleitend mit einem jeweiligen Ausrichtungselement eines Dichtungsgehäuses gekoppelt zu werden.

[0011] Bei dem Gleitringdichtungsring eines beliebigen oben erwähnten Typs können die mehreren flexiblen Elemente Borsten umfassen.

[0012] Die Borsten können aus einer Metalllegierung hergestellt sein.

[0013] Bei dem Gleitringdichtungsring eines beliebigen oben erwähnten Typs kann die wenigstens eine Bürste eine Haltevorrichtung aufweisen, die mit dem Dichtungsring gekoppelt ist, wobei jedes flexible Element der mehreren flexiblen Elemente ein erstes Ende, das mit der Haltevorrichtung gekoppelt ist, und ein zweites Ende aufweist, das sich von der Haltevorrichtung erstreckt, um einen zweiten Dichtungsring zu berühren, in dem wenigstens eine hydrodynamische Einrichtung definiert ist.

[0014] Bei dem Gleitringdichtungsring des oben erwähnten Typs kann das zweite Ende jedes flexiblen Elements der mehreren flexiblen Elemente den zweiten Dichtungsring berühren, um Fremdmaterial von der wenigstens einen hydrodynamischen Einrichtung zu entfernen.

[0015] In einem weiteren Aspekt ist eine Rotationsmaschine geschaffen. Die Rotationsmaschine enthält ein Gehäuse und eine drehbare Welle, die eine Mittellinien-Achse definiert. Die Rotationsmaschine enthält auch ein Dichtungssystem mit einem ersten Dichtungsring, der eine erste Primärdichtfläche aufweist. Der erste Dichtungsring ist mit der drehbaren Welle gekoppelt. Das Dichtungssystem enthält auch einen zweiten Dichtungsring mit einer zweiten Primärdichtfläche. Ausserdem enthält das Dichtungssystem wenigstens eine Bürste, die mit dem ersten Dichtungsring und/oder dem zweiten Dichtungsring gekoppelt ist. Die wenigstens eine Bürste enthält mehrere flexible Elemente. Des Weiteren enthält das Dichtungssystem eine Kopplungsvorrichtung oder ein Dichtungsgehäuse, die/das mit dem zweiten Dichtungsring gekoppelt und damit bewegbar ist.

[0016] Bei der zuvor erwähnten Rotationsmaschine kann das Dichtungssystem ferner einen Vorspannring aufweisen, der zwischen dem Dichtungsgehäuse und dem zweiten Dichtungsring angekoppelt ist.

[0017] Ausserdem kann das Vorspannbauteil zum Vorspannen des zweiten Dichtungsring axial entlang der Mittellinien-Achse von der ersten Dichtung weg eingerichtet sein.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann das Dichtungssystem ferner einen Vorspannring aufweisen, der mit dem zweiten Dichtungsring gekoppelt ist.

[0019] Bei der Rotationsmaschine eines beliebigen oben erwähnten Typs kann das Dichtungsgehäuse eine Sekundärdichtung aufweisen, die zwischen dem Dichtungsgehäuse und dem Gehäuse positioniert ist.

[0020] Alternativ oder zusätzlich kann das Dichtungsgehäuse wenigstens ein sich radial einwärts erstreckendes Ausrichtungselement aufweisen.

[0021] Bei der Rotationsmaschine des zuvor erwähnten Typs können der erste Dichtungsring und der zweite Dichtungsring jeweils wenigstens einen durch sie hindurch definierten Ausrichtungsspalt aufweisen, wobei der wenigstens eine Ausrichtungsspalt zur gleitfähigen Kopplung mit dem wenigstens einen Ausrichtungselement eingerichtet ist.

[0022] Bei der Rotationsmaschine nach einem beliebigen oben erwähnten Typ kann der zweite Dichtungsring ein Ansaugelement aufweisen, das zum Zusammenwirken mit einer äusseren radialen Oberfläche des ersten Dichtungsring eingerichtet ist, um einen Druckabfall zu erzeugen, der ein Ziehen des zweiten Dichtungsring zu dem ersten Dichtungsring hin ermöglicht.

[0023] Bei der Rotationsmaschine eines beliebigen oben erwähnten Typs kann die wenigstens eine Bürste eine Haltevorrichtung aufweisen, die mit dem ersten Dichtungsring und/oder dem zweiten Dichtungsring gekoppelt ist, wobei jedes flexible Element der mehreren flexiblen Elemente ein erstes Ende, das mit der Haltevorrichtung gekoppelt ist, und ein zweites Ende, das sich von der Haltevorrichtung aus erstreckt, aufweist.

[0024] In noch einem weiteren Aspekt ist ein Verfahren zur Montage eines Dichtungssystems geschaffen. Das Verfahren enthält ein Koppeln einer Kopplungsvorrichtung mit einer Innenfläche eines Gehäuses einer Rotationsmaschine. Das Verfahren enthält ferner ein Koppeln eines ersten Dichtungsring, der eine erste Primärdichtfläche enthält, mit einer drehbaren Welle der Rotationsmaschine. Das Verfahren enthält des Weiteren ein lösbares Koppeln eines zweiten Dichtungsring, der eine zweite Primärdichtfläche enthält, konzentrisch mit dem ersten Dichtungsring. Ausserdem enthält das Verfahren ein Koppeln von wenigstens einer Bürste mit dem ersten Dichtungsring und/oder dem zweiten Dichtungsring. Die wenigstens eine Bürste enthält mehrere flexible Elemente.

[0025] Bei dem zuvor erwähnten Verfahren kann die wenigstens eine Bürste eine Haltevorrichtung enthalten, die mit wenigstens einem von dem ersten Dichtungsring und dem zweiten Dichtungsring gekoppelt ist, wobei jedes flexible Element der mehreren flexiblen Elemente ein erstes Ende, das mit der Haltevorrichtung gekoppelt ist, und ein zweites Ende, das sich von der Haltevorrichtung aus erstreckt, enthält, wobei das zweite Ende jedes flexiblen Elements der mehreren flexiblen Elemente eingerichtet sein kann, um den anderen von dem ersten Dichtungsring und dem zweiten Dichtungsring zu berühren.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0026] Fig. 1 ist eine schematische Ansicht einer beispielhaften Dampfturbinenmaschine;

[0027] Fig. 2 ist eine detailliertere schematische Darstellung eines Teils der Dampfturbinenmaschine von Fig. 1, der um einen in Fig. 1 definierten Bereich entnommen ist;

[0028] Fig. 3 ist eine schematische Schnittansicht einer selbstreinigenden hydrodynamischen Gleitringdichtung zur Verwendung mit der in Fig. 1 gezeigten Dampfturbinenmaschine;

[0029] Fig. 4 ist eine detailliertere schematische Ansicht eines Teils einer Gleitringdichtung, der um einen in Fig. 3 definierten Bereich entnommen ist;

[0030] Fig. 5 ist ein Aufriss eines stationären Dichtungsring der Gleitringdichtung von Fig. 3 und

[0031] Fig. 6 ist eine schematische Schnittansicht einer alternativen beispielhaften selbstreinigenden hydrodynamischen Gleitringdichtung zur Verwendung mit der in Fig. 1 gezeigten Dampfturbinenmaschine.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0032] Die hierin beschriebenen beispielhaften Vorrichtungen und Systeme überwinden wenigstens einige der Nachteile, die mit Rotationsmaschinen verbunden sind, die mit einer Prozessfluidleckage aus der Rotationsmaschine an die äussere Umgebung arbeiten können. Die hierin beschriebenen Ausführungsformen sehen eine selbstreinigende Dichtungsanordnung vor, die eine Prozessfluidleckage aus einer Rotationsmaschine heraus beträchtlich reduziert, wodurch die Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Rotationsmaschine ermöglicht wird. Genauer ist die hierin beschriebene Dichtungsanordnung eine selbstreinigende hydrodynamische Gleitringdichtung, die mehrere zwischen den Dichtungsringdichtflächen positionierte Bürsten enthält, die kontinuierlich Fremdmaterial, wie Schmutz und Verunreinigungen, entfernen, die durch das Prozessfluid, wie in einer Dampfturbinenmaschine verwendetem Dampf, in den hydrodynamischen Einrichtungen abgelagert werden.

[0033] Fig. 1 ist eine schematische Ansicht einer beispielhaften Dampfturbinenmaschine 10. Während Fig. 1 eine beispielhafte Dampfturbinenmaschine beschreibt, ist zu beachten, dass die hierin beschriebenen Dichtungsanordnungen und -Systeme nicht auf einen bestimmten Turbinenmaschinentyp beschränkt sind. Ein Durchschnittsfachmann wird erkennen, dass die hierin beschriebenen aktuellen Dichtungsanordnungen und -Systeme mit jeder beliebigen Rotationsmaschine, einschliesslich einer Gasturbine, in einer beliebigen geeigneten Konfiguration verwendet werden können, die es ermöglicht, dass ein(e) derartige(s) Vorrichtung und System, wie hierin weiter beschrieben, funktionieren.

[0034] In der beispielhaften Ausführungsform ist die Dampfturbinenmaschine 10 eine einflutige Dampfturbine. Alternativ kann die Dampfturbinenmaschine 10 jeder beliebige Dampfturbinentyp sein, z.B. unter anderem eine Niederdruckturbine, eine Gegenstrom-, Hochdruck- und Mitteldruck-Dampfturbinenkombination, eine zweiflutige Dampfturbine und/oder dergleichen. Des Weiteren ist die vorliegende Erfindung, wie oben besprochen, nicht darauf beschränkt, nur in Dampfturbinen verwendet zu werden, und kann in anderen Turbinensystemen, wie Gasturbinen, verwendet werden.

[0035] In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Dampfturbinenmaschine 10 mehrere Turbinenstufen 12, die mit einer drehbaren Welle 14 gekoppelt sind. Ein Gehäuse 16 ist in einen oberen Hälftenabschnitt 18 und einen unteren Hälftenabschnitt (nicht gezeigt) unterteilt. Die Turbinenmaschine 10 enthält eine Hochdruck-Dampfeinlassleitung 20 und eine Niederdruck-Abdampfleitung 22. Die Welle 14 verläuft entlang einer Mittellinien-Achse 24 durch das Gehäuse 16 hindurch. Die Welle 14 ist an entgegengesetzten Endabschnitten 30 der Welle 14 durch Wellenlager (nicht gezeigt) gelagert. Zwischen den drehbaren Wellenabschnitten 30 und dem Gehäuse 16 sind mehrere Abschlussdichtungsregionen oder Abdichtelemente 32, 34 und 36 angekoppelt, um die Abdichtung des Gehäuses 16 um die Welle 14 zu ermöglichen.

[0036] Während des Betriebs werden Dampf mit hohem Druck und hoher Temperatur 40 von einer Dampfquelle, wie einem Kessel oder dergleichen (nicht gezeigt), zu den Turbinenstufen 12 geleitet, wobei die Wärmeenergie durch die Turbinenstufen 12 in mechanische Rotationsenergie umgewandelt wird. Genauer wird Dampf 40 über die Dampfeinlassleitung 20 durch das Gehäuse 16 in eine Einlassglocke 26 geleitet, wo er auf mehrere Turbinenrotorschaukeln oder -laufschaufeln 38 aufprallt, die mit der Welle 14 gekoppelt sind, um die Welle 14 zum Drehen um die Mittellinien-Achse 24 zu veranlassen. Der Dampf 40 tritt an der Abdampfleitung 22 aus dem Gehäuse 16 aus. Der Dampf 40 kann dann zu einem Zwischenerhitzungskessel (nicht gezeigt) geleitet werden, wo er wiedererhitzt werden kann, oder zu anderen Bauteilen des Systems, z.B. einem Niederdruckturbinenabschnitt oder einem Kondensator (nicht gezeigt) geleitet werden.

[0037] Fig. 2 zeigt eine detailliertere schematische Ansicht eines Abschnitts der Dampfturbine 10, der um den in Fig. 1 definierten Bereich 2 entnommen ist. In der in Fig. 2 gezeigten beispielhaften Ausführungsform enthält die Dampfturbinenmaschine 10 die Welle 14, ein Statorbauteil 42, das mit einer Innenschale 44 des Gehäuses 16 gekoppelt ist, und mehrere Abdichtelemente 34, die an dem Statorbauteil 42 angebracht sind. Das Gehäuse 16, die Innenschale 44 und das Statorbauteil 42 erstrecken sich jeweils in Umfangsrichtung um die Welle 14 und die Abdichtelemente 34 herum. In der beispielhaften Ausführungsform bilden die Abdichtelemente 34 zwischen Statorbauteil 42 und Welle 14 einen gewundenen Dichtungsweg. Die Welle 14 enthält mehrere Turbinenstufen 12, durch die Hochdruckdampf hoher Temperatur 40 über eine oder mehrere Einlassglocken 26 an einer Einlassseite 11 der Dampfturbinenmaschine 10 hindurchgeführt wird. Die Turbinenstufen 12 enthalten mehrere Einlassleitschaufeln 48. Die Dampfturbinenmaschine 10 kann eine beliebige Anzahl von Einlassleitschaufeln 48 enthalten, die der Dampfturbinenmaschine 10 die hierin beschriebene Funktionsweise ermöglichen. Zum Beispiel kann die Dampfturbinenmaschine 10 mehr oder weniger Einlassleitschaufeln 48, als in Fig. 2 gezeigt, enthalten. Die Turbinenstufen 12 enthalten auch mehrere Turbinenrotorschaukeln oder -laufschaufeln 38. Die Dampfturbinenmaschine 10 kann jede beliebige Anzahl von Laufschaufeln 38 enthalten, die der Dampfturbinenmaschine 10 die hierin beschriebene Funktionsweise ermöglicht. Zum Beispiel kann die Dampfturbinenmaschine 10 mehr oder weniger Laufschaufeln 38, als in Fig. 2 veranschaulicht, enthalten. Der Dampf 40 tritt durch die Dampfeinlassleitung 20 in die Einlassglocke 26 ein und strömt an der Länge der Welle 14 entlang durch die Turbinenstufen 12 hindurch.

[0038] Ein Teil des eingelassenen Hochdruckdampfes hoher Temperatur 40 strömt über eine Leckageregion 50 durch die Abdichtelemente 34 der Abschlussdichtung hindurch. Der Verlust von Dampf 40 durch die Leckageregion 32 führt zu einem Verlust des Wirkungsgrads der Dampfturbinenmaschine 10. Wie oben beschrieben, enthält die Dampfturbinenma-

schine 10 in der beispielhaften Ausführungsform eine einzigartige selbstreinigende hydrodynamische Gleitringdichtung, die allgemein mit 52 bezeichnet ist, um die Leckage von Dampf 40 durch die Abschlussdichtungsregion 32 zu reduzieren.

[0039] Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittansicht einer selbstreinigenden hydrodynamischen Gleitringdichtung 52, die mit der (in Fig. 1 gezeigten) Dampfturbinenmaschine 10 verwendet werden kann. In der beispielhaften Ausführungsform ermöglicht es die Gleitringdichtung 52, eine Leckage eines unter Druck stehenden Prozessfluids, z.B. des Dampfes 40, zwischen einer Region mit relativ hohem Druck und einem Bereich mit relativ niedrigem Druck zu reduzieren oder zu verhindern.

In der Gleitringdichtung 52 abgelagertes Fremdmaterial, wie Verunreinigungen oder Schmutz, in dem Dampf 40 führt aber dazu, dass die Gleitringdichtung 52 weniger effektiv funktioniert.

[0040] In der beispielhaften Ausführungsform ist die Gleitringdichtung 52 eine Hochdruckdichtung, die auf einer Einlassseite der Turbinenstufen 12 zwischen der Welle 14 und der Innenschale 44 der Gehäuse 16 positioniert ist. Wie oben beschrieben, ist zwar eine Dampfturbinenmaschine 10 veranschaulicht, die Gleitringdichtung 52 kann aber in jeder beliebigen Anwendung genutzt werden, in der eine selbsteinstellende Dichtung erwünscht oder erforderlich ist. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Gleitringdichtung 52 einen rotierenden Dichtungsring 54, einen stationären Dichtungsring 56 und ein Dichtungsgehäuse 58, das zu einer Mittellinien-Achse 24 der Welle 14 konzentrisch ist und um sie herum verläuft. Der rotierende Dichtungsring 54 und der stationäre Dichtungsring 56 bilden zusammen eine Primärdichtung 55.

[0041] In der beispielhaften Ausführungsform ist der rotierende Dichtungsring 54 mit der Welle 14 gekoppelt und mit ihr drehfest. Alternativ kann der rotierende Dichtungsring 54 als integraler Bestandteil der Welle 14 ausgebildet sein. In der beispielhaften Ausführungsform ist der rotierende Dichtungsring 54 im Wesentlichen scheibenförmig und enthält eine axial gerichtete erste Primärdichtfläche 60, die darin definierte hydrodynamische Einrichtungen, wie Rillen oder Nuten 61, enthält. Die Rillen oder Nuten 61 lenken Prozessfluid, z.B. den Dampf 40, zwischen den rotierenden Dichtungsring 54 und den stationären Dichtungsring 56, wodurch eine Prozessfluidfilmschicht gebildet wird, die im Wesentlichen etwa 0,002 Zoll dick oder kleiner ist. Alternativ oder zusätzlich können die Rillen oder Nuten 61 in einer Primärdichtfläche 74 der stationären Dichtungsringanordnung 56 ausgebildet sein.

[0042] Der stationäre Dichtungsring 56 ist im Wesentlichen scheibenförmig und weist eine radial verlaufende Oberfläche auf, die eine axial gerichtete zweite Primärdichtfläche 74 definiert. Die zweite Primärdichtfläche 74 ist in einer Dichtflächenberührungsbeziehung mit der ersten Primärdichtfläche 60 gegen das erste Dichtungsbauteil 54 positioniert. Die erste und die zweite Primärdichtfläche 60, 74 bilden einen sich schlängelnden oder gewundenen Strömungsweg für das Fluid, z.B. den Dampf 40.

[0043] In der beispielhaften Ausführungsform weist der stationäre Dichtungsring 56 eine glatte zweite Primärdichtfläche 74. Alternativ kann die zweite Primärdichtfläche 74 in ihr definierte hydrodynamische Einrichtungen, wie Rillen oder Nuten 75, enthalten. In der beispielhaften Ausführungsform ist ein vorspannender Stützring 72 als ein von dem Dichtungsring 56 separates Bauteil gezeigt. Alternativ können der vorspannende Stützring 72 und der Dichtungsring 56 als ein einziges Bauteil integral ausgebildet sein. In ihm ist eine Sekundärdichtung 82 positioniert. Der stationäre Dichtungsring 56 enthält wenigstens einen Ausrichtungsspalt 68, der mit einem jeweiligen Ausrichtungselement 66 des Dichtungsgehäuses 58 ausgerichtet und gleitend gekoppelt ist. Der Ausrichtungsspalt 68 ist um einen Aussenrand des stationären Dichtungsring 56 herum durch den stationären Dichtungsring 56 hindurch ausgebildet. Alternativ kann der stationäre Dichtungsring 56 eine beliebige Anzahl von Ausrichtungsspalten 68 enthalten, die um den Aussenrand des stationären Dichtungsring 56 radial voneinander beabstandet sind. Die Zapfen-Spalt-Kopplung wirkt als eine Verdrehungssicherungseinrichtung, um zu verhindern, dass sich der zweite Primärdichtungsring 56 mit dem ersten Primärdichtungsring 54 dreht.

[0044] Das Dichtungsgehäuse 58 ist zur Kopplung des stationären Dichtungsring 56 mit der Innenschale 44 der Gehäuse 16 eingerichtet. Das Dichtungsgehäuse 58 ist ein nichtrotierendes, axial verlaufendes Bauteil, das eine radial gerichtete zweite Dichtfläche 80 enthält. Das Dichtungsgehäuse 58 enthält auch einen oder mehrere Federsitze 64. Das Dichtungsgehäuse 58 enthält ein radial einwärts verlaufendes Ausrichtungselement 66, das mit einem Ausrichtungsspalt 68 des stationären Dichtungsring 56 gekoppelt ist. Der stationäre Dichtungsring 56 ist so mit dem Dichtungsgehäuse 58 gekoppelt, dass der stationäre Dichtungsring 56 an der Mittellinien-Achse 24 entlang axial bewegbar ist und seitlich oder durch Drehung nicht bewegt werden kann. In einigen Ausführungsformen kann das Dichtungsgehäuse 58 in die Innenschale 44 der Gehäuse 16 integriert sein. Des Weiteren kann der stationäre Dichtungsring 56 in einigen alternativen Ausführungsformen mit der Innenschale 44 oder dem Statorbauteil 42 direkt gekoppelt sein.

[0045] Zwischen dem Federsitz 64 und einem radial verlaufenden Vorspannring 72 des stationären Dichtungsring 56 erstreckt sich ein oder erstrecken sich mehrere vorspannende Bauteile 70, wie eine Feder. Das vorspannende Bauteil 70 spannt den stationären Dichtungsring 56 von dem ersten Dichtungsbauteil 54 weg vor. Alternativ kann das vorspannende Bauteil 70 zum Vorspannen des stationären Dichtungsring 56 zu dem ersten Dichtungsbauteil 54 hin eingerichtet sein.

[0046] In einer Nut 78 in dem Dichtungsgehäuse 58 ist eine Konstruktionsdichtung 76 positioniert. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Konstruktionsdichtung 76 ein O-Ring. Alternativ kann die Konstruktionsdichtung 76 ein beliebiger Dichtungstyp sein, der die Gleitringdichtung 52, wie hierin beschrieben funktionieren lässt, wie z.B. eine C-Dichtung, eine E-Dichtung oder eine Bürstendichtung. Die Konstruktionsdichtung 76 verhindert die Leckage von Prozessfluid zwischen der Innenschale 44 und dem Dichtungsgehäuse 58. Die Sekundärdichtung 82 ist in einer in dem Vorspannring 72 ausge-

bildeten Aussparung oder Nut 83 positioniert und steht in Eingriff mit/gleitet auf der Sekundärdichtfläche 80. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Sekundärdichtung 82 ein O-Ring. Alternativ kann die Sekundärdichtung 82 ein beliebiger Dichtungstyp sein, der die Gleitringdichtung 52, wie hierin beschrieben, funktionieren lässt, wie z.B. eine C-Dichtung, eine E-Dichtung oder eine Bürstendichtung. Die Sekundärdichtung 82 erzielt eine Abdichtung gegen den Vorspannring 72, um die Leckage von Prozessfluid zwischen dem Dichtungsgehäuse 58 und dem zweiten Primärring 56 und/oder dem Vorspannring 72 zu verhindern.

[0047] Fig. 4 zeigt eine detailliertere schematische Ansicht eines Teils einer Gleitringdichtung 52, der um einen in Fig. 3 gezeigten Bereich 4 entnommen ist. Mit Bezug auf Fig. 3 und Fig. 4 enthält der rotierende Dichtungsring 54 in der beispielhaften Ausführungsform eine Bürste 84. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Bürste 84 linear, d.h. in einer im Wesentlichen geraden Linie ausgebildet. Alternativ kann die Bürste 84 in jeder beliebigen Konfiguration ausgebildet sein, die die Bürste 84, wie hierin beschrieben, funktionieren lässt. In alternativen Ausführungsformen kann der stationäre Dichtungsring 56 die Bürste 84 enthalten, oder sowohl der rotierende Dichtungsring 54 als auch der stationäre Dichtungsring 56 können die Bürste 84 enthalten. Die Bürste 84 enthält mehrere flexible Elemente 86, die mit einer Haltevorrichtung 88 gekoppelt sind. Es ist hierin zu beachten, dass der Begriff «flexibles Element» als ein Element bezeichnet werden kann, das in der Lage ist, gebogen zu werden, ohne das Element zu brechen. In einigen Ausführungsformen umfassen die mehreren flexiblen Elemente 86 Borsten, die metallische oder nichtmetallische Borsten oder eine Kombination von metallischen und nichtmetallischen Borsten enthalten können. In einigen Ausführungsformen können die flexiblen Elemente 86 eine Metalllegierung, z.B. eine Kobaltlegierung, wie HAYNES 25®, enthalten. Eine flexible Borste ist ein einseitig eingespannter Balken, dessen radiale Steifigkeit von der Länge, dem Querschnittsträgheitsmoment und dem Elastizitätsmodul des Materials definiert wird.

[0048] In der beispielhaften Ausführungsform ist die Bürste 84 in der ersten Primärdichtfläche 60 des rotierenden Dichtungsringes 54 positioniert. Die Bürste 84 sorgt für die Entfernung von Fremdmaterial aus den Nuten 61 in der zweiten Primärdichtfläche 74 des stationären Dichtungsringes 56. Alternativ kann die Bürste 84 in der zweiten Primärdichtfläche 74 des stationären Dichtungsringes 56 positioniert sein, wo sie für die Entfernung von Fremdmaterial aus den Nuten 61 in der ersten Primärdichtfläche 60 des Dichtungsringes 54 sorgen kann.

[0049] Jedes flexible Element 86 enthält ein mit der Haltevorrichtung 88 gekoppeltes erstes Ende 90 und ein nahe der zweiten Primärdichtfläche 74 positioniertes zweites Ende 92. In der beispielhaften Ausführungsform berührt das zweite Ende 92 des flexiblen Elements 86 die zweite Primärdichtfläche 74. Das flexible Element 86 ermöglicht eine relativ grosse Bewegung des uneingeschränkten zweiten Endes 92, was es wiederum dem flexiblen Element 86 ermöglicht, die Nuten 61 von Fremdmaterial, wie Schmutz und Verunreinigungen, zu reinigen. Das erste Ende 90 jedes flexiblen Elements 86 ist mit der Haltevorrichtung 88 gekoppelt, und das zweite Ende 92 steht von der Haltevorrichtung 88 zu der zweiten Primärdichtfläche 74 hin vor. Die Haltevorrichtung 88 ist mit dem rotierenden Dichtungsring 54 gekoppelt. In einigen Ausführungsformen kann die Haltevorrichtung 88 eine Schweissverbindung enthalten. In anderen Ausführungsformen kann die Haltevorrichtung 88 ein beliebiges Verbindungsverfahren enthalten, das die Haltevorrichtung 88, wie hierin beschrieben, funktionieren lässt, wie z.B. eine Epoxidverbindung.

[0050] Fig. 5 zeigt einen Aufriss des stationären Dichtungsringes 56 der Gleitringdichtung 52 von Fig. 3. In der beispielhaften Ausführungsform enthält der stationäre Dichtungsring 56 vier Bürsten 84, die jeweils eine im Wesentlichen lineare Form haben. Die Bürsten sind jeweils im Wesentlichen im gleichem Abstand von einer benachbarten Bürste 84 beabstandet. Zum Beispiel befindet sich in der beispielhaften Ausführungsform jeweils eine Bürste 84 ungefähr in der 12-Uhr-, 3-Uhr-, 6-Uhr- und 9-Uhr-Position. Alternativ kann der stationäre Dichtungsring 56 eine beliebige Anzahl von Bürsten 84 enthalten, die die selbstreinigende Gleitringdichtung 52, wie hierin beschrieben, funktionieren lassen. In der beispielhaften Ausführungsform sind die Bürsten 84 an einer radialen Linie entlang positioniert, die sich von der Mittelachse des stationären Dichtungsringes 56 aus erstreckt. Alternativ können die Bürsten 84 in Bezug auf eine jeweilige radiale Linie geneigt sein. Die lineare Bürste 84 endet vorzugsweise, bevor sie sich zur Abdichtung nach innen zu dem Dichtungsinnenumfang ID erstreckt, oder endet, bevor sie sich zur Abdichtung nach aussen zu dem Dichtungsaußenumfang OD erstreckt, um es zu ermöglichen, dass das Prozessfluid am Entweichen gehindert wird.

[0051] Fig. 6 zeigt eine schematische Schnittansicht einer alternativen beispielhaften selbstreinigenden hydrodynamischen Gleitringdichtung 52 zur Verwendung mit der in Fig. 1 gezeigten Dampfturbinenmaschine 10. Die Elemente sind ebenso numeriert wie in Fig. 3, wenn ihre Funktionen die gleichen sind. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Gleitringdichtung 52 einen rotierenden Dichtungsring 54, einen stationären Dichtungsring 56 und ein Dichtungsgehäuse 58, das mit der Mittellinien-Achse 24 der Welle 14 konzentrisch ist und um sie herum verläuft. Der rotierende Dichtungsring 54 und der stationäre Dichtungsring 56 bilden zusammen eine Primärdichtung 55.

[0052] In der beispielhaften Ausführungsform ist der rotierende Dichtungsring 54 mit der Welle 14 integral ausgebildet und mit ihr drehfest. Alternativ kann der rotierende Dichtungsring 54 als ein separates Teil ausgebildet und mechanisch an der Welle 14 angebracht sein. Der rotierende Dichtungsring 54 ist im Wesentlichen scheibenförmig und enthält eine axial gerichtete erste Primärdichtfläche 60, die wenigstens eine Bürste 84 enthält.

[0053] Der stationäre Dichtungsring 56 ist im Wesentlichen scheibenförmig und hat eine radial verlaufende Oberfläche, die eine axial gerichtete zweite Primärdichtfläche 74 definiert, die in ihr ausgebildete Rillen oder Nuten 61 aufweist. Die Rillen oder Nuten 61 lenken Prozess fluid, z.B. den Dampf 40, zwischen den rotierenden Dichtungsring 54 und den stationären

Dichtungsring 56, so dass eine Prozessfluidfilmschicht gebildet wird, die im Wesentlichen etwa 0,002 Zoll dick oder kleiner ist. Alternativ oder zusätzlich können die Rillen oder Nuten 61 in der Primärdichtfläche des rotierenden Dichtungsringes ausgebildet sein. In einer alternativen Ausführungsform kann eine durch den stationären Dichtungsring 56 verlaufende Öffnung 94 zum Einspeisen von zuströmseitigem Prozessfluid, z.B. dem Dampf 40, zwischen die erste Primärdichtfläche 60 und die zweite Primärdichtfläche 74 genutzt werden. Die zweite Primärdichtfläche 74 ist in einer Dichtflächenberührungsbeziehung mit der ersten Primärdichtfläche 60 gegen das erste Dichtungsbauteil 54 positioniert. Die erste und die zweite Primärdichtfläche 60 bzw. 74 bilden einen sich schlängelnden oder gewundenen Strömungsweg für das Prozessfluid, z.B. Dampf 40.

[0054] In der beispielhaften Ausführungsform ist zwischen dem stationären Dichtungsring 56 und dem Dichtungsgehäuse 58 eine Sekundärdichtung 82 positioniert. Die Sekundärdichtung 82 ermöglicht es, eine Leckage zwischen dem stationären Dichtungsring 56 und dem Dichtungsgehäuse 58 zu verhindern und lässt den stationären Dichtungsring 56 axial gleiten, um der Verschiebung der Welle 14 in der axialen Richtung aufgrund von Wärmeausdehnung/-schrumpfung oder Schubumkehr zu folgen.

[0055] In der beispielhaften Ausführungsform erstrecken sich ein oder mehrere vorspannende Bauteile 70, wie eine Feder, zwischen dem Federsitz 64 an dem Dichtungsgehäuse 58 und sind auf an dem stationären Dichtungsring 56 angebrachten Stangen 96 montiert. Das vorspannende Bauteil 70 spannt den stationären Dichtungsring 56 von dem rotierenden Dichtungsring 54 weg vor. Die Stangen 96 haben auch die Aufgabe, die Drehung des stationären Dichtungsringes 56 zu verhindern. Alternativ kann das vorspannende Bauteil 70 zum Vorspannen des stationären Dichtungsringes 56 zu dem rotierenden Dichtungsring 54 hin eingerichtet sein.

[0056] In der beispielhaften Ausführungsform spannen die vorspannenden Bauteile 70 den stationären Dichtungsring 56 bei einer Lastbedingung ohne Druck oder bei geringem Druck von dem rotierenden Dichtungsring 54 weg vor. Dementsprechend befindet sich die Gleitringdichtung 52 in einer offenen Stellung. Mit zunehmendem Druckaufbau in der Turbinenmaschine 10 wirken ein Ansaugement 98, das sich von dem rotierenden Dichtungsring 56 aus erstreckt, und eine Aussenfläche 100 des rotierenden Dichtungsringes 54 zusammen, um einen Druckabfall zu erzeugen, der das Ziehen des stationären Dichtungsringes 56 zu dem rotierenden Dichtungsring 54 hin ermöglicht, so dass folglich in einem belasteten Zustand eine Dichtung geschaffen wird. Der Vorteil einer ansaugenden Konstruktion ist, dass sie es zulässt, dass sich die Dichtungsflächen im lastfreien Zustand trennen, um ein Reiben der Dichtungsflächen zu vermeiden.

[0057] Die hierin beschriebenen Vorrichtungen und Systeme ermöglichen die Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Rotationsmaschine, indem sie eine selbstreinigende Dichtungsanordnung vorsehen, die eine Prozessfluidleckage in einer Rotationsmaschine beträchtlich reduziert. Genauer ist eine selbstreinigende hydrodynamische Gleitringdichtung beschrieben, die mehrere lineare Bürsten enthält. Die linearen Bürsten sorgen für die Reinigung der hydrodynamischen Einrichtungen der Gleitringdichtungsringe, so dass die Gleitringdichtung bei Ablagerung von Schmutz und/oder Verunreinigungen zwischen den Dichtungsringen durch das Prozessfluid ihre Abdichtungsfähigkeit beibehalten kann. Im Gegensatz zu bekannten hydrodynamischen Gleitringdichtungen ohne Selbstreinigungseinrichtungen machen die hierin beschriebenen Vorrichtungen und Systeme es möglich, die Wartungsdauer von Gleitringdichtungen mit grossem Durchmesser zu reduzieren, und machen es möglich, die Prozessfluidleckage aus der Rotationsmaschine zu reduzieren.

[0058] Die hierin beschriebenen Verfahren und Systeme sind nicht auf die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen beschränkt. Zum Beispiel können Bauteile jedes Systems und/oder Schritte jedes Verfahrens unabhängig und getrennt von anderen hierin beschriebenen Bauteilen und/oder Schritten verwendet und/oder ausgeführt werden. Ausserdem kann auch jedes Bauteil und/oder jeder Schritt mit anderen Anordnungen und Verfahren verwendet und/oder ausgeführt werden.

[0059] Die Erfindung wurde zwar bezüglich verschiedener spezifischer Ausführungsformen beschrieben, der Fachmann wird aber erkennen, dass die Erfindung mit Modifikation innerhalb des Rahmens und Umfangs der Ansprüche ausgeführt werden kann.

[0060] Es ist eine selbstreinigende hydrodynamische Gleitringdichtung 52 zur Verwendung mit einer Rotationsmaschine 10 geschaffen. Die hydrodynamische Gleitringdichtung 52 enthält einen Dichtungsring, 54 oder 56, mit einer radial verlaufenden Dichtfläche, 60 oder 74. Ausserdem enthält die hydrodynamische Gleitringdichtung 52 wenigstens eine mit dem Dichtungsring 54 oder 56 gekoppelte Bürste 84. Die wenigstens eine Bürste 84 enthält mehrere flexible Elemente 86, die sich von der radial verlaufenden Dichtfläche, 60 oder 74, des Gleitringdichtungsringes, 54 oder 56, weg erstrecken.

Bezugszeichenliste

[0061]

Dampfturbinenmaschine	10
Einlassseite	11
Turbinenstufen	12
Drehbare Welle	14

Gehäuse	16
Oberer Hälftenabschnitt	18
Dampfeinlassleitung	20
Abdampfleitung	22
Mittellinien-Achse	24
Einlassglocke	26
Endabschnitte der drehbaren Welle	30
Mehrere Abdichtelemente	32
Mehrere Abdichtelemente	34
Mehrere Abdichtelemente	3 6
Turbinenrotorschaufern oder -laufschaufeln	38
Dampf	40
Statorbauteil	42
Innenschale	44
Einlassleitschaufeln	48
Leakageregion	50
Selbstreinigende hydrodynamische Gleitringdichtung	52
Rotierender Dichtungsring	54
Primärdichtung	55
Stationärer Dichtungsring	56
Dichtungsgehäuse	58
Erste Primärdichtfläche	60
Hydrodynamische Einrichtungen oder Nuten	61
Federsitz	64
Ausrichtungselement	66
Ausrichtungsspalt	68
Vorspannendes Bauteil	70
Vorspannring	72
Zweite Primärdichtfläche	74
Rillen oder Nuten	75
Konstruktionsdichtung	76
Nut	78
Sekundärdichtfläche	80
Sekundärdichtung	82
Lineare Bürste	84
Flexibles Element	86

Haltevorrichtung	88
Erstes Ende	90
Zweites Ende	92
Öffnung	94
Stangen	96
Ansaugelement	98
Aussenfläche	100

Patentansprüche

1. Hydrodynamischer Gleitringdichtungsring (54 oder 56) zur Verwendung mit einer Rotationsmaschine (10), wobei der Gleitringdichtungsring (54 oder 56) aufweist:
einen Dichtungsring (54 oder 56), der eine radial verlaufende Dichtfläche (60 oder 74) aufweist, und
wenigstens eine mit dem Dichtungsring (54 oder 56) gekoppelte Bürste (84), wobei die wenigstens eine Bürste (84) mehrere flexible Elemente (86) aufweist, die sich von der Dichtfläche (60 oder 74) weg erstrecken.
2. Gleitringdichtungsring (54 oder 56) nach Anspruch 1, wobei die wenigstens eine Bürste (84) mehrere Bürsten (84) aufweist.
3. Gleitringdichtungsring (54 oder 56) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Dichtfläche (60 oder 74) glatt ist und/oder wobei die Dichtfläche (60 oder 74) wenigstens eine in ihr definierte hydrodynamische Einrichtung aufweist.
4. Gleitringdichtungsring (54 oder 56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Dichtungsring (54 oder 56) wenigstens einen durch ihn hindurch definierten Ausrichtungsspalt (68) hat, wobei der wenigstens eine Ausrichtungsspalt (68) eingerichtet ist, um gleitend mit einem jeweiligen Ausrichtungselement (66) eines Dichtungsgehäuses (58) gekoppelt zu werden.
5. Gleitringdichtungsring (54 oder 56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mehreren flexiblen Elemente (86) Borsten umfassen; wobei die Borsten vorzugsweise aus einer Metalllegierung hergestellt sind.
6. Gleitringdichtungsring (54 oder 56) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Bürste (84) eine Haltevorrichtung (88) aufweist, die mit dem Dichtungsring (54 oder 56) gekoppelt ist, wobei jedes flexible Element (86) der mehreren flexiblen Elemente (86) ein erstes Ende (90), das mit der Haltevorrichtung (88) gekoppelt ist, und ein zweites Ende (92) aufweist, das sich von der Haltevorrichtung (88) erstreckt, um einen zweiten Dichtungsring (54 oder 56) zu berühren, der wenigstens eine in ihm definierte hydrodynamische Einrichtung (61 oder 75) aufweist; wobei das zweite Ende (92) jedes flexiblen Elements (86) der mehreren flexiblen Elemente (86) vorzugsweise den zweiten Dichtungsring (54 oder 56) berührt, um Fremdmaterial von der wenigstens einen hydrodynamischen Einrichtung (61 oder 75) zu entfernen.
7. Rotationsmaschine (10), die aufweist:
ein Gehäuse (16);
eine drehbare Welle (14), die eine Mittellinien-Achse (24) definiert, und
ein Dichtungssystem (52), das aufweist:
einen ersten Dichtungsring (54), der eine erste Primärdichtfläche (60) aufweist, wobei der erste Dichtungsring (54) mit der drehbaren Welle (14) gekoppelt ist,
einen zweiten Dichtungsring (56), der eine zweite Primärdichtfläche (74) aufweist,
wenigstens eine Bürste (84), die mit dem ersten Dichtungsring (54) und/oder dem zweiten Dichtungsring (56) gekoppelt ist, wobei die wenigstens eine Bürste (84) mehrere flexible Elemente (86) aufweist, und
ein Dichtungsgehäuse (58), das mit dem zweiten Dichtungsring (56) gekoppelt und mit diesem bewegbar ist.
8. Rotationsmaschine nach Anspruch 7, wobei das Dichtungssystem (52) ferner ein Vorspannbauteil (70) aufweist, das zwischen dem Dichtungsgehäuse (58) und dem zweiten Dichtungsring (56) eingekoppelt ist; wobei das Vorspannbauteil vorzugsweise zum Vorspannen des zweiten Dichtungsringes (56) axial entlang der Mittellinien-Achse von dem ersten Dichtungsring (54) weg eingerichtet ist; und/oder
wobei das Dichtungssystem ferner einen Vorspannring (72) aufweist, der mit dem zweiten Dichtungsring (56) gekoppelt ist.
9. Rotationsmaschine nach Anspruch 7 oder 8, wobei das Dichtungsgehäuse (58) eine Sekundärdichtung (82) aufweist, die zwischen dem Dichtungsgehäuse (58) und dem Gehäuse (16) positioniert ist; und/oder wobei das Dichtungsgehäuse (58) wenigstens ein sich radial einwärts erstreckendes Ausrichtungselement (66) aufweist.
10. Verfahren zur Montage eines Dichtungssystems, wobei das Verfahren aufweist:
Koppeln eines Dichtungsgehäuses mit einer Innenfläche eines Gehäuses einer Rotationsmaschine,

CH 708 851 A2

Koppeln eines ersten Dichtungsring, der eine erste Primärdichtfläche enthält, mit einer drehbaren Welle der Rotationsmaschine,
lösbares Koppeln eines zweiten Dichtungsring, der eine zweite Primärdichtfläche enthält, konzentrisch mit dem ersten Dichtungsring, und
Koppeln wenigstens einer Bürste mit dem ersten Dichtungsring und/oder dem zweiten Dichtungsring, wobei die wenigstens eine Bürste mehrere flexible Elemente enthält.

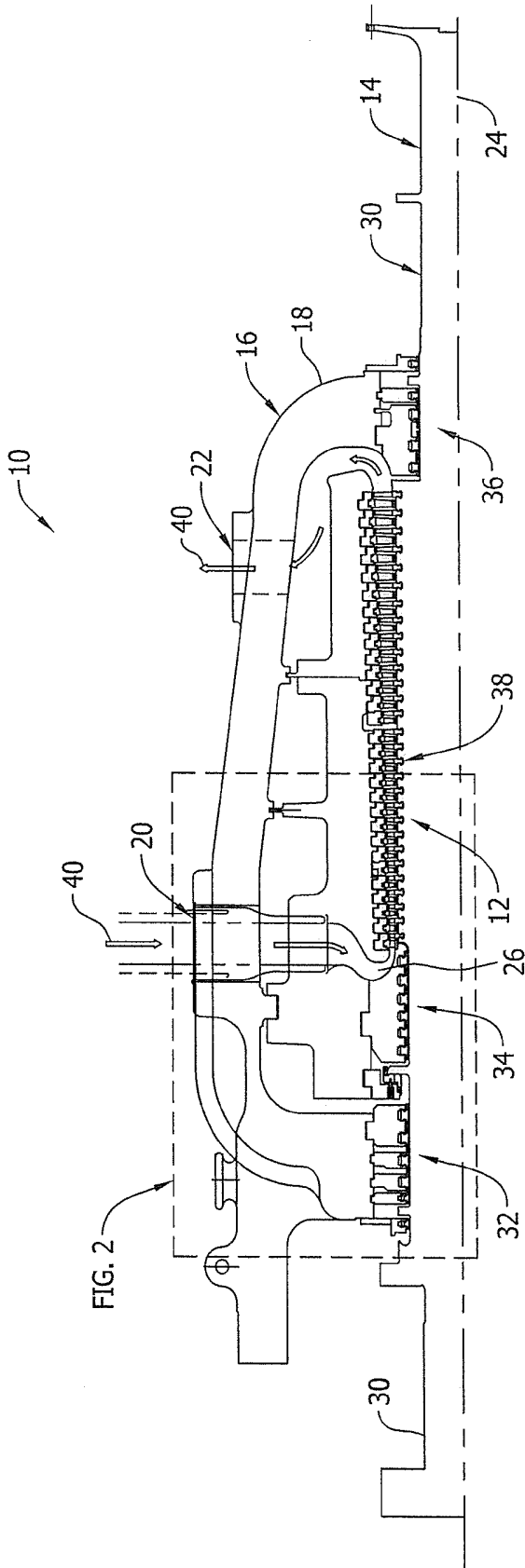


FIG. 1

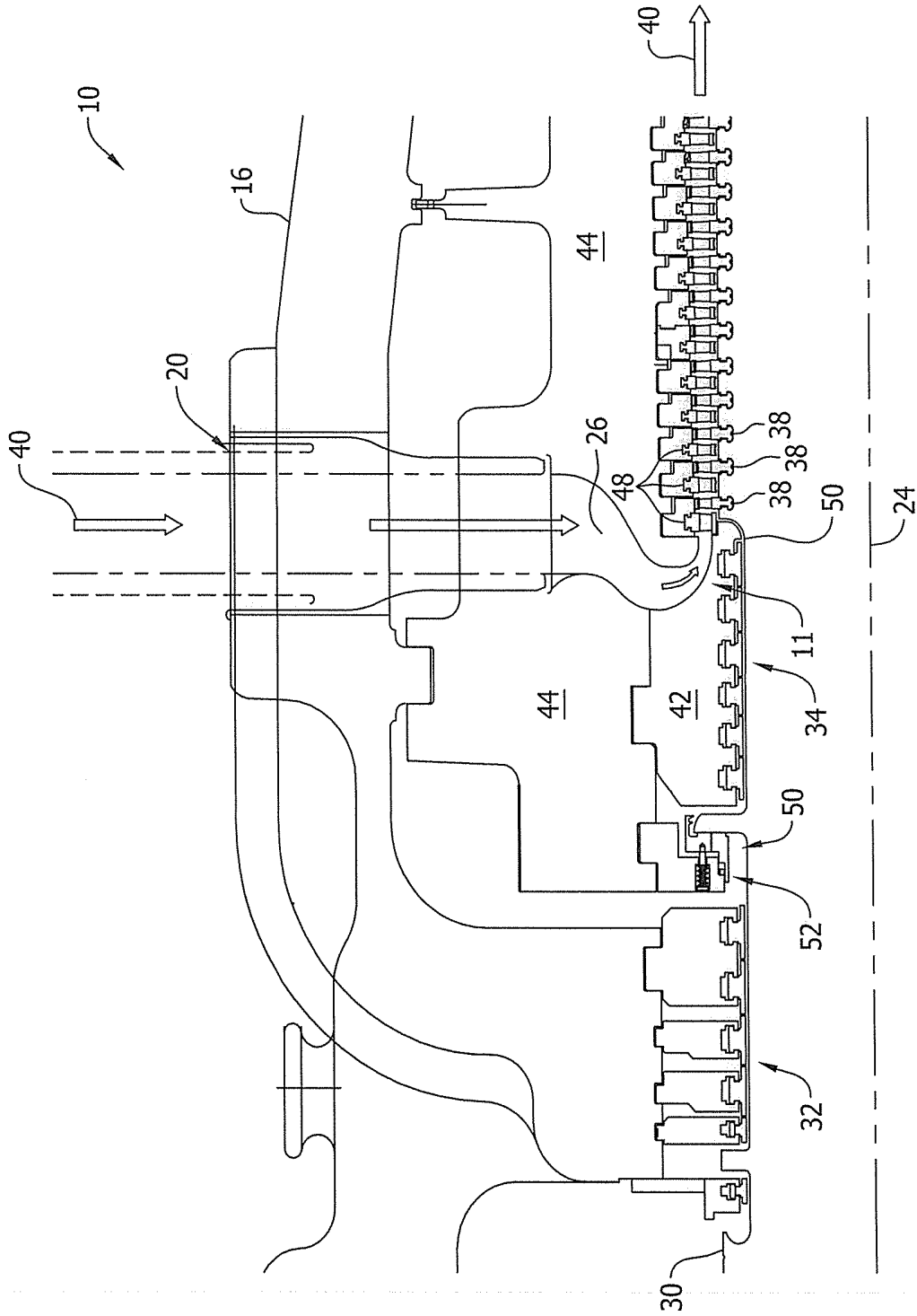


FIG. 2

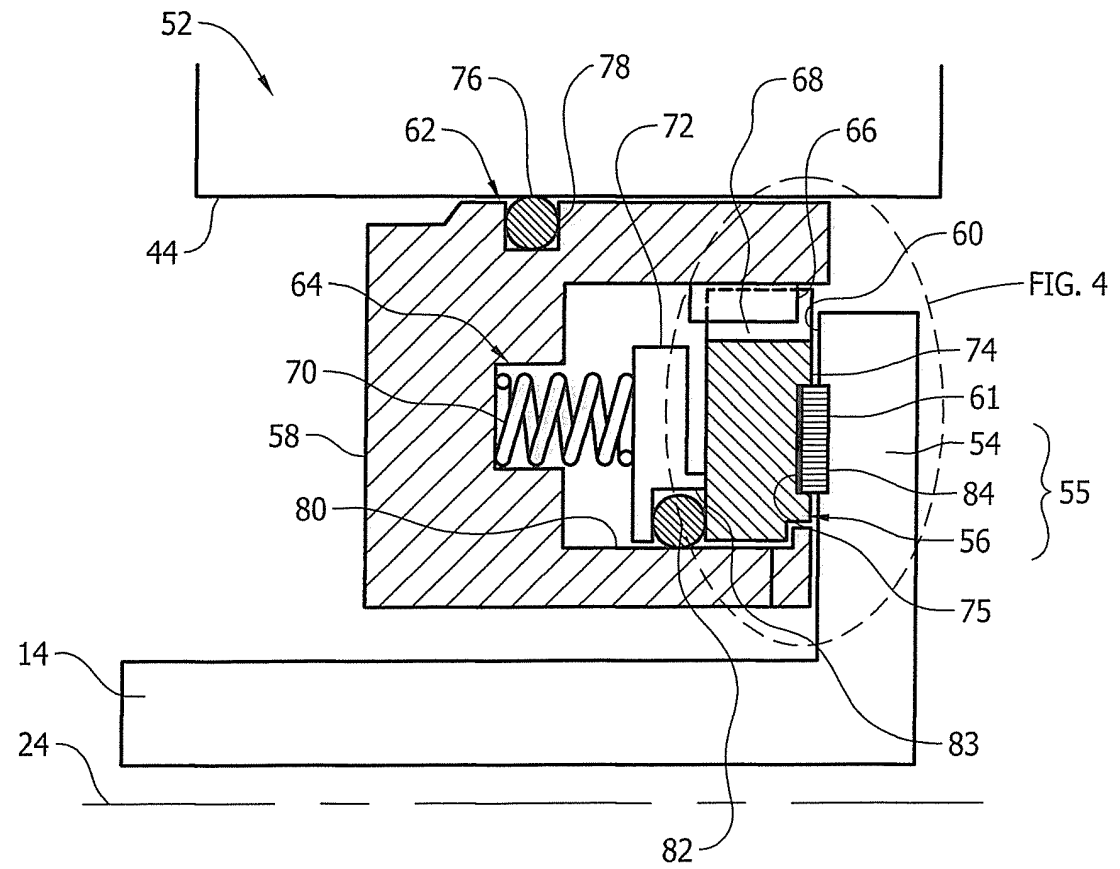


FIG. 3

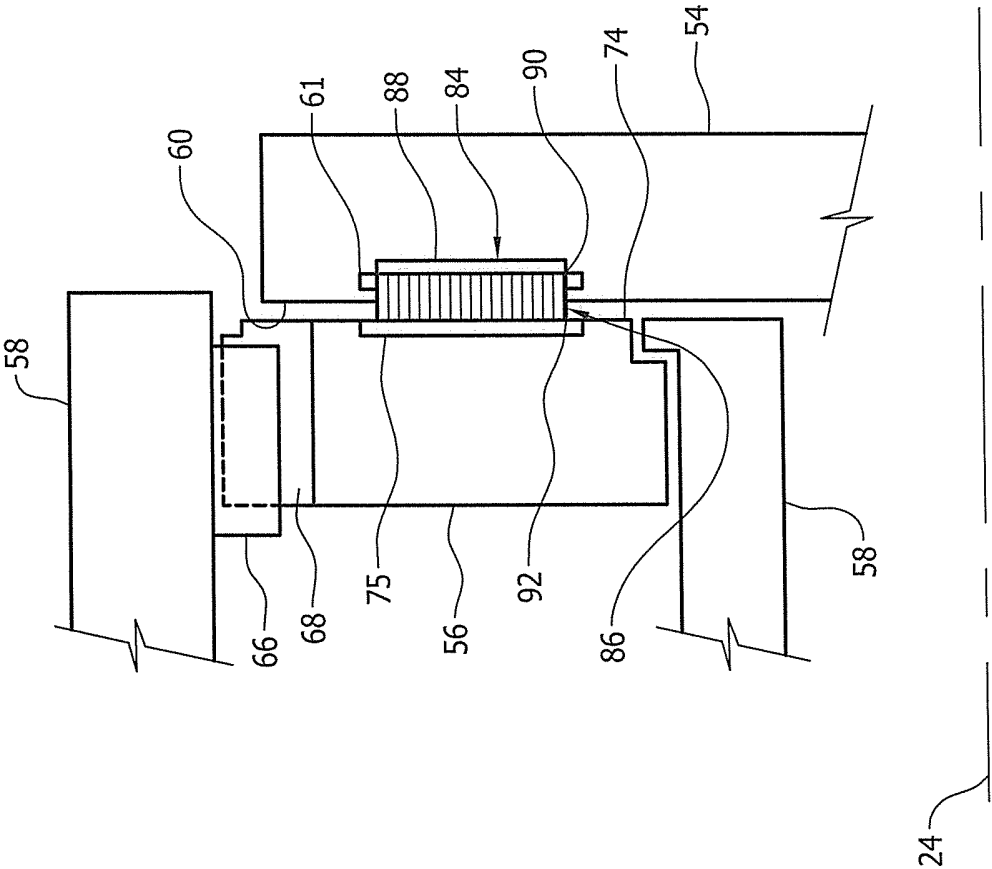


FIG. 4

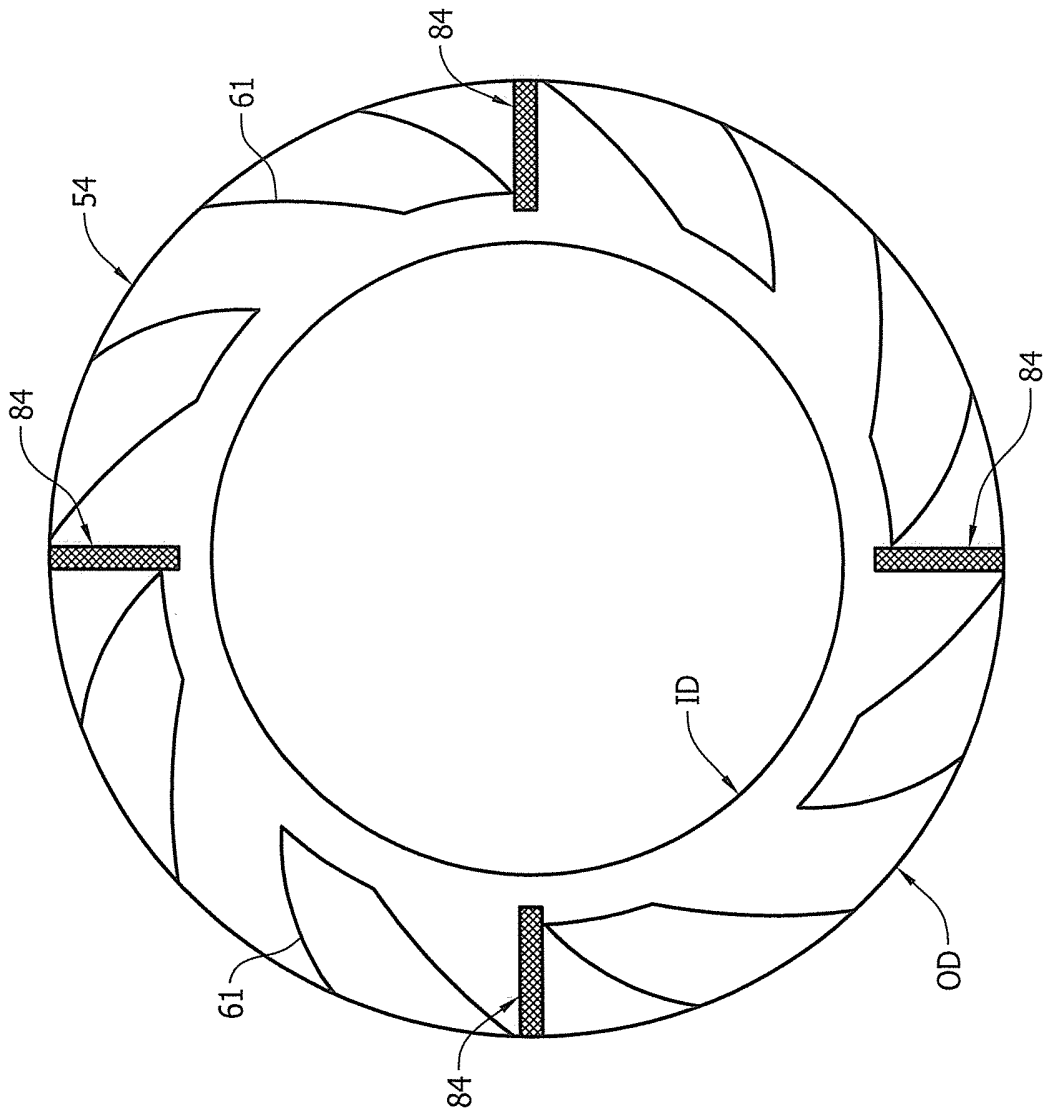


FIG. 5

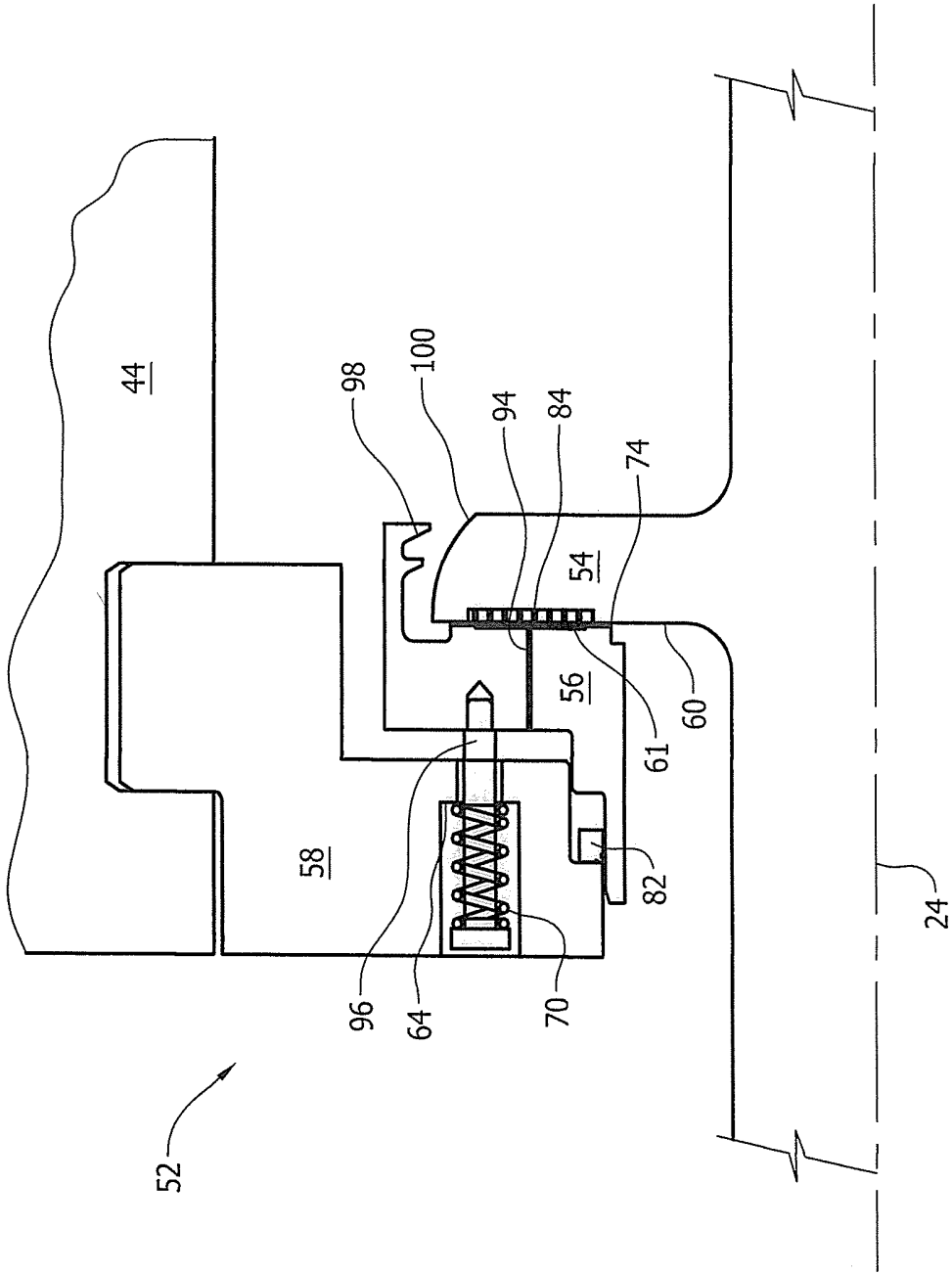


FIG. 6