

Beschreibung

STAND DER TECHNIK

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein Rotationsmaschinen und insbesondere eine Ansaugdichtungsanordnung zum Abdichten einer Rotationsmaschine.

[0002] Zumindest einige Rotationsmaschinen, wie Dampfturbinen, weisen einen definierten Fluidströmungsweg auf, der durch sie hindurch verläuft. Der Strömungsweg weist in einer seriellen Strömungsbeziehung einen Fluideinlass, eine Turbine und einen Fluidauslass auf. Ein Leckströmungsweg ist in manchen bekannten Rotationsmaschinen stromaufwärts von dem primären Strömungsweg zwischen einem Hochdruckbereich und einem Niederdruckbereich vorhanden. In einigen rotierenden Maschinen werden mehrere Dichtungsanordnungen in dem Leckströmungsweg verwendet, um die Erhöhung des betrieblichen Wirkungsgrads der rotierenden Maschine zu erleichtern. Im Allgemeinen werden bekannte Dichtungsanordnungen zwischen einer stationären Komponente und einer rotierenden Komponente angebracht, um eine Abdichtung zwischen dem Hochdruckbereich und dem Niederdruckbereich zu erzielen.

[0003] In manchen bekannten Rotationsmaschinen können hydrodynamische Flächendichtungen verwendet, um die Verringerung des Austretens eines unter Druck stehenden Prozessfluids durch einen Spalt zwischen der stationären Komponente und der rotierenden Komponente zu erleichtern. Hydrodynamische Flächendichtungen weisen allgemein einen rotierenden Ring und einen stationären (nicht rotierenden) Ring auf. Beim Starten von zumindest einigen bekannten Rotationsmaschinen, die hydrodynamische Flächendichtungen aufweisen, werden der rotierende Ring und der stationäre Ring voneinander weg vorbelastet, bis sich Druck in der Maschine aufbaut und den stationären Ring zu dem rotierenden Ring hin bewegt. Während des Betriebs erzeugen hydrodynamische Nuten, die in dem rotierenden Ring ausgebildet sind, eine hydrodynamische Kraft, die bewirkt, dass der stationäre Ring von dem rotierenden Ring getrennt bleibt, so dass eine kleine Lücke zwischen den beiden Ringen vorhanden ist. Wenn der hohe Druck, der auf den stationären Ring wirkt, zu hoch ist, kann es jedoch sein, dass die von den Nuten erzeugte hydrodynamische Kraft nicht ausreicht, um ein Zusammenprallen des stationären Rings mit dem rotierenden Ring und eine schwere Beschädigung der Rotationsmaschine zu verhindern.

KURZBESCHREIBUNG

[0004] In einem Aspekt ist eine Ansaugflächendichtung zur Verwendung mit einer Drehachse aufweisenden Rotationsmaschine geschaffen. Die An-

saugflächendichtung weist einen rotierenden Dichtungsring auf, der eine radial äußere Oberfläche aufweist, die einen schrägen Abschnitt aufweist. Ein stationärer Dichtungsring ist in der Nähe des rotierenden Dichtungsringes angebracht, so dass eine erste Lücke zwischen ihnen definiert wird. Der stationäre Dichtungsring ist entlang der Mittelachse zwischen einer offenen Stellung und einer Abdichtungsstellung bewegbar und weist ein Erweiterungselement auf, das sich über der ersten Lücke erstreckt. Eine Hilfsdichtung weist mindestens einen Dichtungszahn auf, der eine Dichtungszahnschnecke aufweist. Der mindestens eine Dichtungszahn erstreckt sich radial einwärts von dem Erweiterungselement, so dass eine zweite Lücke zwischen der Dichtungszahnschnecke und dem schrägen Abschnitt definiert ist.

[0005] Die Hilfsdichtung der oben erwähnten Ansaugflächendichtung kann so eingerichtet sein, dass sie einen Strom von Prozessfluid durch die erste Lücke behindert, so dass ein Druckunterschied zwischen einem Hochdruckbereich stromaufwärts von der ersten Lücke und einem Niederdruckbereich stromabwärts von der ersten Lücke eine axiale Bewegung des stationären Dichtungsringes aus der ersten Stellung in die zweite Stellung bewirkt.

[0006] Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Hilfsdichtung so eingerichtet sein, dass sie den Druckunterschied verringert, um die Reduktion einer Geschwindigkeit zu erleichtern, mit der sich der stationäre Dichtungsring während eines Übergangs von der ersten Stellung in die zweite Stellung dem rotierenden Dichtungsring nähert.

[0007] In der Ansaugflächendichtung jeder der oben erwähnten Arten kann der schräge Abschnitt im Wesentlichen bogenförmig sein.

[0008] Wenn das stationäre Dichtungselement in der Ansaugflächendichtung jeder der oben erwähnten Arten die erste Stellung einnimmt, kann die erste Lücke eine erste Breite definieren, und die zweite Lücke kann eine zweite Breite definieren, die kürzer ist als die erste Breite, wobei die erste Lücke eine dritte Breite definieren kann und die zweite Lücke eine vierte Breite definieren kann, die länger ist als die dritte Breite, wenn das stationäre Dichtungselement die zweite Stellung einnimmt.

[0009] Außerdem ist die erste Breite in einer bevorzugten Konfiguration länger als die dritte Breite, und die zweite Breite ist kürzer als die vierte Breite.

[0010] Die Ansaugflächendichtung jeder der oben erwähnten Arten kann ferner ein Dichtungsgehäuse und eine Vorbelastungskomponente aufweisen, die sich zwischen dem Dichtungsgehäuse und dem stationären Dichtungsring erstreckt, wobei die Vorbelastungskomponente so eingerichtet ist, dass sie in der

ersten Stellung den stationären Dichtungsring von dem rotierenden Dichtungsring weg vorbelastet.

[0011] Mit der Ansaugflächendichtung jeder der oben erwähnten Arten kann sich die Rotationsmaschine in der ersten Stellung in einem druckfreien oder einem Niederdruck-Betriebszustand befinden, und in der zweiten Stellung kann sich die Rotationsmaschine in einem Betriebszustand mit relativ höherem Druck befinden.

[0012] In einem anderen Aspekt wird eine Rotationsmaschine geschaffen. Die Rotationsmaschine weist ein Gehäuse und eine drehbare Welle auf, die eine Mittelachse definiert. Die Rotationsmaschine weist auch ein Dichtungssystem auf, das einen rotierenden Dichtungsring aufweist, der mit der Welle verbunden ist, wobei der rotierende Dichtungsring eine radial äußere Oberfläche aufweist, die einen schrägen Abschnitt aufweist. Das Dichtungssystem weist auch einen stationären Dichtungsring auf, der in der Nähe des rotierenden Dichtungsringes so mit dem Gehäuse verbunden ist, dass eine erste Lücke zwischen ihnen definiert ist. Der stationäre Dichtungsring ist entlang der Mittelachse zwischen einer offenen Stellung und einer Abdichtungsstellung bewegbar, und der stationäre Dichtungsring weist ein Erweiterungselement auf, das sich über der ersten Lücke erstreckt. Das Dichtungssystem weist außerdem eine Hilfsdichtung auf, die mindestens einen Dichtungszahn aufweist, der eine Dichtungszahnspitze aufweist. Der mindestens eine Dichtungszahn erstreckt sich radial einwärts von dem Erweiterungselement, so dass eine zweite Lücke zwischen der Dichtungszahnspitze und dem schrägen Abschnitt definiert ist.

[0013] In der oben erwähnten Rotationsmaschine kann die Hilfsdichtung so eingerichtet sein, dass sie eine Strömung eines Prozessfluids durch die erste Lücke behindert, so dass ein Druckunterschied zwischen einem Hochdruckbereich stromaufwärts von der ersten Lücke und einem Niederdruckbereich stromabwärts von der ersten Lücke eine axiale Bewegung des stationären Dichtungsringes aus der ersten Stellung in die zweite Stellung bewirkt.

[0014] Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Hilfsdichtung so eingerichtet sein, dass sie den Druckunterschied verringert, um eine Reduktion einer Geschwindigkeit zu ermöglichen, mit der sich der stationäre Dichtungsring während des Übergangs aus der ersten Stellung in die zweite Stellung dem rotierenden Dichtungsring nähert.

[0015] In einer bevorzugten Konfiguration der Rotationsmaschine ist der schräge Abschnitt im Wesentlichen plan.

[0016] Wenn das stationäre Dichtungselement in der Rotationsmaschine jeder der oben erwähnten Arten

die erste Stellung einnimmt, kann die erste Lücke eine erste Breite definieren, und die zweite Lücke kann eine zweite Breite definieren, die kürzer ist als die erste Breite, wobei die erste Lücke eine dritte Breite definieren kann und die zweite Lücke eine vierte Breite definieren kann, die länger ist als die dritte Breite, wenn das stationäre Dichtungselement die zweite Stellung einnimmt.

[0017] In der Rotationsmaschine jeder der oben erwähnten Arten kann sich der mindestens eine Dichtungszahn während des Übergangs aus der ersten Stellung in die zweite Stellung entlang des schrägen Abschnitts axial bewegen.

[0018] In einer Konfiguration der Rotationsmaschine ist der schräge Abschnitt radial einwärts in Richtung auf die Mittelachse geneigt.

[0019] In der Rotationsmaschine jeder der oben erwähnten Arten kann die Rotationsmaschine in der ersten Stellung einen druckfreien oder Niederdruck-Betriebszustand einnehmen, und in der zweiten Stellung kann die Rotationsmaschine einen Betriebszustand einnehmen, der einen relativ höheren Druck aufweist.

[0020] In einem noch anderen Aspekt ist ein Verfahren zur Montage eines Dichtungssystems zur Verwendung in einer Rotationsmaschine geschaffen. Das Verfahren beinhaltet ein Verbinden eines rotierenden Dichtungsringes mit einer drehbaren Welle, die eine Mittelachse definiert, und Anbringen eines stationären Dichtungsringes in der Nähe des rotierenden Dichtungsringes, so dass eine erste Lücke zwischen ihnen definiert ist. Der stationäre Dichtungsring ist entlang der Mittelachse zwischen einer offenen Stellung und einer abgedichteten Stellung bewegbar. Der stationäre Dichtungsring weist ein Erweiterungselement auf, das sich über der ersten Lücke erstreckt. Das Verfahren beinhaltet außerdem ein Ausbilden einer Hilfsdichtung radial außerhalb des rotierenden Dichtungsringes. Die Hilfsdichtung weist mindestens einen Dichtungszahn auf, der eine Dichtungszahnspitze aufweist. Der mindestens eine Dichtungszahn erstreckt sich radial einwärts von dem Erweiterungselement, so dass eine zweite Lücke zwischen der Dichtungszahnspitze und dem schrägen Abschnitt definiert wird.

[0021] In dem oben erwähnten Verfahren kann das Ausbilden einer Hilfsdichtung ferner ein Beschränken einer Strömung von Prozessfluid durch die erste Lücke beinhalten, so dass ein Druckunterschied zwischen einem Hochdruckbereich stromaufwärts von der ersten Lücke und einem Niederdruckbereich stromabwärts von der ersten Lücke eine axiale Bewegung des stationären Dichtungsringes aus der ersten Stellung in die zweite Stellung bewirkt.

[0022] Alternativ oder zusätzlich dazu kann das Ausbilden einer Hilfsdichtung ferner ein Verringern des Druckunterschieds beinhalten, um eine Reduktion einer Geschwindigkeit zu ermöglichen, mit der sich der stationäre Dichtungsring während eines Übergangs aus der ersten Stellung in die zweite Stellung dem rotierenden Dichtungsring nähert.

[0023] In dem Verfahren jeder der oben erwähnten Arten kann das Anbringen eines stationären Dichtungsringes in der Nähe des rotierenden Dichtungsringes ferner ein Anbringen des stationären Dichtungsringes in der Nähe des rotierenden Dichtungsringes auf solche Weise beinhalten, dass, wenn das stationäre Dichtungselement die erste Stellung einnimmt, die erste Lücke eine erste Breite definiert und die zweite Lücke eine zweite Breite definiert, die kürzer ist als die erste Breite, und dass, wenn das stationäre Dichtungselement die zweite Stellung einnimmt, die erste Lücke eine dritte Breite definiert und die zweite Lücke eine vierte Breite definiert, die länger ist als die dritte Breite.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0024] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Beispiels für eine Dampfturbine;

[0025] Fig. 2 ist eine detailliertere schematische Darstellung eines Abschnitts der Dampfturbine in einem Bereich, der in Fig. 1 definiert ist; 1;

[0026] Fig. 3 ist eine schematische Schnittansicht eines Beispiels für eine Ansaugflächendichtungsanordnung in einer offenen Stellung;

[0027] Fig. 4 ist eine schematische Schnittansicht der in Fig. 3 dargestellten Ansaugflächendichtungsanordnung in einer Zwischenstellung; und

[0028] Fig. 5 ist eine schematische Schnittansicht der in Fig. 3 dargestellten Ansaugflächendichtungsanordnung in einer Abdichtungsstellung.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0029] Die hierin beschriebenen beispielhaften Vorrichtungen und Systeme überwinden zumindest einige der Nachteile, die mit Rotationsmaschinen verbunden sind, bei deren Arbeit Fluid aus der Rotationsmaschine in die Außenumgebung austreten kann. Die hierin beschriebenen Ausführungsformen schaffen eine Ansaugflächendichtungsanordnung, die zwischen einer stationären (nicht rotierenden) Komponente und einer rotierenden Komponente der Rotationsmaschine angeordnet ist und eine Leistungsverbesserung der Rotationsmaschine ermöglicht. Genauer weist die hierin beschriebene Ansaugflächendichtungsanordnung eine Hilfsdichtung auf, die eine Fluidleckage zwischen einem Nieder-

druckbereich und einem Hochdruckbereich in der Rotationsmaschine wesentlich verringert. Die Hilfsdichtung weist einen Dichtungszahn an der stationären Komponente auf, der axial entlang einer schräg ausgerichteten Oberfläche an der rotierenden Komponente wandert, um einen Druckabfall zu bewirken, der verhindert, dass die stationäre Komponente während des Betriebs der Dampfturbine auf die rotierende Komponente prallt.

[0030] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Beispiels für eine Dampfturbine **10**. Obwohl Fig. 1 ein Beispiel für eine Dampfturbine beschreibt, sei klargestellt, dass die hierin beschriebenen Dichtungsanordnungen und -systeme nicht auf irgendeinen bestimmten Turbinentyp beschränkt sind. Ein Durchschnittsfachmann wird erkennen, dass die hierin beschriebenen aktuellen Dichtungsanordnungen und -systeme mit jeder rotierenden Maschine, einschließlich einer Gasturbine, in jeder geeigneten Konfiguration verwendet werden können, die den Betrieb einer solchen Vorrichtung und eines solchen Systems, wie hierin näher beschrieben, ermöglicht.

[0031] In dem Ausführungsbeispiel ist die Dampfturbine **10** eine einflutige Dampfturbine. Alternativ dazu kann die Dampfturbine **10** jede Art von Dampfturbine sein, wie bspw., ohne Beschränkung darauf, eine Niederdruckturbine, eine Gegenstrom-, Hochdruck- und Mitteldruck-Dampfturbinenkombination, eine zweiflutige Dampfturbine und/oder dergleichen. Darüber hinaus ist die vorliegende Erfindung, wie oben erörtert, nicht auf die Verwendung allein in Dampfturbinen beschränkt, und sie kann auch in anderen Turbinensystemen, beispielsweise in Gasturbinen, verwendet werden.

[0032] In dem Ausführungsbeispiel weist die Dampfturbine **10** mehrere Turbinenstufen **12** auf, die mit einer drehbaren Welle **14** verbunden sind. Ein Gehäuse **16** ist horizontal in einen oberen Halbabschnitt **18** und einen (nicht dargestellten) unteren Halbabschnitt unterteilt. Die Dampfturbine **10** weist eine Hochdruck (HP)-Dampfeinlassleitung **20** und eine Niederdruck (LP)-Dampfauslassleitung **22** auf. Eine Welle **14** erstreckt sich durch das Gehäuse **16** entlang einer Mittelachse **24**. Die Welle **14** ist an entgegengesetzten Endabschnitten **30** der Welle **14** durch (nicht dargestellte) Wellenlager gelagert. Mehrere Endpackungsregionen oder Dichtungselemente **32**, **34** und **36** sind zwischen den Drehwellenendabschnitten **30** und dem Gehäuse **16** eingesetzt, um eine Abdichtung des Gehäuses **16** um die Welle **14** herum zu unterstützen.

[0033] Im Betrieb wird unter hohem Druck stehender Dampf **40** hoher Temperatur von einer Dampfquelle, beispielsweise einem Kessel oder dergleichen (nicht dargestellt), zu den Turbinenstufen **12** geleitet, wobei Wärmeenergie durch die Turbinenstufen **12** in me-

chanische Drehenergie umgewandelt wird. Genauer wird der Dampf **40** durch das Gehäuse **16** hindurch über die Dampfeinlassleitung **20** in einen Einlasstopf **26** geleitet, wo er auf mehrere Turbinenblätter oder Laufschaufeln **38** trifft, die mit der Welle **14** verbunden sind, um eine Drehung der Welle **14** um eine Mittelachse **24** zu bewirken. Der Dampf **40** verlässt das Gehäuse **16** an der Dampfauslassleitung **22**. Der Dampf **40** kann dann zu dem Dampfkessel (nicht dargestellt) geleitet werden, wo er erneut erwärmt oder zu anderen Komponenten des Systems geleitet werden kann, wie z.B. zu einem Niederdruck-Turbinenabschnitt oder einem (nicht dargestellten) Kondensator.

[0034] Fig. 2 ist eine detailliertere schematische Darstellung eines Abschnitts der Dampfturbine **10**, aufgenommen über einem Bereich **2**, der in Fig. 1 definiert ist. In dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Dampfturbine **10** eine Welle **14**, eine mit einem Innenmantel **44** des Gehäuses **16** verbundene Statorkomponente **42** und mehrere an der Statorkomponente **42** angebrachte Dichtungselemente **34** auf. Das Gehäuse **16**, der Innenmantel **44** und die Statorkomponente **42** erstrecken sich jeweils in Umfangsrichtung um die Welle **14** und die Dichtungselemente **34** herum. In dem Ausführungsbeispiel bilden die Dichtungselemente **34** einen gewundenen Dichtungsweg zwischen der Statorkomponente **42** und der Welle **14**. Die Welle **14** weist mehrere Turbinenstufen **12** auf, durch die unter hohem Druck stehender Dampf **40** hoher Temperatur über einen oder mehrere Einlasstöpfe **26** auf einer Einlassseite **11** der Dampfturbine **10** geleitet wird. Die Turbinenstufen **12** weisen mehrere Einlassleitapparate **48** auf. Die Dampfturbine **10** kann jede beliebige Anzahl von Einlassleitapparaten **48** aufweisen, die einen Betrieb der Dampfturbine **10**, wie hierin beschrieben, ermöglicht. Zum Beispiel kann die Dampfturbine **10** mehr oder weniger Einlassleitapparate **48** aufweisen, als in Fig. 2 dargestellt. Die Turbinenstufen **12** weisen auch mehrere Turbinenblätter oder Laufschaufeln **38** auf. Die Dampfturbine **10** kann jede beliebige Anzahl von Laufschaufeln **38** aufweisen, die einen Betrieb der Dampfturbine **10**, wie hierin beschrieben, ermöglicht. Zum Beispiel kann die Dampfturbine **10** mehr oder weniger Laufschaufeln **38** aufweisen, als in Fig. 2 dargestellt. Dampf **40** tritt durch die Dampfeinlassleitung **20** in den Einlasstopf **26** ein und strömt abwärts entlang der Länge der Welle **14** durch die Turbinenstufe **12**.

[0035] Ein Teil des zugegebenen unter hohem Druck stehenden, heißen Dampfs **40** wird über eine Austrittsregion **50** durch die Endpackungs-Dichtungselemente **34** geleitet. Der Verlust von Dampf **40** durch die Austrittsregion **50** führt zu einem Verlust an Wirkungsgrad der Dampfturbine **10**. Um den Austritt von Dampf **40** durch die Endpackungsregion **32** zu verringern, weist die Dampfturbine **10** in dem Ausführungs-

beispiel, wie oben beschrieben, eine besondere Ansaugflächendichtungsanordnung auf, die allgemein mit **52** bezeichnet ist.

[0036] Fig. 3 ist eine schematische Schnittdarstellung einer Ansaugflächendichtungsanordnung **52**, die in einer (in Fig. 1 dargestellten) Dampfturbine **10** verwendet werden kann. Fig. 3 zeigt eine Flächendichtungsanordnung **52** in einer offenen Stellung unter einer druckfreien oder Niederdruck-Belastungsbedingung der Turbine **10**. Fig. 4 ist eine schematische Schnittansicht der Ansaugflächendichtungsanordnung **52**, die in einer Zwischenstellung dargestellt ist, wenn die Turbine **10** bei einer höheren Druckbelastung arbeitet, als in Fig. 3 dargestellt. Fig. 5 ist eine schematische Schnittansicht der Ansaugflächendichtungsanordnung **52** in einer Abdichtungsstellung, wenn die Turbine **10** wenigstens bei Grundlast unter einer höheren Druckbelastungsbedingung arbeitet, als in Fig. 4 dargestellt. In dem Ausführungsbeispiel ermöglicht die Flächendichtungsanordnung **52** die Verringerung oder Verhinderung des Austretens eines unter Druck gesetzten Prozessfluids, z.B. von Dampf **40**, zwischen einer Region relativ niedrigen Drucks **54** und einem Bereich relativ hohen Drucks **56**. In dem Ausführungsbeispiel ist die Flächendichtungsanordnung **52** eine Hochdruckdichtung, die zwischen der Welle **14** und dem Innenmantel **44** des Gehäuses **16** auf einer Einlassseite **11** der Turbinenstufen **12** angeordnet ist. Obwohl eine Dampfturbine **10** dargestellt ist, kann die Flächendichtungsanordnung **52**, wie oben beschrieben, in jeder beliebigen Anwendung verwendet werden, in der eine selbstnachstellende Dichtung erwünscht oder nötig ist. In dem Ausführungsbeispiel weist die Flächendichtungsanordnung **52** einen rotierenden Dichtungsring **58**, einen stationären Dichtungsring **60** und ein Dichtungsgehäuse **62** auf, die mit der Mittelachse **24** der Welle **14** konzentrisch sind und sich um diese herum erstrecken. Der rotierende Dichtungsring **58** und der stationäre Dichtungsring **60** bilden zusammen einen sich schlängelnden oder gewundenen Leckströmungsweg **64** für den Dampf **40** und außerdem eine primäre Dichtung **66**, um den Weg **64** abzudichten.

[0037] In dem Ausführungsbeispiel ist der rotierende Dichtungsring **58** mit der Welle **14** verbunden und mit dieser zusammen drehbar. Alternativ dazu kann der rotierende Dichtungsring **58** als integraler Teil der Welle **14** ausgebildet sein. In dem Ausführungsbeispiel ist der rotierende Dichtungsring **58** im Wesentlichen scheibenförmig und weist eine axial weisende, rotierende Dichtungsfläche **68** auf, die hydrodynamische Merkmale aufweist, wie Kanäle oder Nuten **70**, die darin definiert sind. Während des Betriebs der Turbine **10** lenken die Nuten **70** ein Prozessfluid, z.B. den Dampf **40**, zwischen den rotierenden Dichtungsring **58** und den stationären Dichtungsring **60**, wodurch eine Prozessfluidfilmschicht gebildet wird, die im Wesentlichen etwa 0,002 Zoll dick ist oder weni-

ger. Alternativ oder zusätzlich dazu können die Nuten **70** in einer stationären Dichtungsoberfläche **72** des stationären Dichtungsringes **60** ausgebildet sein. Die stationäre Dichtungsoberfläche **72** ist in der Nähe der rotierenden Dichtungsoberfläche **68** des rotierenden Dichtungsringes **58** angeordnet, so dass eine axial ausgerichtete Lücke **74** zwischen den Oberflächen **68** und **72** definiert ist.

[0038] In dem Ausführungsbeispiel ist das Dichtungsgehäuse **62** so eingerichtet, dass es den stationären Dichtungsring **60** mit dem Innenmantel **44** des Gehäuses **16** verbindet. In manchen Ausführungsformen kann das Dichtungsgehäuse **62** bei dem Innenmantel **44** des Gehäuses **16** integriert sein. Ferner kann der stationäre Dichtungsring **60** in manchen alternativen Ausführungsformen direkt mit dem Innenmantel **44** verbunden sein. Das Dichtungsgehäuse **62** ist eine nicht rotierende, axial verlaufende Komponente, die eine radiale Sekundärdichtung **76** aufweist, die ein axiales Gleiten des stationären Dichtungsringes **60** gestattet, so dass dieser dem rotierenden Dichtungsring **56** dynamisch in einer axialen Verschiebung folgen kann, während er für eine Abdichtung sorgt. Das Dichtungsgehäuse **62** weist außerdem einen oder mehrere Federsitze **78** auf, die so eingerichtet sind, dass sie eine Vorbelastungskomponente **80**, beispielsweise eine Feder, darin aufnehmen. Die Vorbelastungskomponente **80** erstreckt sich zwischen dem Federsitz **78** und dem stationären Dichtungsring **60** und ist so eingerichtet, dass sie den stationären Dichtungsring **60** unter druckfreien oder Niederdruck-Belastungsbedingungen von dem rotierenden Dichtungsring **58** weg vorspannt, um zu ermöglichen, dass sich die drehbare Welle **14** ohne Anfangskontakt zwischen den Oberflächen **68** und **72** drehen kann. Das Dichtungsgehäuse **62** kann ein radial einwärts verlaufendes Ausrichtungselement **82** aufweisen, das mit einem Ausrichtungsschlitz **84** verbunden ist, der an einem Außenrand des stationären Dichtungsringes **60** ausgebildet ist. Der stationäre Dichtungsring **60** ist so mit dem Dichtungsgehäuse **62** verbunden, dass der stationäre Dichtungsring **60** entlang der Mittelachse **24** axial bewegbar ist und nicht seitlich oder drehend bewegbar ist. Die Nut-Feder-Verbindung dient als Drehsicherungsmerkmal, um zu verhindern, dass sich der sekundäre Dichtungsring **60** mit dem rotierenden Dichtungsring **58** dreht.

[0039] In dem Ausführungsbeispiel weist die Ansaugflächendichtungsanordnung **52** eine Hilfsdichtung **86** auf, die in der Nähe eines radial äußeren Endes **88** des rotierenden Dichtungsringes **58** angeordnet ist. Die Hilfsdichtung **86** ist so eingerichtet, dass sie einen Luftstrom durch den Leckageweg **64** verhindert und einen ausreichenden Druck erzeugt, wenn die Turbine **10** arbeitet, um den stationären Dichtungsring **60** entlang der Achse **24** (in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt) in Richtung auf den rotieren-

den Dichtungsring **58** und genauer auf die rotierende Dichtungsoberfläche **68** zu drängen. Das radial äußere Ende **88** weist eine radial äußere Oberfläche **90** auf, die sich axial zwischen der rotierenden Dichtungsoberfläche **68** und einer gegenüberliegenden stromaufwärtigen Oberfläche **92** des rotierenden Dichtungsringes **58** erstreckt. Die radial äußere Oberfläche **90** weist einen schrägen Abschnitt **94** auf, der in Bezug auf die rotierende Dichtungsoberfläche **68** schräg ausgerichtet ist, das heißt, zumindest ein Teil der radial äußeren Oberfläche **90** ist nicht parallel zu der Mittelachse **24**. In dem Ausführungsbeispiel ist der schräge Abschnitt **94** im Wesentlichen plan, so dass er von dem radial äußeren Ende **88** zu dem Rotor hin radial einwärts geneigt verläuft, so dass eine Länge der stromaufwärtigen Oberfläche **92** kürzer ist als eine Länge der rotierenden Dichtungsoberfläche **68**. Alternativ dazu kann der schräge Abschnitt **94** im Wesentlichen bogenförmig statt plan sein. In dem Ausführungsbeispiel erstreckt sich der schräge Abschnitt **94** nur über einen Teil der Strecke zwischen der rotierenden Dichtungsoberfläche **68** und der stromaufwärtigen Oberfläche **92**. Alternativ dazu kann sich der schräge Abschnitt **94** über die gesamte Strecke zwischen den Oberflächen **68** und **92** erstrecken. Im Allgemeinen erstreckt sich der schräge Abschnitt **94** über eine beliebige Strecke zwischen den Oberflächen **68** und **92**, die den Betrieb der Hilfsdichtung **86**, wie hierin beschrieben, ermöglicht.

[0040] In dem Ausführungsbeispiel ist die Hilfsdichtung **86** auch durch ein Erweiterungselement **96** gebildet, das sich von dem stationären Dichtungsring **60** axial über den Leckageweg **64** erstreckt. Ein distales Ende des Erweiterungselements **96** weist mindestens einen Hilfsdichtungszahn **98** auf, so dass der Dichtungszahn **98** radial außerhalb des radial äußeren Endes **88** des rotierenden Dichtungsringes **58** angeordnet ist. Der Dichtungszahn **98** erstreckt sich radial einwärts zu dem radial äußeren Ende **88** hin und endet in einer Zahnspitze **100**. In dem Ausführungsbeispiel befindet sich die Zahnspitze **100** radial außerhalb des schrägen Abschnitts **94**, so dass eine radial ausgerichtete Lücke **102** zwischen der Zahnspitze **100** und dem schrägen Abschnitt **94** der radial äußeren Oberfläche **90** definiert ist.

[0041] Die Ansaugflächendichtung **52** ist so eingerichtet, dass sie während des Betriebs der Turbine **10** infolge von Kräften, die auf den stationären Dichtungsring **60** wirken, entlang der Achse **24** zwischen einer offenen Stellung und einer Abdichtungsstellung bewegbar ist. Diese Kräfte sind das Ergebnis von Drücken in den Nieder- und Hochdruckbereichen **54** und **56**, die auf die verschiedenen Oberflächen des stationären Dichtungsringes **60** einwirken. Unter Niederdruck- oder drucklosen Bedingungen nimmt die Ansaugflächendichtungsanordnung **52** die offene Stellung ein (in **Fig. 3** dargestellt), so dass der stationäre Dichtungsring **60** und die stationäre Dich-

tungsoberfläche **72** durch die Vorbelastungskomponente **80** von dem rotierenden Dichtungsring **58** und der rotierenden Dichtungsoberfläche **68** weg vorbelastet werden. In der offenen Stellung arbeitet die Turbine **10** unter Niederdruck- oder druckloser Belastung, und/oder die Drücke in dem Hochdruckbereich **56** und dem Niederdruckbereich **54** sind im Wesentlichen gleich. Die Vorbelastungskomponente **80** drängt den stationären Dichtungsring **60** von dem rotierenden Dichtungsring **58** weg, so dass die axiale Lücke **74** eine Breite W_1 definiert. Ebenso ist der Dichtungszahn **98** der Hilfsdichtung **86** in der offenen Stellung radial außerhalb des schrägen Abschnitts **94** und im Wesentlichen in der Mitte zwischen der rotierenden Dichtungsoberfläche **68** und der stromaufwärtigen Oberfläche **92** angeordnet, so dass die Lücke **102** eine Breite W_2 definiert, die kleiner ist als W_1 .

[0042] In dem Ausführungsbeispiel nimmt die Ansaugflächendichtungsanordnung **52** eine Zwischenstellung ein (in **Fig. 4** dargestellt), nachdem die Turbine **10** gestartet wurde und bevor sie die Grundbetriebslast erreicht. Wenn die Turbine **10** gestartet wird, behindert der Dichtungszahn **98** den Strom von unter hohem Druck stehender Leckageluft aus dem Hochdruckbereich **56** durch den Leckageweg **64** und in den Niederdruckbereich **54**, wodurch ein Druckunterschied zwischen den Bereichen **54** und **56** bewirkt wird. Der Druckunterschied zwischen dem Nieder- und dem Hochdruckbereich **54** und **56** wirkt als Schließdruckkraft auf den stationären Dichtungsring **60** und überwindet die Vorbelastungskraft, die von der Vorbelastungskomponente **80** bewirkt wird, um den stationären Dichtungsring **60** in Richtung auf den rotierenden Dichtungsring zu drängen. In einer solchen Zwischenstellung spannt der Druckunterschied den stationären Dichtungsring **60** in Richtung auf den rotierenden Dichtungsring **58** vor, so dass die axiale Lücke **74** eine Breite W_3 definiert, die kleiner ist als die Breite W_1 . Wenn sich der stationäre Dichtungsring **60** in Richtung auf den rotierenden Dichtungsring **58** bewegt, bewegt sich ferner der Dichtungszahn **100** axial entlang des schrägen Abschnitts **94** zu der stromaufwärtigen Oberfläche **92** hin, so dass die Lücke **102** eine Breite W_4 definiert, die größer ist als die Breite W_2 . In der Zwischenstellung ist die Lücke **74** schmaler, und die Lücke **102** ist breiter als in der offenen Stellung. Die schräg geneigte Form der radial äußeren Oberfläche **90** macht es möglich, dass die Lücke **102** breiter wird, wenn sich der stationäre Dichtungsring **60** axial in Richtung auf den rotierenden Dichtungsring **58** bewegt. Die Verbreiterung der Lücke **102** und die Verengung der Lücke **74** bewirken, dass sich der Druckunterschied zwischen dem Niederdruckbereich **54** und dem Hochdruckbereich **56** verringert, so dass die Geschwindigkeit, mit der sich der stationäre Dichtungsring **60** dem rotierenden Dichtungsring **58** nähert, verringert wird.

[0043] Während eines Betriebs bei höherer Leistung, beispielsweise wenn die Turbine **10** unter Grundlast arbeitet, nimmt die Ansaugflächendichtungsanordnung **52** die Abdichtungsstellung ein (in **Fig. 5** dargestellt), um den Luftstrom aus dem Hochdruckbereich **56** in den Niederdruckbereich **54** weiter zu beschränken, wodurch der Leckströmungsweg **64** im Wesentlichen dicht verschlossen und der Wirkungsgrad der Turbine **10** vergrößert wird. Der Druck in dem Hochdruckbereich **56** steigt, wenn die Druckbelastung der Turbine **10** ebenfalls steigt, wodurch der stationäre Dichtungsring **60** veranlasst wird, weiter entlang der Achse **24** zu dem rotierenden Dichtungsring **58** vorzurücken, was bewirkt, dass die axiale Lücke **74** weiter verengt wird, um eine Breite W_5 zu definieren, die kleiner ist als die Breite W_3 . Wie oben beschrieben, weist mindestens eine von den Oberflächen **68** und/oder **72** die Nuten **70** auf, die einen Teil der Luft in dem Leckageweg **64** einfangen und eine hydrodynamische Kraft erzeugen, die den Vorbelastungskräften, die von dem relativ hohen Druck erzeugt werden, der auf den stationären Dichtungsring **60** wirkt, zumindest zum Teil entgegenwirkt. Jedoch kann es sein, dass diese hydrodynamischen Kräfte nicht ausreichen, um die Kräfte, die durch die unter hohem Druck stehende Luft bewirkt werden, vollständig auszugleichen, und einen Kontakt zwischen dem stationären Dichtungsring **60** und dem rotierenden Dichtungsring **58** zur Folge haben können.

[0044] In dem Ausführungsbeispiel ist die Hilfsdichtung **86** so eingerichtet, dass sie den Druckabfall zwischen dem Niederdruckbereich **54** und dem Hochdruckbereich **56** allmählich verringert, so dass die Druckkräfte, die auf den stationären Dichtungsring **60** wirken, allmählich verringert werden, wodurch die Geschwindigkeit, mit der sich der stationäre Dichtungsring **60** dem rotierenden Dichtungsring **58** nähert, verringert wird und somit ein funktioneller Abstand der Lücke **74** aufrechterhalten wird. Wenn die Turbine **10** die Grundlast erreicht hat und sich die Ansaugflächendichtungsanordnung **52** der Abdichtungsstellung nähert, setzt der Dichtungszahn **98** seine axiale Bewegung entlang des schrägen Abschnitts **94** der radial äußeren Oberfläche **90** in Richtung auf die stromaufwärtige Oberfläche **92** fort, so dass die Lücke **102** eine Breite W_6 definiert, die größer ist als die Breite W_4 . In der Abdichtungsstellung ist die Lücke **74** breiter, und die Lücke **102** ist schmaler als in der Zwischenstellung. Ferner ist in der Abdichtungsstellung die Breite W_5 der Lücke **74** schmaler als die Breite W_6 der Lücke **102**. Die Verbreiterung der Lücke **102**, während der schräge Abschnitt von der Zahnschulter **100** weg abfällt, und die Verengung der Lücke **74**, während sich der stationäre Dichtungsring **60** dem rotierenden Dichtungsring **58** nähert, bewirkt eine weitere Verringerung des Druckunterschieds zwischen dem Niederdruckbereich **54** und dem Hochdruckbereich **56**, so dass die Geschwindigkeit, mit der sich der stationäre Dichtungsring **60** dem

rotierenden Dichtungsring **58** nähert, verringert wird und die hydrodynamischen Kräfte, die von den Nuten **70** erzeugt werden, ausreichen, um einen funktionalen Abstand mit einer Breite W_5 aufrechtzuerhalten und einen Zusammenprall des stationären Dichtungsringes **60** und des rotierenden Dichtungsringes **58** zu verhindern.

[0045] Wie hierin beschrieben, weist die Ansaugflächendichtungsanordnung **52** eine Hilfsdichtung **86** auf, die verhindert, dass die gegenüberliegenden Oberflächen **68** und **72** in nennenswertem Umfang erhitzt und zerkratzt werden, was passiert, wenn der stationäre Dichtungsring **60** den rotierenden Dichtungsring **58** berührt, wodurch der Wärmeeintrag in die rotierenden Komponenten verringert und eine glatte Oberflächenbeschaffenheit der Dichtungsflächen **68** und **72** aufrechterhalten wird. Dadurch wird die Möglichkeit einer Materialverschlechterung und eines vorzeitigen Versagens von Komponenten verringert. Ferner kann eine Beschichtung auf den schrägen Abschnitt **94** und/oder die Zahnschnecke **100** aufgebracht werden, um die Wärmeübertragung auf den rotierenden Dichtungsring **58** weiter zu minimieren.

[0046] Die Anordnung und Verfahren, wie sie hierin beschrieben sind, ermöglichen eine Verbesserung der Leistung von Rotationsmaschinen durch Verringerung eines Druckabfalls zwischen Hoch- und Niederdruckbereichen, wodurch die axiale Bewegung der stationären Komponente wesentlich verlangsamt wird, um einen Zusammenprall mit der rotierenden Komponente zu verhindern. Genauer weist die hierin beschriebene Ansaugflächendichtung eine Hilfsdichtung auf, die einen stationären (nicht rotierenden) Dichtungszahn aufweist, der radial außerhalb einer schräg ausgerichteten Oberfläche der rotierenden Komponente angeordnet ist, so dass eine radiale Lücke zwischen ihnen definiert ist. Während sich der Dichtungszahn axial entlang der schrägen Oberfläche bewegt, wird die Lücke breiter, und eine Verringerung des Druckunterschieds zwischen einem Hochdruckbereich und einem Niederdruckbereich ist ermöglicht. Im Gegensatz zu bekannten Ansaugdichtungen ohne solch eine Hilfsdichtung unterstützen die hierin beschriebenen Verfahren und Anordnungen eine Verlangsamung der Bewegung der stationären Komponente, um einen Zusammenprall mit der rotierenden Komponente zu verhindern, wodurch der Wirkungsgrad und die Standzeit der Dampfturbine und ihrer Komponenten erhöht werden.

[0047] Die hierin beschriebenen Verfahren und Systeme sind nicht auf die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen beschränkt. Zum Beispiel können Komponenten jedes Systems und/ oder Schritte jedes Verfahrens unabhängig und getrennt von anderen Komponenten und/oder Schritten, die hierin beschrieben sind, verwendet und/oder durch-

geführt werden. Außerdem kann jede Komponente und/oder jeder Schritt auch mit anderen Anordnungen und Verfahren verwendet und/oder durchgeführt werden.

[0048] Obwohl die Erfindung anhand verschiedener spezifischer Ausführungsformen beschrieben wurde, wird der Fachmann erkennen, dass die Erfindung mit einer Modifikation im Gedanken und Umfang der Ansprüche in die Praxis umgesetzt werden kann.

[0049] Eine Ansaugflächendichtung zur Verwendung mit einer Rotationsmaschine weist einen rotierenden Dichtungsring auf, der eine radial äußere Oberfläche aufweist, die einen schrägen Abschnitt aufweist. Ein stationärer Dichtungsring ist in der Nähe des rotierenden Dichtungsringes angebracht, so dass eine erste Lücke zwischen ihnen definiert ist. Der stationäre Dichtungsring ist entlang einer Mittelachse der Rotationsmaschine zwischen einer offenen Stellung und einer Abdichtungsstellung bewegbar und weist ein Erweiterungselement auf, das sich über der ersten Lücke erstreckt. Eine Hilfsdichtung weist mindestens einen Dichtungszahn auf, der eine Dichtungszahnschnecke aufweist. Der mindestens eine Dichtungszahn erstreckt sich radial einwärts von dem Erweiterungselement, so dass eine zweite Lücke zwischen der Dichtungszahnschnecke und dem schrägen Abschnitt definiert ist.

Bezugszeichenliste

10	Dampfturbine
11	Einlassseite
12	Turbinenstufen
14	Welle
16	Gehäuse
18	oberer Halbabschnitt
20	Dampfeinlassleitung
22	Dampfauslassleitung
24	Mittelachse
26	Einlasstopf
30	Wellenendabschnitte
32	Dichtungselement
34	Dichtungselement
36	Dichtungselemente
38	Laufschaufeln
40	Dampf
42	Statorkomponente
44	Innenmantel
48	Einlassleitapparate
50	Austrittsregion
52	Ansaugflächendichtungsanordnung
54	Niederdruckbereich
56	Hochdruckbereich
58	rotierender Dichtungsring
60	stationärer Dichtungsring
62	Dichtungsgehäuse
64	Leckageweg
66	primäre Dichtung

68	rotierende Dichtungsoberfläche
70	Nuten
72	stationäre Dichtungsoberfläche
74	axiale Lücke
76	radiale Sekundärdichtung
78	Federsitz
80	Vorbelastungskomponente
82	Ausrichtungselement
84	Ausrichtungsschlitz
86	Hilfsdichtung
88	radial äußeres Ende
90	radial äußere Oberfläche
92	stromaufwärtige Oberfläche
94	schräger Abschnitt
96	Erweiterungselement
98	Dichtungszahn
100	Zahnspitze
102	radiale Lücke

Patentansprüche

1. Ansaugflächendichtung zur Verwendung mit einer Rotationsmaschine, die eine Mittelachse aufweist, wobei die Ansaugflächendichtung aufweist: einen rotierenden Dichtungsring, der eine radial äußere Oberfläche aufweist, die einen schrägen Abschnitt aufweist; einen stationären Dichtungsring, der in der Nähe des rotierenden Dichtungsring angebracht ist, so dass eine erste Lücke zwischen ihnen definiert ist, wobei der stationäre Dichtungsring entlang der Mittelachse zwischen einer offenen Stellung und einer Abdichtungsstellung bewegbar ist, wobei der stationäre Dichtungsring ein Erweiterungselement aufweist, das sich über der ersten Lücke erstreckt; und eine Hilfsdichtung, die mindestens einen Dichtungszahn aufweist, der eine Dichtungszahnspitze aufweist, wobei sich der mindestens eine Dichtungszahn von dem Erweiterungselement derart radial einwärts erstreckt, dass eine zweite Lücke zwischen der Dichtungszahnspitze und dem schrägen Abschnitt definiert ist.

2. Ansaugflächendichtung nach Anspruch 1, wobei die Hilfsdichtung eingerichtet ist, um eine Strömung eines Prozessfluids durch die erste Lücke zu beschränken, so dass ein Druckunterschied zwischen einem Hochdruckbereich stromaufwärts von der ersten Lücke und einem Niederdruckbereich stromabwärts von der ersten Lücke eine axiale Bewegung des stationären Dichtungsring aus der ersten Stellung in die zweite Stellung bewirkt.

3. Ansaugflächendichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Hilfsdichtung eingerichtet ist, um den Druckunterschied zu verringern, um eine Reduktion einer Geschwindigkeit zu ermöglichen, mit der sich der stationäre Dichtungsring während eines Übergangs aus der ersten Stellung in die zweite Stellung dem rotierenden Dichtungsring nähert.

4. Ansaugflächendichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der schräge Abschnitt im Wesentlichen bogenförmig ist; und/oder wobei der schräge Abschnitt im Wesentlichen plan ist; und/oder wobei der schräge Abschnitt in Richtung auf die Mittelachse radial einwärts geneigt verläuft.

5. Ansaugflächendichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Lücke eine erste Breite definiert und die zweite Lücke eine zweite Breite definiert, die kürzer ist als die erste Breite, wenn das stationäre Dichtungselement die erste Stellung einnimmt, und wobei die erste Lücke eine dritte Breite definiert und die zweite Lücke eine vierte Breite definiert, die länger ist als die dritte Breite, wenn das stationäre Dichtungselement die zweite Stellung einnimmt; wobei die erste Breite vorzugsweise länger ist als die dritte Breite, und wobei die zweite Breite vorzugsweise kürzer ist als die vierte Breite.

6. Ansaugflächendichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die ferner ein Dichtungsgehäuse und eine Vorbelastungskomponente aufweist, die sich zwischen dem Dichtungsgehäuse und dem stationären Dichtungsring erstreckt, wobei die Vorbelastungskomponente eingerichtet ist, um den stationären Dichtungsring in der ersten Stellung von dem rotierenden Dichtungsring weg zu belasten.

7. Rotationsmaschine, die aufweist: ein Gehäuse; eine drehbare Welle, die eine Mittelachse definiert; und ein Dichtungssystem, das aufweist: einen rotierenden Dichtungsring, der mit der Welle verbunden ist, wobei der rotierende Dichtungsring eine radial äußere Oberfläche aufweist, die einen schrägen Abschnitt aufweist; einen stationären Dichtungsring, der in der Nähe des rotierenden Dichtungsring mit dem Gehäuse verbunden ist, so dass eine erste Lücke zwischen ihnen definiert ist, wobei der stationäre Dichtungsring entlang der Mittelachse zwischen einer offenen Stellung und einer Abdichtungsstellung bewegbar ist, wobei der stationäre Dichtungsring ein Erweiterungselement aufweist, das sich über der ersten Lücke erstreckt; und eine Hilfsdichtung, die mindestens einen Dichtungszahn umfasst, der eine Dichtungszahnspitze aufweist, wobei sich der mindestens eine Dichtungszahn von dem Erweiterungselement radial einwärts erstreckt, so dass eine zweite Lücke zwischen der Dichtungszahnspitze und dem schrägen Abschnitt definiert ist.

8. Rotationsmaschine nach Anspruch 7, wobei sich der mindestens eine Dichtungszahn während des Übergangs aus der ersten Stellung in die zweite Stellung entlang des schrägen Abschnitts axial bewegt.

9. Rotationsmaschine nach Anspruch 9, wobei sich die Rotationsmaschine in der ersten Stellung entweder in einem druckfreien oder in einem Niederdruck-Betriebszustand befindet und sich die Rotationsmaschine in der zweiten Stellung in einem Betriebszustand mit relativ höherem Druck befindet.

10. Verfahren zur Montage eines Dichtungssystems zur Verwendung in einer Rotationsmaschine, wobei das Verfahren aufweist:

Verbinden eines rotierenden Dichtungsringes mit einer drehbaren Welle, die eine Mittelachse definiert;

Anbringen eines stationären Dichtungsringes in der Nähe des rotierenden Dichtungsringes, so dass eine erste Lücke zwischen ihnen definiert ist, wobei der stationäre Dichtungsring entlang der Mittelachse zwischen einer offenen Stellung und einer Abdichtungstellung bewegbar ist und wobei der stationäre Dichtungsring ein Erweiterungselement aufweist, das sich über der ersten Lücke erstreckt; und

Ausbilden einer Hilfsdichtung radial außerhalb des rotierenden Dichtungsringes, wobei die Hilfsdichtung mindestens einen Dichtungszahn aufweist, der eine Dichtungszahnspitze aufweist, und wobei sich der mindestens eine Dichtungszahn von dem Erweiterungselement radial einwärts erstreckt, so dass eine zweite Lücke zwischen der Dichtungszahnspitze und dem schrägen Abschnitt definiert ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

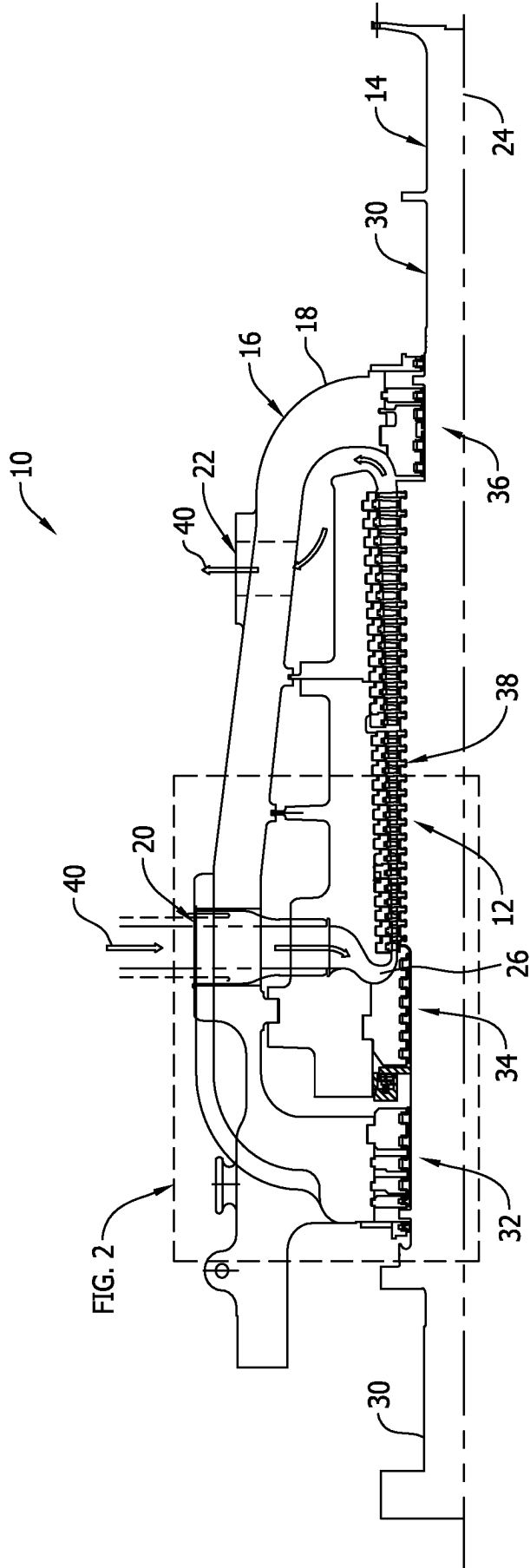


FIG. 1

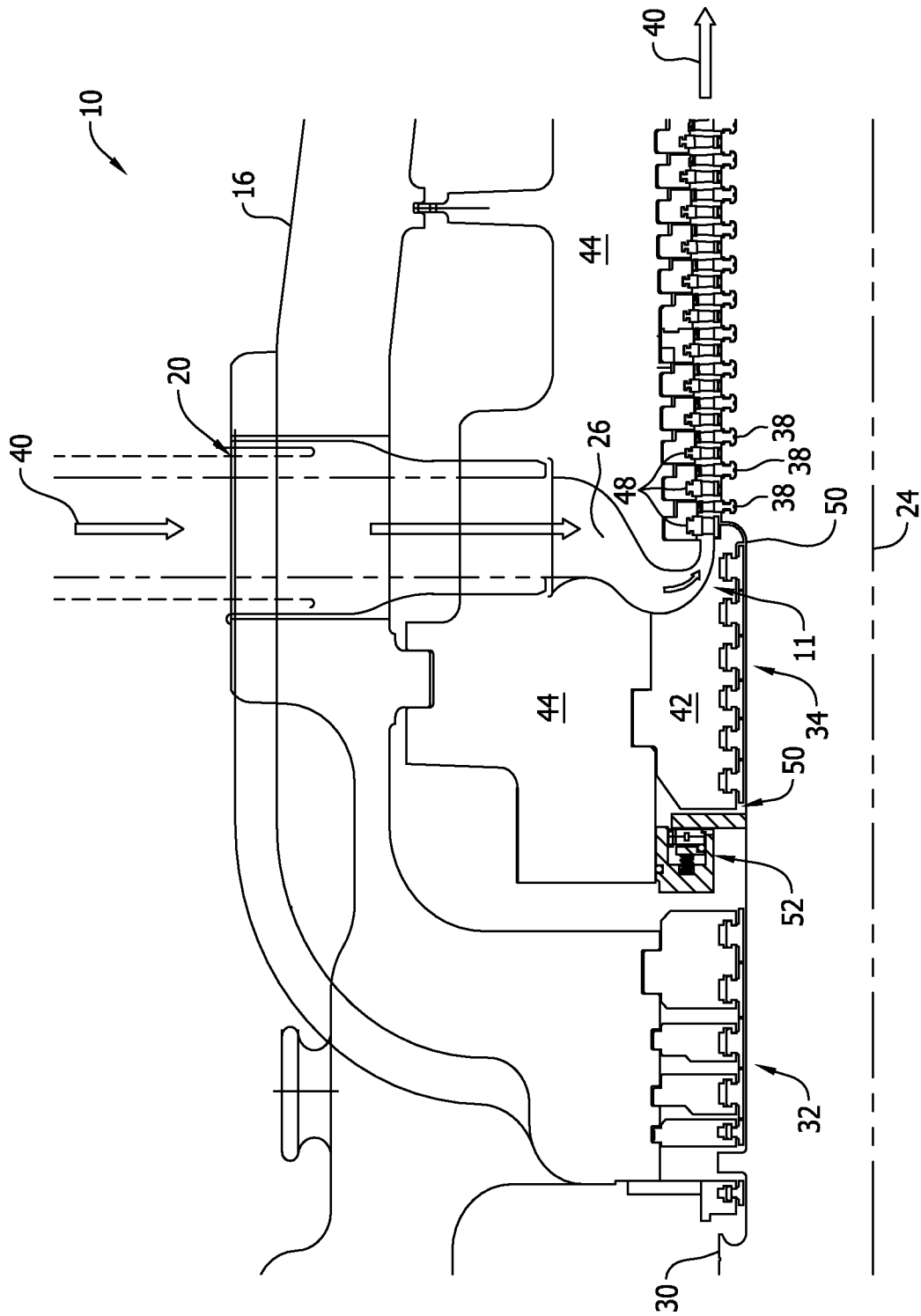


FIG. 2

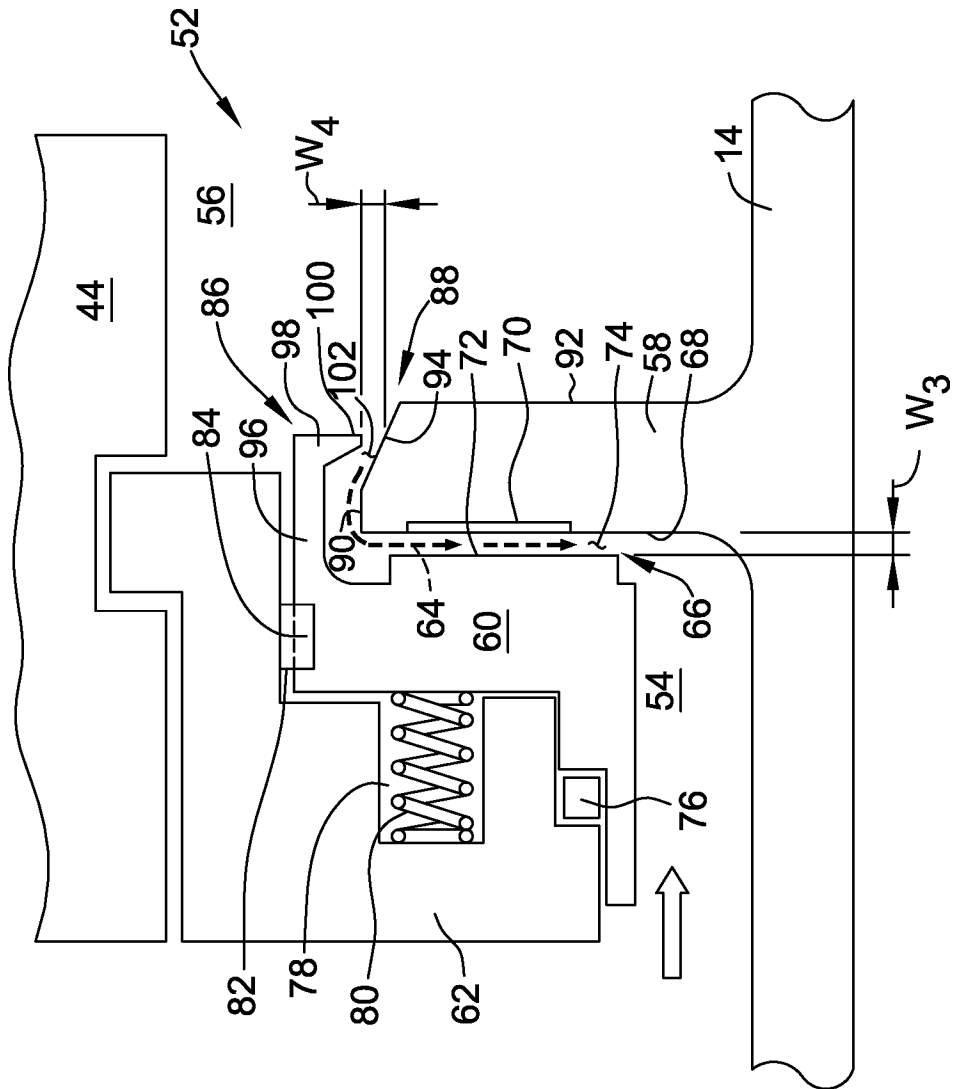


FIG. 4

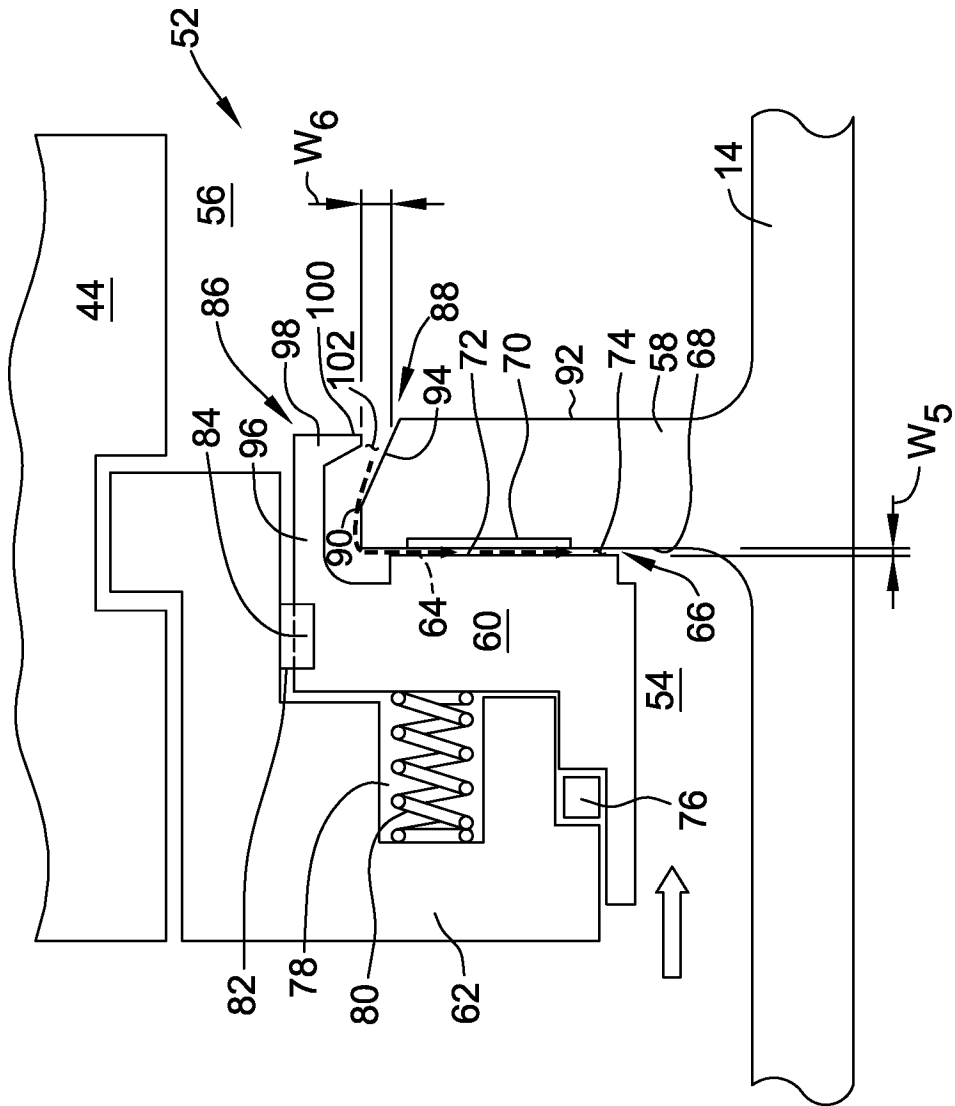


FIG. 5