



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der

- (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/098932**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 005 689.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2016/084819**
(86) PCT-Anmeldetag: **24.11.2016**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.06.2017**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.08.2018**

(51) Int Cl.: **F01D 11/08 (2006.01)**
F02C 7/28 (2006.01)
F16J 15/22 (2006.01)
F16J 15/447 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2015-241452 10.12.2015 JP

(72) Erfinder:
**Kuwamura, Yoshihiro, Tokyo, JP; Konishi, Eiji,
Tokyo, JP; Nishikawa, Toyoharu, Tokyo, JP;
Nishimoto, Shin, Yokohama-shi, Kanagawa, JP;
Uehara, Hidekazu, Tokyo, JP**

(71) Anmelder:
**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.,
Yokohama-shi, Kanagawa, JP**

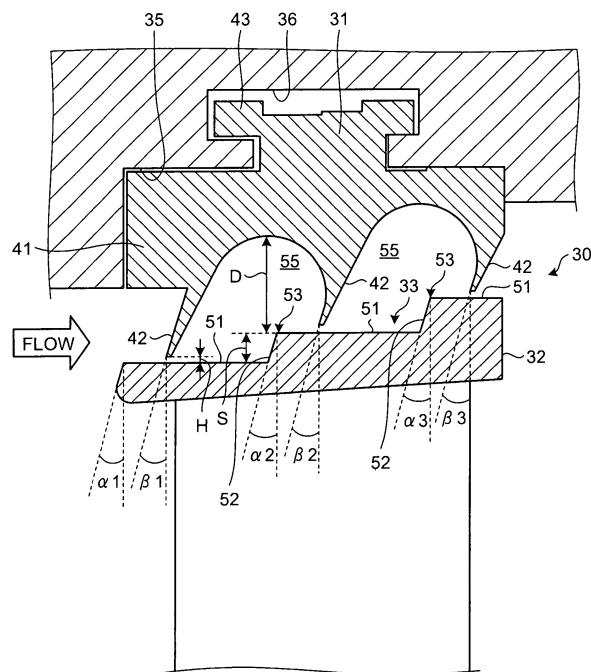
(74) Vertreter:
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Dichtungsstruktur und Turbine**

(57) Zusammenfassung: Eine Dichtungsstruktur 30 einer Dampfturbine 1 zum Abdichten von Leckagefluid, das durch einen Zwischenraum zwischen einem Rotor 12 und einem Gehäuse 10 strömt weist auf: Dichtungsrippen 42, die von einem am Gehäuse 10 befestigten Ringhauptkörper 41 zu dem Rotor 12 vorstehen und in der axialen Richtung des Rotors 12 angeordnet sind, und einen Stufenbereich 33, der an dem Rotor 12 vorgesehen ist und Stufenflächen 51 aufweist, die den Dichtungsrippen 42 zugewandt sind, und eine Steigfläche 52 zwischen den benachbarten Stufenflächen 51. Die Stufenflächen 51 und die Steigfläche 52 definieren einen Stufenabschnitt 53 des Stufenbereichs. Die Dichtungsrippen 42 sind in Strömungsrichtung des Leckagedampfes relativ zur radialen Richtung des Rotors 12 von dem Ringhauptkörper 41 zum Endabschnitt geneigt. Jede Dichtungsrippe 42 und der Ringhauptkörper 41 definieren einen Eckbereich mit einer gekrümmten Oberfläche.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtungsstruktur zum Abdichten von Leckagefluid, das durch einen Zwischenraum zwischen einem Rotationselement und einem stationären Element strömt, und eine Turbine.

Hintergrund

[0002] Turbinen mit einer Dichtungsstruktur sind bekannt (siehe zum Beispiel Patentliteratur 1). Solche Turbinen weisen eine Vielzahl von gestuften Teilen auf, die an einem Deckband vorgesehen sind, das an einem Endabschnitt von jeder der Turbinenschaufeln und Dichtungsrippen angeordnet ist, die an einem Gehäuse um die Turbinenschaufeln vorgesehen sind und sich in Richtung der Umfangsflächen der gestuften Teile erstrecken. Diese Turbinen weisen eine Vielzahl von Kavitäten auf, die durch die Dichtungsrippen, das Gehäuse und das Deckband definiert sind, und die Ecken der Kavitäten sind abgerundet. Steigflächen der gestuften Teile weisen eine geneigte Oberfläche auf, die von einer stromaufwärtigen Seite zu einer stromabwärtigen Seite geneigt ist. Jede Kavität, die in der in der Patentliteratur 1 offenbarten Turbine enthalten ist, weist abgerundete Ecken auf. Die abgerundeten Ecken können den Energieverlust in dem Hauptwirbel, der in der Kavität erzeugt wird, verringern und die Stärke des Hauptwirbels verstärken. Der verstärkte Hauptwirbel macht einen separaten Wirbel, der in der Kavität erzeugt wird, klein, wodurch die Menge an Leckagefluid klein gehalten wird.

Zitationsliste

Patentliteratur

[0003] Patentliteratur 1: Japanische Patentanmeldung Offenlegungsschrift Nr. 2013-199860

Darstellung der Erfindung

Technisches Problem

[0004] Die Dichtungsrippen der Turbine, die in der Patentliteratur 1 offenbart sind, erstrecken sich zu den gestuften Teilen in der radialen Richtung der Rotationsachse. Die Dichtungsrippen leiten das Leckagefluid in der radialen Richtung und das Leckagefluid tritt durch den Zwischenraum zwischen den Dichtungsrippen und den gestuften Teilen aus. Der Leckagefluidstrom, der durch die Dichtungsrippen geführt wird, kontrahiert aufgrund der Wirkung der Strömungskontraktion. Der Leckagefluidstrom, der durch die Dichtungsrippen geführt wird, die sich in radialer Richtung erstrecken, strömt leicht über die Dich-

tungsrippen und aus dem Zwischenraum heraus. In dieser Hinsicht gibt es Raum, um den Effekt der Strömungskontraktion zu verstärken.

[0005] Im Hinblick auf das Vorstehende ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Dichtungsstruktur und eine Turbine vorzusehen, die die Menge an austretendem Leckagefluid verringern kann.

Lösung für das Problem

[0006] Eine Dichtungsstruktur der vorliegenden Erfindung dient zum Abdichten von Leckagefluid, das durch einen Zwischenraum zwischen einem Rotationselement, das sich um eine Rotationsachse dreht und einem stationären Element, das dem Rotationselement von einer stromaufwärtigen Seite, die einer Seite der Rotationsachse entspricht, zu einer stromabwärtigen Seite, die der anderen Seite der Rotationsachse entspricht, zugewandt ist, strömt. Die Dichtungsstruktur weist auf: eine Vielzahl von Dichtungsrippen, die von einer Basis, die eines von dem Rotationselement und dem stationären Element ist, zu dem anderen von dem Rotationselement und dem stationären Element vorstehen, wobei die Dichtungsrippen in einem bestimmten Abstand in einer axialen Richtung der Rotationsachse voneinander beabstandet sind; und einen Stufenbereich, der an dem anderen des Rotationselements und des stationären Elements vorgesehen ist, wobei der Stufenbereich eine Vielzahl von Stufenflächen, die den Dichtungsrippen zugewandt sind und eine Steigfläche zwischen den benachbarten Stufenflächen aufweist, wobei die Stufenflächen und die Steigfläche einen Stufenabschnitt definieren. Die Vielzahl von Dichtungsrippen sind stromaufwärts in einer Strömungsrichtung des Leckagefluids relativ zu einer radialen Richtung senkrecht zu der Rotationsachse von der Basis zu einem Endabschnitt geneigt. Jede Dichtungsrippe und die Basis definieren einen Eckabschnitt mit einer gekrümmten Oberfläche.

[0007] Mit dieser Konfiguration können die geneigten Dichtungsrippen das Leckagefluid, das entlang der Dichtungsrippen strömt, in eine Richtung lenken, die der Strömungsrichtung des Leckagefluids entgegengesetzt ist. Das Leckagefluid strömt dann wieder in Strömungsrichtung und tritt von einem Zwischenraum zwischen den Dichtungsrippen und den Stufenflächen aus. Diese Konfiguration kann den Leckagefluidstrom temporär in die der Strömungsrichtung entgegengesetzten Richtung lenken, wodurch der Effekt der Strömungskontraktion verstärkt wird, die auftritt, wenn das Leckagefluid durch den Zwischenraum zwischen den Dichtungsrippen und den Stufenflächen strömt. Diese Konfiguration kann die austretende Menge an Leckagefluid verringern.

[0008] Ferner sind die Dichtungsrippen bevorzugt unter einem Neigungswinkel von β relativ zu der ra-

dialen Richtung senkrecht zu der Rotationsachse geneigt, wobei der Neigungswinkel β in einem Bereich von $10^\circ \leq \beta \leq 25$ festgelegt ist.

[0009] Mit dieser Konfiguration sind die Dichtungsrippen unter dem Neigungswinkel geneigt, der in dem oben beschriebenen Bereich festgelegt ist, wodurch der Effekt der Strömungskontraktion des Leckagefluidstroms, der durch die Dichtungsrippen geführt wird, verstärkt wird.

[0010] Ferner sind die Vielzahl von Dichtungsrippen unter dem gleichen Neigungswinkel β geneigt.

[0011] Mit dieser Konfiguration sind alle Dichtungsrippen unter dem gleichen Neigungswinkel geneigt, um die Herstellung der Dichtungsrippen zu erleichtern, wodurch eine Erhöhung der Herstellungskosten verhindert wird.

[0012] Ferner weisen die Vielzahl von Dichtungsrippen eine gleiche Länge von der Basis zu dem Endabschnitt in einer Vorsprungsrichtung auf.

[0013] Mit dieser Konfiguration haben alle Dichtungsrippen die gleiche Länge, um die Herstellung der Dichtungsrippen zu erleichtern, wodurch eine Erhöhung der Herstellungskosten verhindert wird.

[0014] Ferner ist die Steigfläche des Stufenbereichs vorzugsweise stromabwärts in der Strömungsrichtung des Leckagefluids relativ zur radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse von der Stufenfläche auf einer stromaufwärtigen Seite zu der Stufenfläche auf einer stromabwärtigen Seite geneigt.

[0015] Mit dieser Konfiguration wird ein Teil des Leckagefluids, das entlang der Steigfläche strömt, zu einer Dichtungsrippe geleitet, nachdem das Leckagefluid die Steigfläche verlassen hat. Der Teil des Leckagefluids legt sich wieder an der Dichtungsrippe an und strömt entlang der Dichtungsrippe. Die geneigte Steigfläche ermöglicht es, dass das Leckagefluid, das entlang der Steigfläche strömt, sich wieder an einem Endabschnitt der Dichtungsrippe anlegt, verglichen mit einem Fall, bei dem sich die Steigfläche radial erstreckt. Diese Konfiguration kann die Größe eines Wirbels verringern, der durch das Leckagefluid in der Nähe des Zwischenraums zwischen der Dichtungsrippe und der Stufenfläche erzeugt wird, wodurch der Effekt der Strömungskontraktion verstärkt wird.

[0016] Ferner ist die Steigfläche des Stufenbereichs um einen Neigungswinkel von α relativ zu der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse geneigt, und die Dichtungsrippen sind unter einem Neigungswinkel von β relativ zu der radialen Richtung senkrecht zu der Rotationsachse geneigt, wobei der Nei-

gungswinkel α in einem Bereich von $0^\circ < \alpha \leq \beta + 30^\circ$ festgelegt ist.

[0017] Mit dieser Konfiguration ist die Steigfläche unter einem Neigungswinkel geneigt, der in dem oben beschriebenen Bereich festgelegt ist, wodurch der Effekt der Strömungskontraktion des Leckagefluidstroms verstärkt wird, der wieder an der Dichtungsrippe anliegt.

[0018] Ferner sind die Steigflächen unter dem gleichen Neigungswinkel α geneigt.

[0019] Mit dieser Konfiguration sind alle Steigflächen unter dem gleichen Neigungswinkel geneigt, um die Herstellung des Stufenbereichs zu erleichtern, wodurch eine Erhöhung der Herstellungskosten verhindert wird.

[0020] Ferner ist H ein Abstand zwischen der Stufenfläche und der Dichtungsrippe in der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse, S ist ein Abstand zwischen der Stufenfläche an einer stromaufwärtigen Seite und der Stufenfläche an einer stromabwärtigen Seite über die Steigfläche in der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse, und D ist ein Abstand zwischen einem unteren Abschnitt einer Kavität, die durch die benachbarten Dichtungsrippen definiert ist und der Stufenfläche an der stromabwärtigen Seite in der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse, wobei der Abstand H , der Abstand S und der Abstand D eine Beziehung von $1.5H \leq S \leq D$ erfüllen.

[0021] Mit dieser Konfiguration erfüllen der Abstand H , der Abstand S und der Abstand D die oben beschriebene Beziehung, wodurch der Effekt der Strömungskontraktion des Leckagefluidstroms verstärkt wird.

[0022] Ferner erstreckt sich die Neigung der Dichtungsrippen bevorzugt über eine Länge der Dichtungsrippen von der Basis zu dem Endabschnitt.

[0023] Diese Konfiguration kann die gesamten geneigten Dichtungsrippen ausbilden, ohne die Dichtungsrippen zu biegen. Zusätzlich ermöglicht diese Konfiguration, dass das Leckagefluid in einer bevorzugten Weise entlang der gesamten Länge der Dichtungsrippen strömt.

[0024] Eine Turbine der vorliegenden Erfindung weist auf: Turbinenschaufeln als ein Rotationselement; ein Gehäuse als ein stationäres Element; und die Dichtungsstruktur, die oben beschrieben ist.

[0025] Diese Konfiguration kann die Menge an Leckagefluid verringern, wodurch eine Verringerung der Arbeitseffizienz der Turbine verhindert wird.

[0026] Eine Turbine der vorliegenden Erfindung weist auf: einen Rotor als ein Rotationselement; Turbinenleitschaufeln als ein stationäres Element; und die Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

[0027] Diese Konfiguration kann die Menge an Leckagefluid verringern, wodurch eine Verringerung der Arbeitseffizienz der Turbine verhindert wird.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht, die eine allgemeine Konfiguration einer Dampfturbine mit einer Dichtungsstruktur gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht der Dichtungsstruktur gemäß der ersten Ausführungsform.

Beschreibung der Ausführungsform

[0028] Das Folgende beschreibt vollständig eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen. Die Ausführungsform soll den Umfang der vorliegenden Erfindung nicht einschränken. Elemente der Ausführungsform, die nachstehend beschrieben werden, umfassen Elemente, die leicht durch den Fachmann ersetzt werden können, oder Elemente, die im Wesentlichen gleich sind. Ferner können Elemente, die nachstehend beschrieben werden, in geeigneter Weise kombiniert werden, und wenn zwei oder mehr Ausführungsformen beschrieben werden, können diese Ausführungsformen auch kombiniert werden.

Erste Ausführungsform

[0029] **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht, die eine allgemeine Konfiguration einer Dampfturbine mit einer Dichtungsstruktur gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, und **Fig. 2** ist eine Schnittansicht der Dichtungsstruktur gemäß der ersten Ausführungsform.

[0030] Eine Dichtungsstruktur **30** gemäß der ersten Ausführungsform ist beispielsweise in einer Dampfturbine **1** enthalten und dient dazu, Leckagefluid abzudichten, das durch einen Zwischenraum zwischen einem Rotationselement und einem stationären Element der Dampfturbine austritt. Zuerst wird die Dampfturbine **1** unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben bevor die Dichtungsstruktur **30** beschrieben wird.

[0031] Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, weist die Dampfturbine **1** auf: ein Gehäuse **10**, einen Rotor **12**, der als eine in dem Gehäuse **10** angeordnete Rotationsachse dient, mehrere Stufen von Turbinenschaufeln **13**, die an dem Rotor **12** vorgesehen sind, und mehrere

Stufen von Turbinenleitschaufeln **14**, die an dem Gehäuse **10** vorgesehen sind.

[0032] Das Gehäuse **10** hat einen Fluideinlass **22**, in den Dampf in einer radialen Richtung des Rotors **12** strömt, und einen Fluidauslass **23**, aus dem der Dampf in der axialen Richtung des Rotors **12** austritt. Das Gehäuse **10** weist einen Dampfweg **21** auf, durch welchen Dampf von dem Fluideinlass **22** zu dem Fluidauslass **23** strömt. Mit anderen Worten ist der Dampfweg **21** derart ausgebildet, dass der Dampf in der radialen Richtung auf einer Seite des Rotors **12** strömt, in der axialen Richtung zu der anderen Seite des Rotors **12** strömt und von der anderen Seite des Rotors austritt **12**.

[0033] Der Rotor **12** ist drehbar relativ zu dem Gehäuse **10** gelagert. Die Vielzahl von Stufen von Turbinenschaufeln **13** sind an dem äußeren Umfang des Rotors **12** befestigt und innerhalb des Dampfwegs **21** angeordnet und sind in bestimmten Abständen in der axialen Richtung des Rotors **12** voneinander beabstandet. Die Vielzahl von Stufen der Turbinenleitschaufeln **14** sind an dem inneren Umfang des Gehäuses **10** befestigt und innerhalb des Dampfwegs **21** angeordnet und sind in bestimmten Abständen in der axialen Richtung des Rotors **12** voneinander beabstandet. Die Vielzahl von Stufen von Turbinenschaufeln **13** und den Vielzahl von Stufen von Turbinenleitschaufeln **14** sind in der axialen Richtung des Rotors **12** abwechselnd angeordnet.

[0034] Wenn der Dampf von dem Fluideinlass **22** zugeführt wird, strömt der Dampf durch den Dampfweg **21** und durchströmt die Vielzahl von Stufen der Turbinenschaufeln **13** und der Turbinenleitschaufeln **14**. Diese Dampfströmung dreht den Rotor **12** über die Turbinenschaufeln **13**, um einen Generator, der nicht dargestellt ist, mit dem Rotor **12** anzutreiben. Der Dampf, der die Vielzahl von Stufen der Turbinenschaufeln **13** und der Turbinenleitschaufeln **14** passiert hat, tritt aus dem Fluidauslass **23** des Dampfwegs **21** aus.

[0035] Die Dampfturbine **1** mit der oben diskutierten Konfiguration weist die Dichtungsstruktur **30** zum Abdichten von Leckagedampf als Leckagefluid auf. Die Dichtungsstruktur **30** ist in zummindest einem von einem Zwischenraum zwischen dem Gehäuse **10** als dem stationären Element und den Turbinenschaufeln **13** als das Rotationselement und einem Zwischenraum zwischen den Turbinenleitschaufeln **14** als das stationäre Element und dem Rotor **12** als das Rotationselement angeordnet. In der ersten Ausführungsform wird die Dichtungsstruktur **30** diskutiert, die zwischen dem Gehäuse **10** und den Turbinenschaufeln **13** vorgesehen ist.

[0036] Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, weist die Dichtungsstruktur **30** auf: einen Dichtungsring **31**, der an dem

inneren Umfang des Gehäuses **10** angebracht ist, und einen Stufenbereich **33**, der an einem Deckband **32** ausgebildet ist, das an dem Endabschnitt jeder der Turbinenschaufeln **13** vorgesehen ist. **Fig. 2** ist eine Schnittansicht der Dichtungsstruktur **30** und ihres Umfangs entlang einer Ebene senkrecht zur Umfangsrichtung des Rotors **12**.

[0037] Der Dichtungsring **31** ist in einer Ringaufnahmenut **35** untergebracht, die ringförmig entlang des Innenumfangs des Gehäuses **10** ausgebildet ist und eine ringförmige Form aufweist. Der Dichtungsring **31** hat einen Ringhauptkörper **41** als eine Basis, eine Vielzahl von Dichtungsrippen **42**, die von dem Ringhauptkörper **41** zu den Turbinenschaufeln **13** vorstehen, und einen Befestigungsabschnitt **43**, der nahe dem Gehäuse **10** an dem Ringhauptkörper **41** vorgesehen ist. Der Befestigungsabschnitt **43** hat einen im Wesentlichen T-förmigen Querschnitt, der zu den gegenüberliegenden Seiten der Axialrichtung vorsteht, und ist in einer Befestigungsut **36** angebracht, die am Boden (nahe dem Gehäuse **10**) der Ringaufnahmenut **35** ausgebildet ist.

[0038] Die Dichtungsrippen **42** sind in bestimmten Abständen in der axialen Richtung des Rotors **12** voneinander beabstandet. In der ersten Ausführungsform sind zum Beispiel drei Dichtungsrippen **42** vorgesehen, und die Dichtungsrippen **42** sind in der axialen Richtung regelmäßig voneinander beabstandet. Die Dichtungsrippen **42** sind an radial nach außen unterschiedlichen Positionen relativ zu der radialem Richtung des Rotors **12** in der Strömungsrichtung des Leckagedampfs von der stromaufwärtigen Seite zu der stromabwärtigen Seite angeordnet. Bei dieser Konfiguration befindet sich eine stromaufwärtige Dichtungsrippe **42** der Dichtungsrippen **42** an einer radial inneren Position und eine stromabwärtige Dichtungsrippe **42** befindet sich an einer radial äußeren Position.

[0039] Die Dichtungsrippen **42** sind in Strömungsrichtung des Leckagedampf stromaufwärts relativ zur Radialrichtung des Rotors **12** von dem Ringhauptkörper **41** zu dem Endabschnitt geneigt. Die Dichtungsrippen **42** werden in der axialen Richtung von dem Ringhauptkörper **41** zu dem Endabschnitt kontinuierlich dünner, das heißt, die Dichtungsrippen **42** verjüngen sich von dem Ringhauptkörper **41** zu dem Endabschnitt. Die Neigung der Dichtungsrippen **42** erstreckt sich über die gesamte Länge der Dichtungsrippen **42** von dem Ringhauptkörper **41** zu dem Endabschnitt.

[0040] Der Neigungswinkel der Dichtungsrippen **42** gegenüber der Radialrichtung des Rotors **12** wird mit β bezeichnet. Der Neigungswinkel β wird in einem Bereich von „ $10^\circ < \beta \leq 25^\circ$ “ festgelegt. Insbesondere wird der Neigungswinkel jeder Dichtungsrippe **42** durch eine Tangente, die eine stromaufwärtige Flä-

che der Dichtungsrippe **42** am Endabschnitt berührt, und eine Linie, die sich in radialer Richtung des Rotors **12** erstreckt, begrenzt. Der Neigungswinkel β wird als Neigungswinkel β_1 , Neigungswinkel β_2 und Neigungswinkel β_3 in einer Reihenfolge von stromaufwärts zu stromabwärts in Strömungsrichtung des Leckagedampfes bezeichnet, wobei diese Neigungswinkel gleich oder unterschiedlich sein können.

[0041] Eckabschnitte nahe der Basis der Dichtungsrippen **42**, d.h. Eckabschnitte, die durch die Dichtungsrippen **42** und den Ringhauptkörper **41** definiert sind, weisen eine gekrümmte Oberfläche mit einem bestimmten Krümmungsradius auf. Mit dieser Konfiguration definieren eine stromaufwärtige Dichtungsrippe **42** und eine stromabwärtige Dichtungsrippe **42** einen Halbkreis in der in **Fig. 2** dargestellten Schnittansicht.

[0042] Alle Dichtungsrippen **42** haben die gleiche Form. Insbesondere haben die Dichtungsrippen **42** die gleiche Länge von dem Ringhauptkörper **41** zu dem Endabschnitt in der Vorsprungsrichtung. Zusätzlich sind die Dichtungsrippen **42** unter dem gleichen Neigungswinkel relativ zu der radialen Richtung des Rotors **12** geneigt. Entsprechend haben die Halbkreise, die durch die stromaufwärtige Dichtungsrippe **42** und entsprechende stromabwärtige Dichtungsrippe **42**sdefiniert sind, die gleiche Form.

[0043] Der Stufenbereich **33**, der an dem Deckband **32** ausgebildet ist, hat eine Vielzahl von Stufenflächen **51**, die den Dichtungsrippen **42** zugewandt sind, und Steigflächen **52**, die jeweils zwischen zwei benachbarten Stufenflächen **51** angeordnet sind, und die Stufenflächen **51** und die Steigflächen **52** definieren eine Vielzahl von Stufenabschnitten **53**.

[0044] Wie in der Schnittansicht von **Fig. 2** gezeigt ist, sind die Stufenflächen **51** parallel zu der axialen Richtung des Rotors **12**. In der ersten Ausführungsform sind so viele Stufenflächen **51**, z.B. drei, wie Dichtungsrippen **42** vorgesehen. Die drei Stufenflächen **51** sind an radial nach außen unterschiedlichen Positionen relativ zu der radialem Richtung des Rotors **12** in der Strömungsrichtung des Leckagedampfs von der stromaufwärtigen Seite zu der stromabwärtigen Seite angeordnet. Mit dieser Konfiguration ist eine stromaufwärtige Stufenfläche **51** der Stufenflächen **51** an einer radial inneren Position angeordnet ist, und eine stromabwärtige Stufenfläche **51** ist an einer radial äußeren Position angeordnet.

[0045] Die Steigflächen **52** ist stromabwärts in Strömungsrichtung des Leckagedampf relativ zur Radialrichtung des Rotors **12** von der stromaufwärtigen Stufenfläche **51** zu der stromabwärtigen Stufenfläche **51** geneigt. Die Neigung der Steigflächen **52** erstreckt sich über die gesamte Länge der Steigflächen **52** von

der stromaufwärtigen Stufenfläche **51** zu der stromabwärtigen Stufenfläche **51**.

[0046] Der Neigungswinkel der Steigflächen **52** relativ zur Radialrichtung des Rotors **12** wird mit α bezeichnet. Der Neigungswinkel α ist in einem Bereich von „ $0^\circ < \alpha \leq \beta + 30^\circ$ “. Alle Steigflächen **52** sind unter dem gleichen Neigungswinkel α geneigt. Der Neigungswinkel α wird als ein Neigungswinkel α_1 , ein Neigungswinkel α_2 und ein Neigungswinkel α_3 in einer Reihenfolge stromaufwärts-zu-stromabwärts in Strömungsrichtung des Leckagedampfes bezeichnet, und diese Neigungswinkel können sich voneinander unterscheiden.

[0047] Die Dichtungsstruktur **30** mit der oben diskutierten Konfiguration weist eine Vielzahl von Kavitäten **55** auf, die durch den Dichtungsring **31** und den Stufenbereich **33** definiert sind. Jede Kavität **55** ist durch den Ringhauptkörper **41**, zwei benachbarnte Dichtungsrippen **42**, zwei benachbarnte Stufenflächen **51** und eine Steigfläche **52** zwischen den zwei Stufenflächen **51** definiert. Die Kavität **55** weist in der radialen Richtung des Rotors **12** einen unteren Abschnitt nahe dem Gehäuse auf.

[0048] Der Zwischenraum (Abstand) zwischen der Stufenfläche **51** und der Dichtungsrippe **42** in der radialen Richtung des Rotors **12** wird mit H bezeichnet. Die Höhe (Abstand) zwischen der stromaufwärtigen Stufenfläche **51** und der stromabwärtigen Stufenfläche **51** über die Steigfläche **52** in radialer Richtung des Rotors **12** wird mit S bezeichnet. Die Kavitätstiefe (Abstand) zwischen dem unteren Abschnitt der Kavität **55** und der stromabwärtigen Stufenfläche **51** in der radialen Richtung des Rotors **12** wird mit D bezeichnet. In diesem Fall erfüllen der Zwischenraum H , die Höhe S und die Kavitätstiefe D eine Beziehung von „ $1,5H \leq S \leq D$ “.

[0049] Wenn der Leckagedampf in den Zwischenraum zwischen dem Gehäuse **10** und den Turbinenschaufeln **13** strömt, strömt der Leckagedampf durch den Zwischenraum zwischen der stromaufwärtigen Dichtungsrippe **42** und der stromaufwärtigen Stufenfläche **51** in die stromaufwärts gelegenen Kavität **55** der oben diskutierten Dichtungsstruktur **30**.

[0050] Der Leckagedampf, der in die Kavität **55** geströmt ist, erzeugt einen Hauptwirbel im stromaufwärtigen Raum der Kavität **55**, d.h. in dem Raum in Kontakt mit der stromaufwärtigen Stufenfläche **51**. Der Leckagedampf, der den Hauptwirbel erzeugt, strömt von dem Zwischenraum zwischen der Dichtungsrippe **42** und der Stufenfläche **51**, strömt entlang der stromaufwärtigen Stufenfläche **51** und der Steigfläche **52** und verlässt die Steigfläche **52**. Ein Teil des Leckagedampfes, der die Steigfläche **52** verlassen hat, strömt stromaufwärts entlang des unteren Abschnitts der Kavität **55** und strömt entlang der strom-

aufwärtigen Dichtungsrippe **42** zurück zu dem Zwischenraum zwischen der Dichtungsrippe **42** und der Stufenfläche **51**.

[0051] Der Leckagedampf, der in die Kavität **55** geströmt ist, erzeugt auch einen Gegenwirbel in dem stromabwärts gelegenen Raum der Kavität **55**, das heißt in dem Raum in Kontakt mit der stromabwärtigen Stufenfläche **51**. Der Leckagedampf, der den Gegenwirbel erzeugt, ist ein Teil des Leckagedampfes, der die Steigfläche **52** verlassen hat, und der Teil des Leckagedampfes legt sich wieder an der stromabwärtigen Dichtungsrippe **42** an und strömt entlang der stromabwärtigen Dichtungsrippe **42**. Ein Teil des Leckagedampfes, der entlang der stromabwärtigen Dichtungsrippe **42** strömt, strömt stromaufwärts entlang der stromabwärtigen Stufenfläche **51** und strömt mit dem Leckagedampf zusammen, der die Steigfläche **52** verlassen hat.

[0052] Ein Teil des Leckagedampfes, der entlang der stromabwärtigen Dichtungsrippe **42** strömt, tritt aus dem Zwischenraum zwischen der stromabwärtigen Dichtungsrippe **42** und der stromabwärtigen Stufenfläche **51** aus.

[0053] Gemäß der oben diskutierten ersten Ausführungsform können die geneigten Dichtungsrippen **42** den Leckagedampf, der entlang der Dichtungsrippen **42** strömt, in eine Richtung lenken, die der Strömungsrichtung des Leckagedampfs entgegengesetzt ist. Der Leckagedampf strömt dann wieder in Strömungsrichtung und tritt aus dem Zwischenraum zwischen der Dichtungsrippe **42** und der Stufenfläche **52** aus. Diese Konfiguration kann den Leckagedampfströmung temporär in die der Strömungsrichtung entgegengesetzten Richtung lenken, wodurch der Effekt der Strömungskontraktion verstärkt wird, die auftritt, wenn der Leckagedampf durch den Zwischenraum zwischen der Dichtungsrippe **42** und der Stufenfläche **51** strömt. Diese Konfiguration kann die Menge an austretendem Leckagedampf verringern.

[0054] Gemäß der ersten Ausführungsform ist der Neigungswinkel β der Dichtungsrippen **42** in einem Bereich von „ $10^\circ \leq \beta \leq 25^\circ$ “. Diese Konfiguration kann die Wirkung der Strömungskontraktion des Leckagedampfs, der entlang der Dichtungsrippen **42** strömt, verstärken.

[0055] Gemäß der ersten Ausführungsform haben alle Dichtungsrippen **42** die gleiche Form mit zum Beispiel dem gleichen Neigungswinkel und der gleichen Länge. Diese Konfiguration erleichtert die Herstellung der Dichtungsrippen **42**, wodurch eine Erhöhung der Herstellungskosten verhindert wird.

[0056] Gemäß der ersten Ausführungsform legt sich ein Teil des Leckagedampf an der Dichtungsrippe **42** an und strömt entlang der Dichtungsrippe **42**, nach-

dem der Leckagedampf, der entlang der Steigfläche **52** strömt, die Steigfläche **52** verlässt. Die geneigte Steigfläche **52** ermöglicht, dass der Leckagedampf, der entlang der Steigfläche **52** strömt, sich wieder an dem Endabschnitt der Dichtungsrippe **42** anlegt, verglichen mit einem Fall, bei dem sich die Steigfläche **52** radial erstreckt. Diese Konfiguration kann die Größe des Gegenwirbels verringern, der durch den Leckagedampf in der Nähe des Zwischenraums zwischen der Dichtungsrippe **42** und der Stufenfläche **51** erzeugt wird, wodurch der Effekt der Strömungskontraktion verstärkt wird.

[0057] Gemäß der ersten Ausführungsform ist der Neigungswinkel α der Steigflächen **52** in einem Bereich von „ $0 < \alpha \leq \beta + 30^\circ$ “ festgelegt. Diese Konfiguration kann die Wirkung der Strömungskontraktion der Leckagedampfströmung, die wieder an der Dichtungsrippe **42** angelegt ist, verstärken.

[0058] Gemäß der ersten Ausführungsform sind alle Steigflächen **52** unter dem gleichen Neigungswinkel α geneigt. Diese Konfiguration erleichtert die Herstellung des Stufenbereichs **33**, wodurch eine Erhöhung der Herstellungskosten verhindert wird.

[0059] Gemäß der ersten Ausführungsform erfüllen der Zwischenraum H, die Höhe S und die Kavitätstiefe D die Beziehung „ $1,5H \leq S \leq D$ “. Diese Konfiguration kann den Effekt der Strömungskontraktion der Leckagedampfströmung verstärken.

[0060] Gemäß der ersten Ausführungsform erstreckt sich die Neigung der Dichtungsrippen **42** über die Länge der Dichtungsrippen **42**. Diese Konfiguration kann die gesamten geneigten Dichtungsrippen **42** bilden, ohne die Dichtungsrippen **42** zu biegen. Zusätzlich ermöglicht diese Konfiguration, dass der Leckagedampf in einer bevorzugten Weise entlang der gesamten Länge der Dichtungsrippen **42** strömt.

[0061] Gemäß der ersten Ausführungsform kann die Dichtungsstruktur **30** die Menge an Leckagedampf verringern, wodurch eine Verringerung der Arbeitseffizienz der Dampfturbine 1 verhindert wird.

[0062] Obwohl in der ersten Ausführungsform die Dichtungsstruktur **30** zwischen dem Gehäuse **10** und den Turbinenschaufeln **13** vorgesehen ist, kann die Dichtungsstruktur **30** zwischen den Turbinenleitschaufeln **14** und dem Rotor **12** vorgesehen sein, ist aber nicht darauf beschränkt. Mit anderen Worten, die Dichtungsstruktur **30** kann für irgendeinen Zwischenraum zwischen einem Rotationselement und einem stationären Element verwendet werden, die abgedichtet werden müssen.

[0063] Obwohl in der ersten Ausführungsform der Dichtungsring **31** an dem Gehäuse **10** vorgesehen ist, das ein stationäres Element ist, und der Stufenbe-

reich **33** an jeder der die Turbinenschaufeln **13** vorgesehen ist, die das Rotationselement sind, können der Dichtungsring **31** und der Stufenbereich **33** umgekehrt vorgesehen sein. Mit anderen Worten, der Dichtungsring **31** kann an dem Rotationselement vorgesehen sein und der Stufenbereich **33** kann an dem stationären Element vorgesehen sein.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----------|-----------------------|
| 1 | Dampfturbine |
| 10 | Gehäuse |
| 12 | Rotor |
| 13 | Turbinenschaufel |
| 14 | Turbinenleitschaufel |
| 21 | Dampfweg |
| 22 | Fluideinlass |
| 23 | Fluidauslass |
| 30 | Dichtungsstruktur |
| 31 | Dichtungsring |
| 32 | Deckband |
| 33 | Stufenbereich |
| 35 | Ringaufnahmenut |
| 36 | Befestigungsnut |
| 41 | Ringhauptkörper |
| 42 | Dichtungsrippe |
| 43 | Befestigungsabschnitt |
| 51 | Stufenfläche |
| 52 | Steigfläche |
| 53 | Stufenabschnitt |
| 55 | Kavität |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2013199860 [0003]

Patentansprüche

1. Dichtungsstruktur zum Abdichten von Leckagefluid, das durch einen Zwischenraum zwischen einem Rotationselement, das sich um eine Rotationsachse dreht und einem stationären Element, das dem Rotationselement von einer stromaufwärtigen Seite, die einer Seite der Rotationsachse entspricht, zu einer stromabwärtigen Seite, die der anderen Seite der Rotationsachse entspricht, zugewandt ist, strömt, wobei die Dichtungsstruktur aufweist:

eine Vielzahl von Dichtungsrippen, die von einer Basis, die eines von dem Rotationselement und dem stationären Element ist, zu dem anderen von dem Rotationselement und dem stationären Element vorstehen, wobei die Dichtungsrippen in einem bestimmten Abstand in einer axialen Richtung der Rotationsachse voneinander beabstandet sind; und

einen Stufenbereich, der an dem anderen des Rotationselements und des stationären Elements vorgesehen ist, wobei der Stufenbereich eine Vielzahl von Stufenflächen, die den Dichtungsrippen zugewandt sind und eine Steigfläche zwischen den benachbarten Stufenflächen aufweist, wobei die Stufenflächen und die Steigfläche einen Stufenabschnitt definieren, wobei

die Vielzahl von Dichtungsrippen stromaufwärts in einer Strömungsrichtung des Leckagefluids relativ zu einer radialen Richtung geneigt ist, die senkrecht zu der Rotationsachse von der Basis zu einem Endabschnitt ist, und

jede Dichtungsrippe und die Basis einen Eckabschnitt mit einer gekrümmten Oberfläche definieren.

2. Dichtungsstruktur nach Anspruch 1, wobei die Dichtungsrippen unter einem Neigungswinkel von β relativ zu der radialen Richtung senkrecht zu der Rotationsachse geneigt sind, wobei der Neigungswinkel β in einem Bereich von $10^\circ \leq \beta \leq 25^\circ$ festgelegt ist.

3. Dichtungsstruktur nach Anspruch 2, wobei die Vielzahl von Dichtungsrippen unter dem gleichen Neigungswinkel β geneigt ist.

4. Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Vielzahl von Dichtungsrippen eine gleiche Länge von der Basis zu dem Endabschnitt in einer Vorsprungsrichtung aufweist.

5. Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Steigfläche des Stufenbereichs stromabwärts in der Strömungsrichtung des Leckagefluids relativ zur radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse von der Stufenfläche auf einer stromaufwärtigen Seite zu der Stufenfläche auf einer stromabwärtigen Seite geneigt ist.

6. Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei

die Steigfläche des Stufenbereichs um einen Neigungswinkel von α relativ zu der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse geneigt ist, und die Dichtungsrippen unter einem Neigungswinkel von β relativ zu der radialen Richtung senkrecht zu der Rotationsachse geneigt sind, wobei der Neigungswinkel α in einem Bereich von $0^\circ < \alpha \leq \beta + 30^\circ$ festgelegt ist.

7. Dichtungsstruktur nach Anspruch 6, wobei die Steigflächen unter dem gleichen Neigungswinkel α geneigt sind.

8. Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei H ein Abstand zwischen der Stufenfläche und der Dichtungsrippe in der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse ist, S ein Abstand zwischen der Stufenfläche an einer stromaufwärtigen Seite und der Stufenfläche an einer stromabwärtigen Seite über die Steigfläche in der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse ist, und D ein Abstand zwischen einem unteren Abschnitt einer Kavität, die durch die benachbarten Dichtungsrippen definiert ist und der Stufenfläche an der stromabwärtigen Seite in der radialen Richtung senkrecht zur Rotationsachse ist, der Abstand H, der Abstand S und der Abstand D eine Beziehung von $1.5H \leq S \leq D$ erfüllen.

9. Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei sich die Neigung der Dichtungsrippen über eine Länge der Dichtungsrippen von der Basis zu dem Endabschnitt erstreckt.

10. Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Dichtungsrippen in der axialen Richtung der Rotationsachse von der Basis zu dem Endabschnitt kontinuierlich dünner werden.

11. Turbine aufweisend:
Turbinenschaufeln als ein Rotationselement;
ein Gehäuse als ein stationäres Element; und
die Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

12. Turbine aufweisend:
einen Rotor als ein Rotationselement;
Turbinenleitschaufeln als ein stationäres Element; und
die Dichtungsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

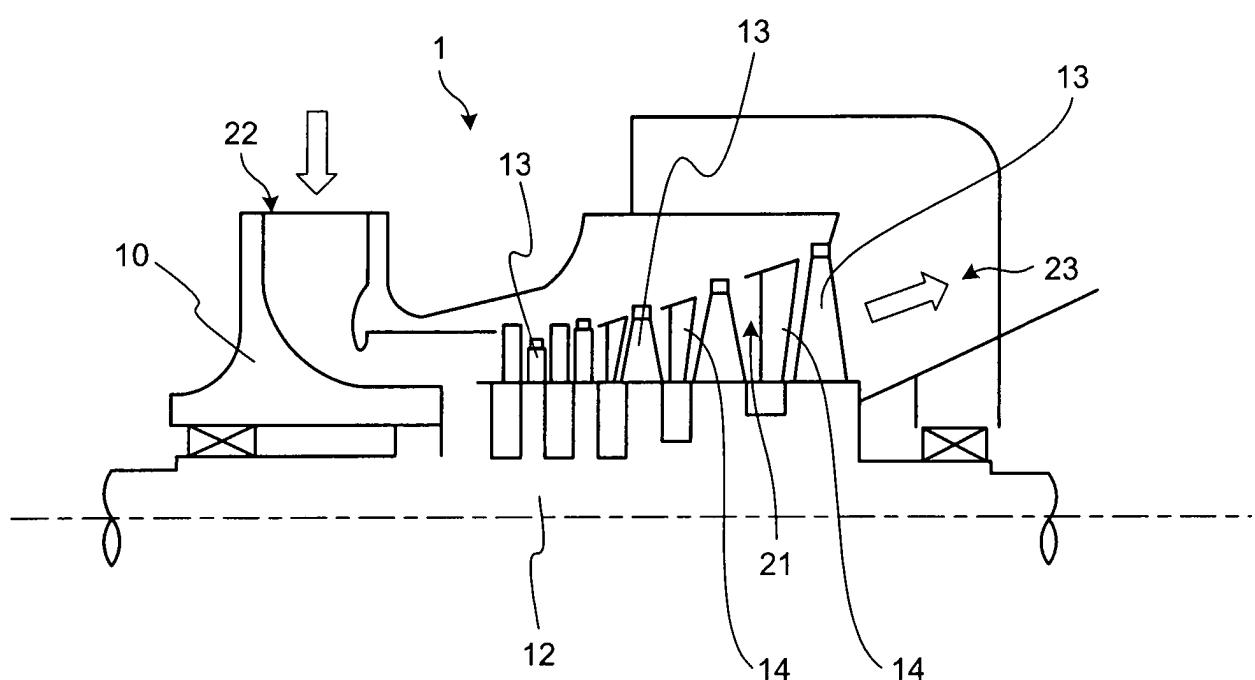


FIG.2

