



(10) **DE 11 2015 003 538 B4** 2022.01.05

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 003 538.9**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/079555**  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/080136**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **20.10.2015**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.05.2016**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **27.04.2017**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **05.01.2022**

(51) Int Cl.: **F01D 5/20 (2006.01)**  
**F01D 11/12 (2006.01)**  
**F02C 7/28 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2014-235422**                      **20.11.2014**    **JP**

(73) Patentinhaber:  
**Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei,  
 Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Nishimura, Kazuya, Tokyo, JP; Fujimura, Daigo,  
 Tokyo, JP; Ito, Eisaku, Tokyo, JP; Ishizaka, Koichi,  
 Tokyo, JP**

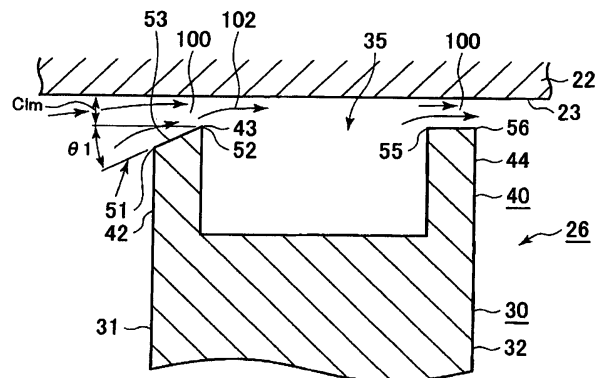
(56) Ermittelte Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>8 684 691</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>2009 / 0 148 305</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2014 / 0 047 842</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>2 309 097</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2014/ 096 838</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2011- 163 123</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Turbinenschaufel und Gasturbine**

(57) Hauptanspruch: Eine Turbinenrotorschaukel (26) für eine Turbine (6), umfassend:  
 einen Strömungsprofilabschnitt (30) mit einem Strömungsprofil, das durch eine Druckfläche (31) und eine Saugfläche (32) gebildet ist, und  
 mindestens eine Anstreifrippe (40), die an einer äußeren Fläche (35) der Turbinenrotorschaukel (26) so angeordnet ist, dass sie sich von einer Seite eines vorderen Rands (33) zu einer Seite eines hinteren Rands (34) erstreckt, wobei die mindestens eine Anstreifrippe (40) eine erste Anstreifrippe (42), die an der Seite der Druckfläche (31) angeordnet ist, und eine zweite Anstreifrippe (44), die an der Seite der Saugfläche (32) in einem Abstand von der ersten Anstreifrippe (42) angeordnet ist, aufweist,  
 wobei die erste Anstreifrippe (42) eine Kante (43) aufweist, die sich in einer Erstreckungsrichtung der Anstreifrippe (40;42) erstreckt,  
 wobei, im Einbauzustand, ein Zwischenraum (100) zwischen der äußeren Fläche (35) der Turbinenrotorschaukel (26) und einer inneren Wandfläche (23) eines Gehäuses (22) der Turbine (6), in die die Turbinenrotorschaukel (26) eingebaut ist, einen lokalen Minimalwert an der Kante (43) aufweist, wobei die innere Wandfläche (23) des Gehäuses

(22) der äußeren Fläche (35) der Turbinenrotorschaukel (26) zugewandt ist,  
 wobei der Zwischenraum (100) an beiden Seiten der Kante (43) in einer Querrichtung der Anstreifrippe (40;42) größer ist als der lokale Minimalwert, und  
 wobei die erste Anstreifrippe (42) eine verengende Fläche ...



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Turbinenrotorschaukel und eine Gasturbine.

**[0002]** Allgemein umfasst eine Gasturbine einen Kompressor, eine Brennkammer und eine Turbine, und ist ausgestaltet, um durch den Kompressor komprimierte Luft und Brennstoff in der Brennkammer zu verbrennen, um Verbrennungsgas mit hoher Temperatur und hohem Druck zu erzeugen und um eine Turbine mit dem Verbrennungsgas anzutreiben, um Energie zu erhalten. Eine Turbine umfasst Laufschaufelreihen, die im Inneren eines Gehäuses angeordnet sind, wobei die Laufschaufelreihen eine Vielzahl von Turbinenleitschaufeln und eine Vielzahl von Turbinenrotorschaukeln, die abwechselnd angeordnet sind, umfassen. Verbrennungsgas wird in das Gehäuse hinein eingetragen, um die Turbinenrotorschaukeln zu drehen, wodurch ein Rotor, der mit den Turbinenrotorschaukeln gekoppelt ist, gedreht wird.

**[0003]** Bei solch einer Turbine ist normalerweise ein Zwischenraum zwischen dem Gehäuse und äußeren Enden der Turbinenrotorschaukeln so vorgesehen, dass kein Reiben aufgrund einer Differenz der thermischen Ausdehnung zwischen dem Gehäuse und den Turbinenrotorschaukeln verursacht wird.

**[0004]** Jedoch kann während einem Betrieb einer Gasturbine ein Teil einer Hauptströmung des Verbrennungsgases durch den Zwischenraum von einer Druckseite zu einer Saugseite der Turbinenrotorschaukeln aufgrund einer Druckdifferenz zwischen der Druckseite und der Saugseite ohne Arbeit zu verrichten, austreten. Neben dem Versagen, Arbeit an den Schaufelreihen der Turbine zu verrichten, kehrt sich eine Leckströmung durch den Zwischenraum an der Auslassseite des Zwischenraums um, um einen Längswirbel zu bilden, und mischt sich mit der Hauptströmung, was zur Erzeugung eines Druckverlusts führen kann. Ein Verlust aufgrund einer Leckströmung durch den Zwischenraum ist einer der Hauptfaktoren, die die Turbineneffizienz verschlechtern.

**[0005]** In diesem Kontext ist eine Ausgestaltung, wie in US 8 684 691 B2 und JP 2011- 163 123 A offenbart, bekannt, die mit einer an einem äußeren Ende der Turbinenrotorschaukel ausgebildeten Anstreifrippe versehen ist, um einen Verlust aufgrund einer Leckströmung durch den Spalt zu verringern. Eine Anstreifrippe ist ein zaunartiger Vorsprung, auch Anstreifer („squealer“) genannt, der entlang eines äußeren Umfangs einer äußeren Fläche einer Turbinenrotorschaukel ausgebildet ist. Mit einer Anstreifrippe, die an einem äußeren Ende einer Turbinenrotorschaukel vorgesehen ist, erhöht sich ein Strömungswegwiderstand in dem Zwischenraum und der Kontraktionsströmungseffekt reduziert die Menge einer Leckströmung durch den Zwischen-

raum. US 8 684 691 B2 und JP 2011- 163 123 A offenbaren auch eine Anstreifrippe mit einer geneigten Seitenfläche.

**[0006]** Jedoch kann, obwohl Vorsehen einer Anstreifrippe den Kontraktionsströmungseffekt in gewissem Ausmaß, wie in US 8 684 691 B2 und JP 2011- 163 123 A beschrieben, erzielen kann, der Effekt nicht immer effizient erzielt werden, weil eine Strömung eines Fluides, das entlang der geneigten Seitenfläche der Anstreifrippe strömt, teilweise an einer Endfläche der Anstreifrippe anhaftet und entlang der Endfläche strömt, wenn die Strömung durch einen Zwischenraum zwischen der inneren Wandfläche des Gehäuses und der Endfläche der Anstreifrippe hindurch tritt.

**[0007]** Aus der US 2014 / 0 047 842 A1 ist eine Rotorschaukel einer Gasturbine bekannt, die einen Strömungsprofilabschnitt und eine an einem Außenende des Strömungsprofilabschnitts angeordnete Anstreifrippe aufweist, die eine die Druck- und Saugfläche des Strömungsprofilabschnitts trennende Tasche definiert, in welcher Kühlluftlöcher münden, die eine Verbindung mit einem Külluftströmungsdurchgang im Inneren des Strömungsprofilabschnitts herstellen. Die Anstreifrippe besitzt eine Fläche, die von der Druckfläche zur Saugfläche des Strömungsprofilabschnitts insgesamt geneigt ist.

**[0008]** Aus der EP 2 309 097 A1 ist eine Rotorschaukel und eine zugehörige Leitschaufel einer Gasturbine bekannt, bei der ein Strömungsprofil der Rotorschaukel an einem Außenendbereich zwischen einer Druckfläche und einer Saugfläche des Strömungsprofils eine geneigte bzw. sich verengende Fläche besitzt, die den Zwischenraum zu einer inneren Wandfläche eines Gehäuses verringert und einen lokalen Minimalwert bezüglich des Zwischenraums an einer Kante erzeugt, um die Größe der Kontaktfläche zwischen dem Außenendbereich und der gegenüberliegenden Oberfläche des Gehäuses auf die Kantenfläche zu reduzieren.

**[0009]** Aus der US 2009 / 0 148 305 A1 ist eine Rotorschaukel einer Gasturbine bekannt, die einen Strömungsprofilabschnitt und eine an einem Außenende des Strömungsprofilabschnitts angeordnete Anstreifrippe aufweist, die eine die Druck- und Saugfläche des Strömungsprofilabschnitts trennende Tasche definiert. Die Anstreifrippe besitzt eine horizontale Außenfläche, die an der Druckseite höher ist als an der Saugseite.

**[0010]** Aus der WO 2014 / 096 838 A1 ist eine Strömungsprofilstruktur für eine Gasturbine bekannt, bei der eine die Druck- und die Saugseite eines Strömungsprofils verbindende Außenendoberfläche eine Kantenlinie aufweist, die sich entlang einem Teil der Außenendoberfläche erstreckt und zur

Saugseite und zur Druckseite jeweils abfallende Teilflächen besitzt. Die Kantenlinie soll im Betrieb in eine gegenüberliegende Gehäusestruktur einschneiden.

**[0011]** Aus Sicht der obigen Punkte ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Turbinenrotorschaukel und eine Gasturbine vorzuschlagen, wodurch die Menge einer Leckströmung, die durch einen Zwischenraum zwischen den Turbinenrotorschaukeln und einem Gehäuse hindurchtritt, zu reduzieren und ein Verlust aufgrund der Leckströmung effizient zu vermeiden.

**[0012]** Eine Turbinenrotorschaukel für eine Turbine gemäß mindestens der vorliegenden Erfindung umfasst die Merkmale des Patentanspruches 1.

**[0013]** Gemäß der obigen Ausgestaltung ist die Anstreifrippe so ausgestaltet, dass der Zwischenraum zwischen der inneren Wandfläche des Gehäuses der Turbine und der äußeren Fläche der Turbinenrotorschaukel sein lokales Minimum an der Kante erreicht, die sich in der Erstreckungsrichtung der Anstreifrippe erstreckt. Dementsprechend reduziert der Kontraktionsströmungseffekt die effektive Strömungswegfläche, wenn ein Fluid durch den Zwischenraum zwischen der inneren Wandfläche des Gehäuses und der Kante der Anstreifrippe hindurch strömt, wodurch die Menge der Leckströmung und ein Druckverlust aufgrund der Leckströmung reduziert werden können. Somit kann ein Verlust aufgrund der Leckströmung (Zwischenraumverlust) verringert werden.

**[0014]** Darüber hinaus ist die Anstreifrippe so ausgestaltet, dass der Zwischenraum zwischen der inneren Wandfläche des Gehäuses und der äußeren Fläche der Turbinenrotorschaukel größer ist als der lokale Minimalwert an beiden Seiten der Kante. Die Anstreifrippe hat also keine flache Fläche, die den Zwischenraum des lokalen Minimums zwischen der äußeren Fläche der Turbinenrotorschaukel und der inneren Wandfläche des Gehäuses an beiden Seiten der Kante der Anstreifrippe, bildet. Dementsprechend gibt es keine flache Fläche, die den Zwischenraum des lokalen Minimums an der stromabwärtigen Seite der Kante bildet und dadurch kann Wiederanhaften einer Strömung eines Fluids an der Anstreifrippe vermieden werden, wenn die Strömung des Fluids sich von der Anstreifrippe trennt und durch die Kante hindurchtritt. Somit kann eine Verringerung des Kontraktionsströmungseffekts der Anstreifrippe aufgrund von Wiederanhaften einer Strömung vermieden werden, und somit kann ein Verlust aufgrund der Leckströmung (Zwischenraumverlust) noch weiter verringert werden.

**[0015]** Bei der obigen Ausgestaltung weist mindestens die erste Anstreifrippe eine verengende Fläche auf, die zwischen einem druckflächenseitigen Rand

an einer Druckseite und der Kante, die näher an einer Saugseite als der druckflächenseitige Rand angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die verengende Fläche den Zwischenraum von dem druckflächenseitigen Rand zu der Kante monoton verringert.

**[0016]** Dementsprechend kann mit der verengenden Fläche, die den Zwischenraum von dem druckflächenseitigen Rand in Richtung der Kante monoton verringert, eine Fluidströmung gebildet werden, die in der radialen Richtung entlang der verengenden Fläche nach außen strömt, und der Kontraktionsströmungseffekt verbessert werden. In diesem Fall bezeichnet nach außen in der radialen Richtung eine Richtung, die von der Innenseite in Richtung der Außenseite in der radialen Richtung der Turbine gerichtet ist.

**[0017]** Bei der obigen Ausgestaltung weist die mindestens eine Anstreifrippe die erste Anstreifrippe, die an einer Druckseite angeordnet ist, und die zweite Anstreifrippe, die an einer Saugseite in einem Abstand von der ersten Anstreifrippe angeordnet ist, auf, wobei mindestens die erste Anstreifrippe die Kante aufweist, an welcher der Zwischenraum den lokalen Minimalwert erreicht.

**[0018]** Da die Anstreifrippen (die erste Anstreifrippe und die zweiten Anstreifrippe) jeweils an den Seiten der Druckfläche und der Saugfläche angeordnet sind, ist der Effekt, die Menge der Leckströmung zu reduzieren, verbessert. Zudem kann, da mindestens die erste der Anstreifrippen die Kante aufweisen, ein bemerkenswerter Effekt auch aufgrund des oben beschriebenen Grunds erzielt werden, um die Menge der Leckströmung zu reduzieren

**[0019]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der obigen Ausgestaltung weist auch die zweite Anstreifrippe eine verengende Fläche auf, die zwischen einem druckflächenseitigen Rand an einer und der Kante, die näher an einer Saugfläche als der druckflächenseitige Rand angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die verengende Fläche den Zwischenraum von dem druckflächenseitigen Rand zu der Kante monoton verringert.

**[0020]** Gemäß der obigen Ausführungsform wird der erste Kontraktionsströmungseffekt durch die erste Anstreifrippe erzielt. Die erste Kontraktionsströmung entlang der verengenden Fläche der ersten Anstreifrippe diffundiert bzw. zerstreut sich an der stromabwärtigen Seite der Kante der ersten Anstreifrippe, aber mindestens ein Teil der diffundierten Strömung wird durch die verengende Fläche der zweiten Anstreifrippe abgefangen und dadurch wird der zweite Kontraktionsströmungseffekt durch die verengende Fläche der zweiten Anstreifrippe erzielt. Dementsprechend kann die Menge der Leckströmung mit

der ersten Anstreifrippe und der zweiten Anstreifrippe effektiv verringert werden.

**[0021]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der obigen Ausgestaltung ist die verengende Fläche der zweiten Anstreifrippe über einen größeren Bereich in einer Schaufelhöhenrichtung der Turbinenrotorschaukel als die verengende Fläche der ersten Anstreifrippe angeordnet.

**[0022]** Dementsprechend kann die Strömung, die an der stromabwärtigen Seite der Kante der ersten Anstreifrippe diffundiert, in einem breiteren Bereich an der verengenden Fläche der zweiten Anstreifrippe abgefangen werden, was den durch die zweite Anstreifrippe erzielten Kontraktionsströmungseffekt verbessern kann.

**[0023]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der obigen Ausgestaltung sind die verengende Fläche der ersten Anstreifrippe und die verengende Fläche der zweiten Anstreifrippe gegenüber der inneren Wandfläche des Gehäuses geneigt. Wobei die verengende Fläche der zweiten Anstreifrippe einen größeren Neigungswinkel als die verengende Fläche der ersten Anstreifrippe hinsichtlich der inneren Wandfläche des Gehäuses hat.

**[0024]** Um einen Bereich in der Schaufelhöhenrichtung des Haltens einer Strömung, die an der stromabwärtigen Seite der Kante der ersten Anstreifrippe diffundiert wird, zu erweitern gibt es zwei Herangehensweisen: Die verengende Fläche der zweiten Anstreifrippe in der Querrichtung der Anstreifrippe zu erweitern, oder den Neigungswinkel der verengenden Fläche der zweiten Anstreifrippe hinsichtlich der inneren Wandfläche des Gehäuses zu erhöhen. Gemäß der letzteren Herangehensweise, verglichen mit der vorherigen, kann die Geschwindigkeitskomponente, die in der radialen Richtung nach außen gerichtet ist, durch Abfangen einer Strömung mit der verengenden Fläche der zweiten Anstreifrippe und dem Ändern der Richtung der Strömung mit der verengenden Fläche der zweiten Anstreifrippe, verbessert werden.

**[0025]** In dieser Hinsicht ist mit der obigen Ausgestaltung der Neigungswinkel der verengenden Fläche der zweiten Anstreifrippe hinsichtlich der inneren Wandfläche des Gehäuses größer als der Neigungswinkel der verengenden Fläche der ersten Anstreifrippe hinsichtlich der inneren Wandfläche des Gehäuses. Dementsprechend hat, verglichen mit einem Fall, in welchem die verengende Fläche der ersten Anstreifrippe und die verengende Fläche der zweiten Anstreifrippe gegenüber der inneren Wandfläche des Gehäuses in demselben Winkel geneigt sind, die Strömung, die entlang der verengenden Fläche der zweiten Anstreifrippe strömt, eine stärkere Geschwindigkeitskomponente, die in der radialen

Richtung nach außen gerichtet ist, wodurch der Kontraktionsströmungseffekt, der durch die zweite Anstreifrippe erzielt wird, verbessert werden kann.

**[0026]** Bei einigen bevorzugten Ausführungsformen irgendeiner der obigen Ausgestaltungen hat mindestens eine der Anstreifrippe einen angefasten Randabschnitt, der die Kante umfasst.

**[0027]** Dementsprechend kann die Oxidationsausdünnung des Randabschnitts reduziert werden und die Haltbarkeit der Turbinenrotorschaukel verbessert werden.

**[0028]** In einigen bevorzugten Ausführungsformen irgendeiner der obigen Ausgestaltungen ist die Turbine eine Gasturbine in einer Gasturbine.

**[0029]** Mit der Turbinenrotorschaukel, die die obige Ausgestaltung aufweist, kann ein Verlust (Zwischenraumverlust) aufgrund der Leckströmung durch den Zwischenraum zwischen der äußeren Fläche der Turbinenrotorschaukel und der inneren Wandfläche des Gehäuses reduziert werden, und somit kann eine Effizienz der Gasturbine, bei welcher die Turbinenrotorschaukel angewendet ist, verbessert werden.

**[0030]** Eine Gasturbine gemäß mindestens der vorliegenden Erfindung weist die Merkmale des Patentanspruches 9 auf und besitzt demnach eine Turbine mit einer Rotorwelle, die die erfindungsgemäße Turbinenrotorschaukel an der Rotorwelle in einer Umfangsrichtung montiert aufweist, und ein Turbinengehäuse, das die Rotorwelle aufnimmt, eine Brennkammer, die im Inneren des Turbinengehäuses ausgebildet ist, um Verbrennungsgas einem Verbrennungsgasdurchgang zuzuführen, der die Turbinenrotorschaukel aufnimmt, und einen Kompressor, der ausgestaltet ist, um durch die Turbine angetrieben zu werden und um komprimierte Luft, die der Brennkammer zuzuführen ist, zu erzeugen.

**[0031]** Mit der obigen Ausgestaltung ist die Gasturbine mit der Turbinenrotorschaukel versehen, und somit kann die Effizienz der Gasturbine verbessert sein.

**[0032]** Gemäß der vorliegenden Erfindung, kann ein hoher Kontraktionsströmungseffekt, der durch eine an einer Turbinenrotorschaukel angeordneten Anstreifrippe erzielt wird, beibehalten werden. Somit kann die Menge einer Leckströmung an dem Zwischenraum zwischen der äußeren Fläche der Turbinenrotorschaukel und der inneren Wandfläche des Gehäuses reduziert werden und ein Verlust (Zwischenraumverlust) aufgrund der Leckströmung verringert werden.

**Fig. 1** ist ein schematisches Ausgestaltungsdiagramm einer Gasturbine gemäß einiger Ausführungsformen.

**Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht einer Turbinenrotorschaukel gemäß einiger Ausführungsformen.

**Fig. 3** ist eine Ansicht der Turbinenrotorschaukel, die in **Fig. 2** dargestellt ist, aus der Richtung der Pfeile X betrachtet.

**Fig. 4A** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einer Ausführungsform.

**Fig. 4B** ist eine Schnittansicht eines nicht-erfindungsgemäßen modifizierten Beispiels aus **Fig. 4A**.

**Fig. 4C** ist eine Schnittansicht eines anderen nicht-erfindungsgemäßen modifizierten Beispiels aus **Fig. 4A**.

**Fig. 5A** ist ein Diagramm, das eine Größe eines Zwischenraums in der Querrichtung einer Anstreifrippe für die Turbinenrotorschaukel, die in **Fig. 4A** gezeigt ist, darstellt.

**Fig. 5B** ist ein Diagramm, das eine Größe eines Zwischenraums in der Querrichtung einer Anstreifrippe für die Turbinenrotorschaukel, die in **Fig. 4B** gezeigt ist, darstellt.

**Fig. 6** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einem anderen nicht-erfindungsgemäßen Beispiel.

**Fig. 7A** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einer anderen Ausführungsform.

**Fig. 7B** ist eine Schnittansicht eines modifizierten Beispiels aus **Fig. 7A**.

**Fig. 7C** ist eine Schnittansicht eines anderen nicht-erfindungsgemäßen modifizierten Beispiels aus **Fig. 7A**.

**Fig. 8** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einem anderen nicht-erfindungsgemäßen Beispiel.

**Fig. 9A** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel und ihrer Struktur gemäß einem anderen nicht-erfindungsgemäßen Beispiel.

**Fig. 9B** ist eine Schnittansicht eines modifizierten Beispiels aus **Fig. 9A**.

**[0033]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und nichterfindungsgemäße Beispiele werden

jetzt mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen im Detail beschrieben.

**[0034]** Zuerst wird mit Bezug auf **Fig. 1** eine Gasturbine 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. **Fig. 1** ist ein schematisches Ausgestaltungsdiagramm einer Gasturbine 1 gemäß einiger Ausführungsformen.

**[0035]** Wie in **Fig. 1** gezeigt umfasst die Gasturbine 1 gemäß einiger Ausführungsformen einen Kompressor 2 zum Erzeugen von komprimierter Luft, eine Brennkammer 4 zum Erzeugen von Verbrennungsgas aus der komprimierten Luft und Brennstoff, und eine Turbine 6, die ausgestaltet ist, um durch das Verbrennungsgas drehend angetrieben zu werden, um sich zu drehen. In einem Fall, wo die Gasturbine 1 zur Energieerzeugung verwendet wird, ist ein Generator (nicht dargestellt) mit der Turbine 6 so verbunden, dass Rotationsenergie der Turbine 6 elektrische Energie erzeugt.

**[0036]** Das Ausgestaltungsbeispiel jeder Komponente in der Gasturbine 1 wird speziell beschrieben.

**[0037]** Der Kompressor 2 umfasst ein Kompressorgehäuse 10, einen Lufteinlass 12 zum Ansaugen von Luft, der an einer Einlassseite des Kompressorgehäuse 10 angeordnet ist, eine Rotorwelle 8, die so angeordnet ist, dass sie durch sowohl das Kompressorgehäuse 10 als auch durch ein Turbinengehäuse 22, das unten beschrieben wird, hindurchtritt, und eine Vielfalt von Schaufeln, die in dem Kompressorgehäuse 10 angeordnet sind. Die Vielfalt von Schaufeln umfasst eine Einlassführungsschaufel 14, die angrenzend an den Lufteinlass 12 angeordnet ist, eine Vielzahl von Kompressorleitschaufeln 16, die an dem Kompressorgehäuse 10 befestigt sind, und eine Vielzahl von Kompressorrotorschaukeln 18, die an der Rotorwelle 8 so eingesetzt sind, dass sie abwechselnd mit den Kompressorleitschaufeln 16 angeordnet sind. Der Kompressor 2 kann andere konstituierende Elemente, die in den Zeichnungen nicht dargestellt sind, wie eine Extraktionskammer, umfassen. Bei dem obigen Kompressor 2 strömt die von dem Lufteinlass 12 angesaugte Luft durch die Vielzahl von Kompressorleitschaufeln 16 und die Vielzahl von Kompressorrotorschaukeln 18 hindurch, um komprimiert zu werden, und wodurch komprimierte Luft erzeugt wird. Die komprimierte Luft wird von der letzten Stufe des Kompressors 2 der Brennkammer 4 zugeführt.

**[0038]** Die Brennkammer 4 ist in einem Gehäuse (Brennkammergehäuse) 20 angeordnet. Wie in **Fig. 1** gezeigt, kann eine Vielzahl von Brennkammern 4 in einer ringförmigen Form, die an der Rotorwelle 8 zentriert ist, im Inneren des Gehäuses 20 angeordnet sein. Der Brennkammer 4 wird Brenn-

stoff und die durch den Kompressor 2 erzeugte komprimierte Luft zugeführt, und die Brennkammer 4 verbrennt den Brennstoff, um Verbrennungsgas mit hohem Druck und hoher Temperatur zu erzeugen, das als ein Arbeitsfluid der Turbine 6 dient. Das Verbrennungsgas wird von der letzten Stufe der Brennkammer 4 der Turbine 6 zugeführt.

**[0039]** Die Turbine 6 umfasst ein Turbinengehäuse 22 und eine Vielfalt von Turbinenschaufeln, die im Inneren des Turbinengehäuses 22 angeordnet sind. Die Vielfalt von Turbinenschaufeln umfasst eine Vielzahl von Turbinenleitschaufeln 24, die an dem Turbinengehäuse 22 befestigt sind und eine Vielzahl von Turbinenrotorschaukeln 26, die an der Rotorwelle 8 so eingesetzt sind, dass sie abwechselnd mit den Turbinenleitschaufeln 24 angeordnet sind. Die Turbinenrotorschaukeln 26 sind ausgestaltet, um eine Dreh-Antriebskraft von dem Verbrennungsgas mit hoher Temperatur und hohem Druck, das durch das Turbinengehäuse 22 mit den Turbinenleitschaufeln 24 strömt, zu erzeugen. Die Dreh-Antriebskraft wird zu der Rotorwelle 8 übermittelt. Ein spezifisches Ausgestaltungsbeispiel der Turbinenrotorschaukeln 26 wird später beschrieben. Die Turbine 6 kann andere konstituierende Elemente, wie eine Auslassführungsschaufel und ähnliches umfassen. Bei der Turbine 6, die die obige Ausgestaltung aufweist, wird die Rotorwelle 8 angetrieben, um sich zu drehen, wenn Verbrennungsgas durch die Vielzahl von Turbinenleitschaufeln 24 und die Vielzahl von Turbinenrotorschaukeln 26 hindurchtritt. Auf diese Weise wird der mit der Rotorwelle 8 verbundene Generator angetrieben.

**[0040]** Eine Abgaskammer 29 ist mit der stromabwärtigen Seite des Turbinengehäuses 22 über ein Abgasgehäuse 28 verbunden. Das Verbrennungsgas, das die Turbine 6 angetrieben hat, tritt durch das Abgasgehäuse 28 und die Abgaskammer 29 hindurch, bevor es zu einer Außenseite ausgetragen wird.

**[0041]** Mit Bezug auf **Fig. 2** und **Fig. 3** wird ein Ausgestaltungsbeispiel der Turbinenrotorschaukeln 26 beschrieben. **Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht einer Turbinenrotorschaukel 26 gemäß einiger Ausführungsformen. **Fig. 3** ist eine Ansicht der in **Fig. 2** gezeigten Turbinenrotorschaukel 26 aus der Richtung der Pfeile X betrachtet.

**[0042]** **Fig. 2** zeigt eine von einer Vielzahl von für die Turbine 6 vorgesehenen Turbinenrotorschaukeln 26 gemäß einer Ausführungsform (siehe **Fig. 1**), die in regelmäßigen Intervallen in der Umfangsrichtung entlang einer äußeren Umfangsfläche der Rotorwelle 8 (siehe **Fig. 1**) angeordnet sind. Die Turbinenrotorschaukel 26 ist so angeordnet, dass sie sich in der radialen Richtung von der Seite der Rotorwelle 8 nach außen erstreckt. Bei der vorliegenden Ausführungsform

bezieht sich nach außen in der radialen Richtung auf eine Richtung von der an der Rotationsachse der Rotorwelle 8 zentrierten Innenseite (der Seite der Rotorwelle 8) in Richtung der Außenseite (der Seite des Gehäuses 22) in der radialen Richtung der Turbine 6. Bei der vorliegenden Ausführung ist die Turbinenrotorschaukel 26 eine freistehende Schaufel, die keine Abdeckung („shroud“) aufweist. Die Turbinenrotorschaukel 26 ist an einer Plattform 37 errichtet. Die Plattform 37 hat einen Fußabschnitt (an der entgegengesetzten Seite von der Turbinenrotorschaukel 26 jenseits der Plattform 37) der einen Eingriffsabschnitt 38 aufweist, um an der Rotorwelle 8 befestigt zu werden.

**[0043]** Bei einer Ausführungsform umfasst die Turbinenrotorschaukel 26 einen Strömungsprofilabschnitt 30, der ein Strömungsprofil aufweist, und eine Anstreifrippe 40, die an einem äußeren Ende der Turbinenrotorschaukel 26 angeordnet ist. Ein äußeres Ende ist hier ein Endabschnitt der Turbinenrotorschaukel 26, das an der äußeren Seite in der radialen Richtung abgeordnet ist.

**[0044]** Der Strömungsprofilabschnitt 30 umfasst eine Druckfläche 31, entlang welcher Verbrennungsgas mit einem relativ hohen Druck strömt, eine Saugfläche 32, entlang welcher Verbrennungsgas mit einem niedrigeren Druck, als das entlang der Druckfläche 31, strömt, einen vorderen Rand 33, und einen hinteren Rand 34. In der Richtung einer Strömung des Verbrennungsgases, das hauptsächlich Arbeit an der Turbinenrotorschaukel 26 (im Folgenden als ein Hauptstrom bezeichnet) verrichtet, ist der vordere Rand 33 ein stromaufwärtiger Endabschnitt des Strömungsprofilabschnitts 30 und der hintere Rand 34 ist ein stromabwärtiger Endabschnitt des Strömungsprofilabschnitts 30.

**[0045]** Eine äußere Fläche 35 ist an einem Endabschnitt der Turbinenrotorschaukel 26 an der äußeren Seite in der radialen Richtung ausgebildet, wobei die äußere Fläche 35 der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 zugewandt ist. Die äußere Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 umfasst einen Abschnitt, der durch den Strömungsprofilabschnitt 30 und einen Abschnitt, der durch die Anstreifrippe 40 gebildet ist, gebildet ist. Ferner umfasst die äußere Fläche 35 einen Bereich, der entweder der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 parallel oder in einem Winkel zugewandt ist.

**[0046]** Hinsichtlich der Anstreifrippe 40 ist mindestens eine Anstreifrippe 40 an der Turbinenrotorschaukel 26 so angeordnet, dass sie sich von dem vorderen Rand 33 zu dem hinteren Rand 34 an der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 erstreckt. Insbesondere ist die Anstreifrippe 40 ein zaunförmiger Vorsprung, der sich in der radialen Richtung an dem äußeren Ende der Turbinenrotor-

schaufel 26 nach außen erstreckt. Bei dem in **Fig. 2** gezeigten Beispiel ist eine Anstreifrippe 40 kontinuierlich über den gesamten Umfang des Strömungsprofilabschnitts 30 so angeordnet, dass sie sich entlang des äußeren Umfangs des Strömungsprofilabschnitts 30 erstreckt. Nichtsdestotrotz ist die Ausgestaltung der Anstreifrippe 40 nicht auf die Anordnung über den gesamten Umfang des Strömungsprofilabschnitts 30 begrenzt. Die Anstreifrippe 40 kann an einem Abschnitt nicht entlang des äußeren Umfangs des Strömungsprofilabschnitts 30 angeordnet sein. Alternativ können eine oder zwei oder mehr Anstreifrippen 40 teilweise entlang des äußeren Umfangs des Strömungsprofilabschnitts 30 angeordnet sein. Beispielsweise kann eine Anstreifrippe 40 entlang der Druckfläche 31 und der Saugfläche 32 angeordnet sein, oder es kann nur eine Anstreifrippe 40 an entweder der Druckfläche 31 oder der Saugfläche 32 angeordnet sein. Alternativ kann eine Anstreifrippe 40 kontinuierlich über den gesamten Umfang des Strömungsprofilabschnitts 30 mit einer anderen Anstreifrippe 40, die ferner jenseits der Mitte des Strömungsprofilabschnitts 30 vorgesehen ist, angeordnet sein.

**[0047]** Darüber hinaus kann sich die Seitenfläche der Anstreifrippe 40 in der axialen Richtung des Strömungsprofilabschnitts 30 erstrecken. Insbesondere in einem Fall, wo die Anstreifrippe 40 entlang der Druckfläche 31 und der Saugfläche 32 des Strömungsprofilabschnitts 30 vorgesehen ist, sind Seitenflächen an dem äußeren Umfang der Anstreifrippe 40 ausgebildet, um mit der Druckfläche 31 und der Saugfläche 32 bündig zu sein.

**[0048]** An dem äußeren Ende der Turbinenrotorschaukel 26, die die obige Ausgestaltung aufweist, wird normalerweise ein Leckstrom 102 erzeugt (siehe **Fig. 2**), welcher ein Teil eines Hauptstroms ist, der von der Seite der Druckfläche 31 zu der Seite der Saugfläche 32 durch einen Zwischenraum (Spalt) 100 zwischen der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 und der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 aufgrund einer Druckdifferenz zwischen der Druckfläche 31 und der Saugfläche 32 hindurch leckt bzw. hindurchtritt. Vorsehen der Anstreifrippe 40, die die obige Ausgestaltung aufweist, reduziert den Zwischenraum 100 zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22, somit wird ein Strömungswegwiderstand in dem Bereich des Zwischenraums 100 erhöht und der Kontraktionsströmungseffekt reduziert die Menge einer Leckströmung durch den Zwischenraum 100.

**[0049]** Bei einigen Ausführungsformen und bei nicht-erfindungsgemäßen Beispielen weist die Turbinenrotorschaukel 26 ferner eine Ausgestaltung auf, die in jeder der **Fig. 4 bis Fig. 9** gezeigt ist, um sicher-

zustellen, dass ein hoher Kontraktionsströmungseffekt durch die Anstreifrippe 40 erzielt wird. **Fig. 4A bis Fig. 4C, Fig. 6, Fig. 7A bis Fig. 7C, Fig. 8 und Fig. 9A und Fig. 9B** sind jeweils eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel 26 und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einer Ausführungsform oder einem nicht-erfindungsgemäßen Beispiel. Jeder Querschnitt entspricht einem Querschnitt der in **Fig. 2** dargestellten Turbinenrotorschaukel 26 entlang einer Linie Y-Y.

**[0050]** In **Fig. 4 bis Fig. 9** ist dieselbe Komponente mit demselben Bezugszeichen bezeichnet. Nichtsdestotrotz wird, wenn dieselbe Komponente teilweise unterschiedliche Strukturen zwischen unterschiedlichen Ausführungsformen und Beispielen aufweist, der Unterschied für jede Ausführungsform und jedes Beispiel später beschrieben.

**[0051]** Als eine gemeinsame Ausgestaltung, die durch die jeweiligen Ausführungsformen und Beispiele, die in **Fig. 4 bis Fig. 8** dargestellt sind, geteilt wird, umfasst die Anstreifrippe 40 der oben beschriebenen Turbinenrotorschaukel 26 eine erste Anstreifrippe 42, die an der Seite der Druckfläche 31 angeordnet ist, und eine zweite Anstreifrippe 44, die an der Seite der Saugfläche 32 in einem Abstand von der ersten Anstreifrippe 42 angeordnet ist. Das in **Fig. 9** gezeigte Beispiel wird später im Detail beschrieben.

**[0052]** Im Folgenden wird, wenn mindestens eine der ersten Anstreifrippe 42 oder der zweiten Anstreifrippe 44 beschreiben wird, sie als eine Anstreifrippe 40 (42,44) bezeichnet. Die Anstreifrippe 40 (42,44) hat eine Kante 43,45, die sich kontinuierlich in der Erstreckungsrichtung der Anstreifrippe 40 (42,44) erstreckt. An der Kante 43,45, erreicht der Zwischenraum 100 zwischen der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 und der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 seinen lokalen Minimalwert, und ist größer als der lokale Minimalwert an beiden Seiten der Kante 43,45, in der Querrichtung der Anstreifrippe 40 (42,44) (im Folgenden einfach als die Querrichtung bezeichnet). Es sollte bemerkt werden, dass die Anstreifrippe 40 (42,44) nicht die obige Ausgestaltung aufweisen kann, wenn zum Beispiel die Anstreifrippe 40 (42,44) die Kante 43,45 wie die in **Fig. 4A** dargestellte zweite Anstreifrippe 44 oder die in **Fig. 4B und Fig. 4C** dargestellte Anstreifrippe 42 nicht aufweist.

**[0053]** Die Turbinenrotorschaukel 26 gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst ebenfalls eine Ausgestaltung, in welcher eine Seitenfläche an dem äußeren Umfang der Anstreifrippe 42,44 mit der Druckfläche 31 oder der Saugfläche 32 bündig ist und die Kante 43, 44 in einem Fall, in dem kein Zwischenraum 100 an der äußeren Umfangsseite der Kante 43,45 in der Querrichtung vorhanden ist, an der Seitenfläche an dem äußeren Umfang der

Anstreifrippe 42,44 angeordnet ist. Beispielsweise ist in **Fig. 4B** die Seitenfläche an dem äußeren Umfang der zweiten Anstreifrippe 44 bündig mit der Saugfläche 32, und die Kante 45 der zweiten Anstreifrippe 44 ist an der Seitenfläche an der äußeren Umfangsseite angeordnet. In diesem Fall gibt es keinen Zwischenraum 100 an der äußeren Umfangsseite (rechte Seite in der Zeichnung) der Kante 45, aber die Turbinenrotorschaukel 26 der vorliegenden Ausführungsform umfasst auch die Ausgestaltung in diesem Fall.

**[0054]** Gemäß der obigen Ausführungsform ist die Anstreifrippe 40 (42,44) so ausgestaltet, dass der Zwischenraum 100 zwischen der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 und der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 seinen lokalen Minimalwert an der Kante 43,45, die sich in der Erstreckungsrichtung der Anstreifrippe 40 (42,44) erstreckt, erreicht. Dementsprechend reduziert, wenn eine Fluidströmung durch den Zwischenraum 100 zwischen der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 und der Kante 43,45 der Anstreifrippe 40 (42, 44) strömt, der Kontraktionsströmungseffekt die effektive Strömungswegfläche, wodurch die Menge eines Leckstroms und ein Druckverlust aufgrund des Leckstroms 102 (siehe **Fig. 3**) reduziert werden können. Somit kann ein Verlust aufgrund des Leckstroms 102 (Zwischenraumverlust) reduziert werden.

**[0055]** Darüber hinaus ist die Anstreifrippe 40 (42,44) so ausgestaltet, dass der Zwischenraum 100 zwischen der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 und der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 größer ist als der lokale Minimalwert an beiden Seiten der Kante 43,45. Die Anstreifrippe 40 (42,44) hat also keine flache Fläche, die den Zwischenraum 100 des lokalen Minimums zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 an beiden Seiten der Kante 43, 44 der Anstreifrippe 40 (42,44) bildet. Dementsprechend gibt es keine flache Fläche, die den Zwischenraum 100 des lokalen Minimums an der stromabwärtigen Seite der Kante 43,45 bildet, und dadurch kann ein Wiederanhaften einer Strömung eines Fluids an der Anstreifrippe 40 (42,44) vermieden werden, wenn die Strömung des Fluides sich von der Anstreifrippe 40 (42,44) trennt und durch die Kante 43,45 hindurchtritt. Somit kann eine Verringerung des Kontraktionsströmungseffekts der Anstreifrippe 40 (42,44) aufgrund von Wiederanhaften einer Strömung vermieden werden und somit ein Verlust aufgrund des Leckstroms 102 (Zwischenraumverlust) noch weiter reduziert werden. Die stromabwärtige Seite ist hierin die stromabwärtige Seite hinsichtlich einer Strömungsrichtung eines Gases, das durch den Spalt zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 (Richtung einer Leckströmung) hindurchtritt.

**[0056]** Beispielsweise wird, wenn die Anstreifrippe 40 (42,44) eine flache Fläche aufweist, die den Zwischenraum 100 des lokalen Minimums bildet, das sich in der Querrichtung erstreckt, obwohl eine Fluidströmung eine Geschwindigkeitskomponente in die radiale Richtung nach außen gerichtet aufweist, wenn sie in den Zwischenraum 100 eintritt, die Fluidströmung an die flache Fläche der Anstreifrippe 40 (42,44), die es in der Nähe gibt, angezogen, wenn sie durch den Zwischenraum 100 hindurch tritt, und strömt parallel zu der flachen Fläche, was zu einer Reduktion der Geschwindigkeitskomponente, die in der radialen Richtung nach außen gerichtet ist, führt. Dementsprechend wird der Kontraktionsströmungseffekt, der durch die Anstreifrippe 40 (42, 44) erzielt wird, verschlechtert.

**[0057]** In dieser Hinsicht gibt es mit der obigen Ausgestaltung keine flache Fläche, die den Zwischenraum 100 des lokalen Minimums bildet, die sich in der Querrichtung an beiden Seiten der Kante 43,45 erstreckt, und somit wird die Fluidströmung nicht zu solch einer flachen Fläche angezogen, um ihre Geschwindigkeitskomponente, die in der radialen Richtung nach außen gerichtet ist, zu verlieren, wodurch ein hoher Kontraktionsströmungseffekt, der durch die Anstreifrippe 40 (42,44) erzielt wird, beibehalten werden kann.

**[0058]** Da die erste Anstreifrippe 42 und die zweite Anstreifrippe 44 jeweils an den Seiten der Druckfläche 31 und der Saugfläche 32 angeordnet sind, verbessert sich darüber hinaus der Effekt des Reduzierens der Menge des Leckstroms. Zudem kann, da die Anstreifrippe 40 (42,44) die Kante 43,45 aufweist, ein bemerkenswerter Effekt des Reduzierens der Menge des Leckstroms erzielt werden.

**[0059]** Bei einigen Ausführungsformen hat die Anstreifrippe 40 (42, 44) eine verengende Fläche 53,57, die zwischen dem druckflächenseitigen Rand 51,55 an der Seite der Druckfläche 31 und der Kante 43,45, die näher an der Saugfläche 32 als der druckflächenseitige Rand 51,55 angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die verengende Fläche 53,57 den Zwischenraum 100 von dem druckflächenseitigen Rand 51,55 zu der Kante 43,45 monoton reduziert.

**[0060]** Insbesondere hat die Anstreifrippe 40 (42,44) den druckflächenseitigen Rand 51,55 an der Seite näher zu der Druckfläche 31 als die Kante 43,45 hinsichtlich der Querrichtung. Beispielsweise ist der druckflächenseitige Rand 51 der ersten Anstreifrippe 42 ein Randabschnitt (Eckabschnitt) an der Grenze zwischen der äußeren Fläche 35 und der Seitenfläche an dem äußeren Umfang der ersten Anstreifrippe 42. In diesem Fall ist die Seitenfläche an dem äußeren Umfang der ersten Anstreifrippe 42 bündig mit der Druckfläche 31 des Strömungsprofilabschnitts 30. Darüber hinaus ist der druckflächensei-

tige Rand 55 der zweiten Anstreifrippe 44 ein Randabschnitt (Eckabschnitt) an der Grenze zwischen der äußeren Fläche 35 und der Seitenfläche an dem inneren Umfang der zweiten Anstreifrippe 44. Es sollte bemerkt werden, dass die Ausgestaltung des druckflächenseitigen Rands 51,55 nicht auf einen begrenzt ist, der an einer Seitenfläche der Anstreifrippe 40 (42,44) angeordnet ist.

**[0061]** Darüber hinaus hat die Anstreifrippe 40 (42,44) die verengende Fläche 53,57, die den Zwischenraum 100 zwischen der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 und der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 von dem druckflächenseitigen Rand 51,55 zu der Kante 43,45 monoton reduziert. Beispielsweise kann die verengende Fläche 53,57 eine geneigte Fläche sein, die wie in den Zeichnungen dargestellt einen linearen Querschnitt aufweist oder, obwohl nicht gezeigt, eine gebogene Fläche, die einen Querschnitt mit einer Krümmung aufweist (gebogene Fläche, die nach außen oder nach innen in der radialen Richtung gewölbt ist).

**[0062]** Dementsprechend kann mit der verengenden Fläche 53,57 der Zwischenraum 100 von dem druckflächenseitigen Rand 51,55 zu der Kante 43,45 monoton verringert werden, eine Fluidströmung, die in der radialen Richtung entlang der verengenden Fläche 53,57 nach außen strömt, ausgebildet werden und der Kontraktionsströmungseffekt verbessert werden.

**[0063]** Bei einigen Beispielen hat die Anstreifrippe 40, welche mindestens eine der ersten Anstreifrippe 42 oder der zweiten Anstreifrippe 44 ist, eine abfallende Fläche 54, die zwischen einem saugflächenseitigen Rand 52, 56 an der Seite der Saugfläche 32 und der Kante 43,45, die näher an der Druckfläche 31 als der saugflächenseitige Rand 52, 56 angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die abfallende Fläche 54 den Zwischenraum 100 von der Kante 43,45 zu dem saugflächenseitigen Rand 52, 56 monoton vergrößert.

**[0064]** In diesem Fall erstreckt sich die abfallende Fläche 54, die den Zwischenraum 100 zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 zu dem saugflächenseitigen Rand 52, 56 monoton vergrößert, von der Kante 43,45 zu dem saugflächenseitigen Rand 52, 56, und dadurch tritt Wiederanhafte einer Fluidströmung, die an der Kante 43,45 getrennt wird, an die abfallenden Fläche 54 noch weniger wahrscheinlich auf. Somit kann eine Verringerung des Kontraktionsströmungseffekts der Anstreifrippe 40 (42,44) aufgrund von Wiederanhafte einer Strömung effizient vermieden werden.

**[0065]** Insbesondere hat die Anstreifrippe 40 (42,44) den saugflächenseitigen Rand 52, 56 an den Seiten

näher an der Saugfläche 32 als die Kante 43,45, hinsichtlich der Querrichtung. Beispielsweise ist der saugflächenseitige Rand 52 der ersten Anstreifrippe 42 ein Randabschnitt (Eckabschnitt) an der Grenze zwischen der äußeren Fläche 35 und der Seitenfläche an dem inneren Umfang der ersten Anstreifrippe 42. Darüber hinaus ist der saugflächenseitige Rand 56 der zweiten Anstreifrippe 44 ein Randabschnitt (Eckabschnitt) an der Grenze zwischen der äußeren Fläche 35 und der Seitenfläche an dem äußeren Umfang der zweiten Anstreifrippe 44. In diesem Fall ist die Seitenfläche an dem äußeren Umfang der zweiten Anstreifrippe 44 bündig mit der Saugfläche 32 des Flügelprofilabschnitts 30. Es sollte bemerkt werden, dass die Ausgestaltung des saugflächenseitigen Rands 52, 56 nicht auf den einen, der an der Seitenfläche der Anstreifrippe 40 (42,44) angeordnet ist, begrenzt ist.

**[0066]** Darüber hinaus hat die Anstreifrippe 40 (42,44) die abfallende Fläche 54, die den Zwischenraum 100 zwischen der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 und der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 von dem saugflächenseitigen Rand 52, 56 zu der Kante 43,45 monoton vergrößert. Beispielsweise kann die abfallende Fläche 54 eine geneigte Fläche mit einem linearen Querschnitt, wie in den Zeichnungen dargestellt, sein, oder, obwohl nicht gezeigt, eine gebogene Fläche mit einem Querschnitt mit einer Krümmung (gebogene Fläche, die in der radialen Richtung nach außen oder nach innen gewölbt ist) sein. Während die erste Anstreifrippe 42 die abfallende Fläche 54 in den in **Fig. 6** und **Fig. 8** dargestellten Beispielen aufweist, kann die zweite Anstreifrippe 44 eine abfallende Fläche aufweisen.

**[0067]** Die obige Turbinenrotorschaukel 26 kann ferner die folgende Ausgestaltung aufweisen. Bei einer Ausführungsform verläuft, in einer Draufsicht auf die äußere Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26, die Normale von mindestens einem Teil (mindestens einem Teilbereich entlang der Erstreckungsrichtung der Anstreifrippe) der verengenden Fläche 53,57, oder von der abfallenden Fläche 54 der Anstreifrippe 40 (42,44) entlang der Leckströmung 102.

**[0068]** Dementsprechend ist die verengende Fläche 53,57 oder die abfallende Fläche 54 direkt der Leckströmung 102, die zu der Anstreifrippe 40 (42,44) strömt, zugewandt, und dadurch kann die Menge der Leckströmung effizient mit der verengenden Fläche 53,57 oder der abfallenden Fläche 54 reduziert werden.

**[0069]** Bei einer anderen Ausführungsform liegt, in einer Draufsicht auf die äußere Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26, die Normale von mindestens einem Teil der verengenden Fläche 53,57, oder der abfallenden Fläche 54 der Anstreifrippe 40 (42,44) in

derselben Richtung ungeachtet der Position in der Erstreckungsrichtung der Anstreifrippe.

**[0070]** In diesem Fall kann die verengende Fläche 53,57 oder die abfallende Fläche 54 der Anstreifrippe 40 (42,44) leicht hergestellt werden.

**[0071]** Darüber hinaus kann bei einer Ausführungsform die äußere Fläche der Anstreifrippe 40 (42,44) mit einer Wärmedämmschicht (TBC) behandelt sein. In diesem Fall kann TBC an der gesamten äußeren Fläche der Anstreifrippe 40 (42, 44) oder an einem Teil der äußeren Fläche der Anstreifrippe 40 (42,44), wie der verengenden Fläche 53,57 oder der abfallenden Fläche 54 angewendet sein.

**[0072]** Jede bzw. jedes der in **Fig. 4** bis **Fig. 8** gezeigten Ausführungsformen und Beispiele wird unten beschrieben.

**[0073]** **Fig. 4A** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes der Turbinenrotorschaukel 26 und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einer Ausführungsform. **Fig. 4B** ist eine Schnittansicht eines nicht-erfindungsgemäßen modifizierten Beispiels von **Fig. 4A**.

**[0074]** **Fig. 4C** ist eine Schnittansicht eines anderen nicht-erfindungsgemäßen modifizierten Beispiels von **Fig. 4A**. **Fig. 5A** ist ein Diagramm, das eine Größe eines Zwischenraums in der Querrichtung der Anstreifrippe 40 (42,44) für die in **Fig. 4A** gezeigte Turbinenrotorschaukel 26 darstellt. **Fig. 5B** ist ein Diagramm, das eine Größe eines Zwischenraums in der Querrichtung der Anstreifrippe 40 (42,44) für die in **Fig. 4B** gezeigte Turbinenrotorschaukel 26 darstellt.

**[0075]** Bei der in **Fig. 4A** gezeigten Ausführungsform hat die erste Anstreifrippe 42 eine verengende Fläche 53, die zwischen dem druckflächenseitigen Rand 51 an der Seite der Druckfläche 31 angeordnet ist, und die Kante 43, die näher an der Saugfläche 32 als der druckflächenseitige Rand 51 angeordnet ist, wobei die verengende Fläche 57 den Zwischenraum 100 von dem druckflächenseitigen Rand 51 zu der Kante 43 monoton verringert. Bei dem dargestellten Beispiel fällt der saugflächenseitige Rand 52 der ersten Anstreifrippe 42 mit der Kante 43 zusammen. Die zweite Anstreifrippe 44 hat weder eine Kante noch eine verengende Fläche.

**[0076]** Gemäß dieser Ausführungsform kann der Kontraktionsströmungseffekt an der ersten Anstreifrippe 42 und der zweiten Anstreifrippe 44 erzielt werden, sowie eine Fluidströmung ausgebildet werden, die in der radialen Richtung entlang der verengenden Fläche 53 dank der ersten Anstreifrippe 42, mit der verengende Fläche 53 nach außen strömt, wodurch der Kontraktionsströmungseffekt verbessert werden kann.

**[0077]** Bei dem in **Fig. 4B** gezeigten Beispiel hat die zweite Anstreifrippe 44 eine verengende Fläche 57, die zwischen dem druckflächenseitigen Rand 55 an der Seite der Druckfläche 31 angeordnet ist, und die Kante 45, die näher an der Saugfläche 32 als der druckflächenseitige Rand 55 angeordnet ist, wobei die verengende Fläche 57 den Zwischenraum 100 von dem druckflächenseitigen Rand 55 zu der Kante 45 monoton verringert. Bei dem dargestellten Beispiel fällt der saugflächenseitige Rand 56 der zweiten Anstreifrippe 44 mit der Kante 45 zusammen. Die erste Anstreifrippe 42 hat weder eine Kante noch eine verengende Fläche.

**[0078]** Gemäß diesem Beispiel kann der Kontraktionsströmungseffekt an der ersten Anstreifrippe 42 und der zweiten Anstreifrippe 44 erzielt werden, sowie eine Fluidströmung ausgebildet werden, die in der radialen Richtung entlang der verengenden Fläche 57 dank der zweiten Anstreifrippe 44 mit der verengenden Fläche 57 nach außen strömt, wodurch der Kontraktionsströmungseffekt verbessert werden kann.

**[0079]** Bei dem in **Fig. 4C** dargestellten Beispiel hat die zweite Anstreifrippe 44 eine verengende Fläche 57, die zwischen dem druckflächenseitigen Rand 55 an der Seite der Druckfläche 31 angeordnet ist und die Kante 45, die näher an der Saugfläche 32 als der druckflächenseitige Rand 55 angeordnet ist, wobei die verengende Fläche 53 den Zwischenraum 100 von dem druckflächenseitigen Rand 55 zu der Kante 45 monoton verringert. Darüber hinaus hat die zweite Anstreifrippe 44 einen Randabschnitt, welcher die Kante 45 umfasst, und welcher angefast ist. Darüber hinaus kann ein anderer Randabschnitt der zweiten Anstreifrippe 44, der die Kante 45 nicht umfasst, ebenfalls angefast sein, und die Randaabschnitte der ersten Anstreifrippe 42 können ebenfalls angefast sein.

**[0080]** Dementsprechend kann eine Oxidationsausdünnung der Randabschnitte der ersten Anstreifrippe 42 oder der zweiten Anstreifrippe 44 reduziert werden, und die Haltbarkeit der Turbinenrotorschaukel 26 verbessert werden.

**[0081]** Die in **Fig. 5A** und **Fig. 5B** gezeigten Graphen zeigen eine Größe des Zwischenraums in der Querrichtung der Anstreifrippe 40 (42,44), angenommen, dass die null Position die Position der Druckfläche 31 ist insbesondere die Position des druckflächenseitigen Rands 51 der ersten Anstreifrippe 42, x1 die Position des saugflächenseitigen Rands 52 der ersten Anstreifrippe 42 ist, x2 die Position des druckflächenseitigen Rands 55 der zweiten Anstreifrippe 44 ist, und x3 die Position des saugflächenseitigen Rands 56 der zweiten Anstreifrippe 44 ist.

**[0082]** Fig. 5A zeigt die Größe des Zwischenraums für die Turbinenrotorschaukel 26 mit der Kante 43 an dem saugflächenseitigen Rand 52 der ersten Anstreifrippe 42 (siehe Fig. 4A), und die Größe des Zwischenraums zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 ist der lokale Minimalwert  $C_{lm}$  an der Position  $x_1$  der Kante 43. Fig. 5B zeigt die Größe des Zwischenraums für die Turbinenrotorschaukel 26 mit der Kante 45 an dem saugflächenseitigen Rand 56 der zweiten Anstreifrippe 44 (siehe Fig. 4B), und die Größe des Zwischenraums zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 ist der lokale Minimalwert  $C_{lm}$  an der Position  $x_3$  der Kante 45.  $C_1$  ist die Größe des Zwischenraums an der entferntesten Position von der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 in dem Bereich der verengenden Fläche 53,57 mit der Kante 43,45.

**[0083]** Bei der vorliegenden Beschreibung ist der lokale Minimalwert  $C_{lm}$  die Größe des Zwischenraums  $C(x_1)$ , wenn die Größe des Zwischenraums  $C(x_1)$  an der Position  $x_1$  (oder  $x_3$ ) und die Größe des Zwischenraums  $C(x)$  an einer Position in der Nähe der Position  $x_1$  (oder  $x_3$ ) eine Beziehung  $C(x) > C(x_1)$  erfüllen. Somit hat, wie zum Beispiel in Fig. 7C dargestellt, selbst wenn die Größe des Zwischenraums an der Position der Kante 43 der ersten Anstreifrippe 42 größer ist als die Größe des Zwischenraums an der Position der Kante 45 der zweiten Anstreifrippe 44, der Zwischenraum 100 den oben definierten lokalen Minimalwert an jeder der Positionen der Kanten 43,45, und somit kann der Kontraktionsströmungseffekt an beiden der Kanten 43,45 verbessert werden.

**[0084]** Fig. 6 ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einem anderen nicht-erfindungsgemäßen Beispiel.

**[0085]** Bei dem in Fig. 6 gezeigten Beispiel hat die erste Anstreifrippe 42 eine abfallende Fläche 54, die zwischen dem saugflächenseitigen Rand 52 an der Seite der Saugfläche 32 angeordnet ist und die Kante 43, die näher an der Druckfläche 31 als der saugflächenseitige Rand 52 angeordnet ist, wobei die abfallende Fläche 54 den Zwischenraum 100 von der Kante 43 zu dem saugflächenseitigen Rand 52 monoton vergrößert. Die zweite Anstreifrippe 44 hat weder eine Kante noch eine verengende Fläche.

**[0086]** Gemäß diesem Beispiel kann der Kontraktionsströmungseffekt an der ersten Anstreifrippe 42 und der zweiten Anstreifrippe 44 erzielt werden, und die erste Anstreifrippe 42 hat die abfallende Fläche 54, was das Risiko von Wiederanhaften einer Fluidströmung, die an der Kante 43 der abfallenden Flä-

che 54 getrennt wird, weiter reduziert. Somit kann eine Verringerung des Kontraktionsströmungseffekts aufgrund von Wiederanhaften einer Strömung effektiv vermieden werden.

**[0087]** Bei den in Fig. 7A bis Fig. 7C gezeigten Ausführungsformen und Beispiel haben die erste Anstreifrippe 42 und die zweite Anstreifrippe 44 jeweils verengende Flächen 53,57, die zwischen den druckflächenseitigen Rändern 51,55 an der Seite der Druckfläche 31 und den Kanten 43,45, die näher an der Saugfläche 32 als die druckflächenseitigen Ränder 51,55 angeordnet sind, angeordnet sind, wobei die verengenden Flächen 53,57 den Zwischenraum 100 von den druckflächenseitigen Rändern 51,55 zu den Kanten 43,45 monoton verringern.

**[0088]** Gemäß den obigen Ausführungsformen und dem Beispiel wird der Kontraktionsströmungseffekt durch die erste Anstreifrippe 42 erzielt. Die erste Kontraktionsströmung entlang der verengenden Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 diffundiert an der stromabwärtigen Seite der Kante 43 der ersten Anstreifrippe 42, aber mindestens ein Teil der diffundierten Strömung wird durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 abgefangen, und dadurch wird der zweite Kontraktionsströmungseffekt durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 erzielt. Dementsprechend kann die Menge einer Leckströmung mit der ersten Anstreifrippe 42 und der zweiten Anstreifrippe 44 effektiv reduziert werden.

**[0089]** Gemäß der in Fig. 7A gezeigten Ausführungsform ist die Größe des Zwischenraums in der Querrichtung der Anstreifrippe 40 an der Position der Kante 43 der ersten Anstreifrippe 42 und an der Position der Kante 45 der zweiten Anstreifrippe 44 dieselbe. Insbesondere ist die Größe des Zwischenraums der lokale Minimalwert  $C_{lm}$ .

**[0090]** Darüber hinaus wird der Winkel  $\theta_1$ , der durch die verengenden Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 mit der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 gebildet wird, derselbe wie der Winkel  $\theta_2$ , der durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 mit der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 gebildet wird.

**[0091]** In einem in Fig. 7B gezeigten modifizierten Beispiel ist die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 über einen größeren Bereich in der Schaufelhöhenrichtung der Turbinenrotorschaukel 26 angeordnet als die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42.

**[0092]** Dementsprechend kann die an der stromabwärtigen Seite der Kante 43 der ersten Anstreifrippe 42 diffundierte Strömung in einem größeren Bereich an der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreif-

rippe 44 abgefangen werden, wodurch der Kontraktionsströmungseffekt, der durch die zweite Anstreifrippe 44 erzielt wird, verbessert werden kann.

**[0093]** In diesem Fall kann die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 und die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 gegenüber der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 geneigt sein, und der Winkel  $\theta_2$ , der durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 mit der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 gebildet wird, kann größer sein als der Winkel  $\theta_1$ , der durch die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 mit der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 gebildet wird.

**[0094]** Dementsprechend hat, verglichen mit einem Fall, in welchem die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 und die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 gegenüber der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 in demselben Winkel geneigt sind, das Fluid, das entlang der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 strömt, eine stärkere Geschwindigkeitskomponente, die in der radialen Richtung nach außen gerichtet ist, wodurch der Kontraktionsströmungseffekt, der durch die zweite Anstreifrippe 44 erzielt wird, verbessert werden kann. An der zweiten Anstreifrippe 44, die näher an der Saugfläche 32 angeordnet ist, ist die Temperatur aufgrund eines Mischens von Verbrennungsgas mit hoher Temperatur und Kühlluft geringer, und somit ist das Risiko der Oxidationsausdünnung um die Kante 43 der zweiten Anstreifrippe 44 herum geringer, selbst wenn der Winkel  $\theta_2$ , der durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 gebildet ist, vergrößert ist.

**[0095]** In einem anderen in **Fig. 7C** gezeigten nicht-erfindungsgemäßen modifizierten Beispiel sind die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 und die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 gegenüber der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 geneigt, um jeweils Winkel  $\theta_1$  und  $\theta_2$  zu bilden. Darüber hinaus ist die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 an derselben Ebene M wie die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42. Insbesondere ist der Winkel  $\theta_1$  der verengenden Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 derselbe wie der Winkel  $\theta_2$  der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44, und die Position der verengenden Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 in der Schaufelhöhenrichtung ist tiefer als die Position der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 in der Schaufelhöhenrichtung (d.h. die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 ist weiter von der inneren Wandfläche 23 entfernt als die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44), so dass die verengende Fläche 53 und die verengende Fläche 57 an derselben Ebene M liegen.

**[0096]** Dementsprechend kann eine Strömung mit einer in der radialen Richtung nach außen gerichteten Geschwindigkeitskomponente, die an der verengenden Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 zu der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44, die an derselben Ebene M wie die verengende Fläche 53 der ersten Anstreifrippe 42 angeordnet ist, verbessert werden, zugeführt werden, wodurch der Kontraktionsströmungseffekt an der zweiten Anstreifrippe 44 verbessert werden kann.

**[0097]** **Fig. 8** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes der Turbinenrotorschaukel 26 und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einem anderen nicht-erfindungsgemäßen Beispiel.

**[0098]** Bei dem in **Fig. 8** gezeigten Beispiel hat die erste Anstreifrippe 42 eine abfallende Fläche 54, die zwischen dem saugflächenseitigen Rand 52 an der Seite der Saugfläche 32 und der Kante 43, die näher an der Druckfläche 31 als der saugflächenseitige Rand 52 angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die abfallende Fläche 54 den Zwischenraum 100 von der Kante 43 zu dem saugflächenseitigen Rand 52 monoton vergrößert. Darüber hinaus hat die zweite Anstreifrippe 44 die verengende Fläche 57, die zwischen dem druckflächenseitigen Rand 55 an der Seite der Druckfläche 31 und der Kante 45, die näher an der Saugfläche 32 als der druckflächenseitige Rand 55 angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die verengende Fläche 53 den Zwischenraum 100 von dem druckflächenseitigen Rand 55 zu der Kante 45 monoton verringert. Insbesondere sind die abfallende Fläche 54 der ersten Anstreifrippe 42 und die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 so angeordnet, dass sie einander in einem Winkel zugewandt sind. In diesem Fall kann der Winkel  $\theta_3$ , der durch die abfallende Fläche 54 der ersten Anstreifrippe 42 mit der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 gebildet wird, derselbe sein wie, oder unterschiedlich sein von dem Winkel  $\theta_2$ , der durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 mit der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 gebildet wird.

**[0099]** Gemäß dem obigen Beispiel kann ein Wiederanhaften eines Fluids an der ersten Anstreifrippe 42 an der stromabwärtigen Seite der Kante 43 an der ersten Anstreifrippe 42 vermieden werden, und somit kann der Kontraktionsströmungseffekt, der durch die erste Anstreifrippe 42 erzielt wird, verbessert werden. Darüber hinaus diffundiert eine Strömung, die durch die erste Anstreifrippe 42 hindurchgetreten ist, an der stromabwärtigen Seite der Kante 43, aber mindestens ein Teil der diffundierten Strömung wird durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 abgefangen, und dadurch wird der zweite Kontraktionsströmungseffekt durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 erzielt.

**[0100]** Ferner kann die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 über einen größeren Bereich in der Schaufelhöhenrichtung der Turbinenrotorschaukel 26 angeordnet sein als die abfallende Fläche 54 der ersten Anstreifrippe 42.

**[0101]** Dementsprechend kann die Strömung, die an der stromabwärtigen Seite der Kante 43 der ersten Anstreifrippe 42 diffundiert wird, in dem größeren Bereich an der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 abgefangen werden, wodurch der Kontraktionsströmungseffekt, der durch die zweite Anstreifrippe 44 erzielt wird, verbessert werden kann.

**[0102]** Darüber hinaus sind die abfallende Fläche 54 der ersten Anstreifrippe 42 und die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 gegenüber der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 geneigt, und die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 kann hinsichtlich der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 einen Neigungswinkel mit einem größeren absoluten Wert aufweisen als die abfallende Fläche 54 der ersten Anstreifrippe 42. Insbesondere kann der Winkel 92 der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 größer sein als der Winkel 93 der abfallenden Fläche 54 der ersten Anstreifrippe 42.

**[0103]** Dementsprechend kann die in der radialen Richtung nach außen gerichtete Geschwindigkeitskomponente des Fluids, das entlang der verengenden Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 strömt, verbessert werden, und der Kontraktionsströmungseffekt, der durch die zweite Anstreifrippe 44 erzielt wird, kann verbessert werden. An der zweiten Anstreifrippe 44, die näher an der Saugfläche 32 angeordnet ist, ist die Temperatur aufgrund eines Mischens von Verbrennungsgas mit hoher Temperatur und Kühlluft verringert, und somit ist das Risiko der Oxidationsausdünnung um die Kante 43 der zweiten Anstreifrippe 44 herum verringert, selbst wenn der Neigungswinkel (92), der durch die verengende Fläche 57 der zweiten Anstreifrippe 44 gebildet wird, vergrößert ist.

**[0104]** Die Turbinenrotorschaukel 26 kann die in **Fig. 9** gezeigte Ausgestaltung umfassen, als ein nicht-erfindungsgemäßes Beispiel, das sich von den in **Fig. 4** bis **Fig. 8** gezeigten, oben beschriebenen Ausführungsformen und Beispielen unterscheidet. Es muss nicht erwähnt werden, dass die Turbinenrotorschaukel 26 eine Ausgestaltung umfassen kann, die mindestens eine der in **Fig. 4** bis **Fig. 8** gezeigten Ausführungsformen und Beispiele und das in **Fig. 9** gezeigte Beispiel kombiniert. **Fig. 9A** ist eine Schnittansicht eines äußeren Endes einer Turbinenrotorschaukel und ihrer Umgebungsstruktur gemäß einem anderen nicht-erfindungsgemäßen

Beispiel. **Fig. 9B** ist eine Schnittansicht eines modifizierten Beispiels von **Fig. 9A**.

**[0105]** Bei dem in **Fig. 9A** gezeigten Beispiel umfasst die Turbinenrotorschaukel 26 mindestens eine Anstreifrippe 40, die an einem Randabschnitt 61 an der Seite der Druckfläche 31 an der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 angeordnet ist, die sich von dem vorderen Rand 33 zu dem hinteren Rand 34 erstreckt. Eine geneigte Fläche 63 ist in einem Bereich der äußeren Oberfläche 35 mit Ausnahme der Anstreifrippe 40 ausgebildet, und ist gegenüber der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22, das der äußeren Fläche 35 zugewandt ist, geneigt. Darüber hinaus ist die geneigte Fläche 63 so geneigt, dass sich der Zwischenraum 100 zwischen der äußeren Fläche 35 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 mit einem Abstand von der Anstreifrippe 40 in der Querrichtung der Anstreifrippe 40 aufweitet.

**[0106]** Dementsprechend kann ein Wiederanhaften einer Strömung zu der geneigten Fläche (Bereich mit Ausnahme der Anstreifrippe an der äußeren Fläche der Turbinenrotorschaukel 26), der näher an der Saugfläche 32 als die Anstreifrippe 40 angeordnet ist, an der stromabwärtigen Seite der Anstreifrippe 40 vermieden werden. Somit kann eine Verringerung des Kontraktionsströmungseffekts der Anstreifrippe 40 aufgrund von Wiederanhaften einer Strömung vermieden werden, und ein Verlust aufgrund des Leckstroms 102 (Zwischenraumverlust) verringert werden.

**[0107]** Bei dem in **Fig. 9B** gezeigten Beispiel umfasst die Turbinenrotorschaukel 26 eine Anstreifrippe 40, die an einem Randabschnitt 62 an der Seite der Saugfläche 32 an der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 angeordnet ist, die sich von dem vorderen Rand 33 zu dem hinteren Rand 34 erstreckt. Eine geneigte Fläche 64 ist in einem Bereich der äußeren Fläche 35 mit Ausnahme der Anstreifrippe 40 ausgebildet, und ist gegenüber der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22, das der äußeren Fläche 35 zugewandt ist, geneigt. Darüber hinaus ist die geneigte Fläche 64 so geneigt, dass der Zwischenraum zwischen der äußeren Fläche 35 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 sich mit einem Abstand von der Anstreifrippe 40 in der Querrichtung der Anstreifrippe 40 aufweitet.

**[0108]** Dementsprechend bildet die geneigte Fläche (Bereich mit Ausnahme der Anstreifrippe an der äußeren Fläche der Turbinenrotorschaukel 26), die näher an der Druckfläche 31 als die Anstreifrippe 40 angeordnet ist, eine Fluidströmung, die in der radialen Richtung nach außen gerichtet ist, und dadurch der Kontraktionsströmungseffekt an der Anstreifrippe 40 verbessert ist. Somit kann die Menge einer Leckströmung durch den hohen Kontraktionsströmungs-

effekt, der durch die Anstreifrippe 40 erzielt wird, reduziert werden, und ein Verlust aufgrund der Leckströmung 102 (Zwischenraumverlust) kann verringert werden.

**[0109]** Bei einigen Ausführungsformen und Beispielen ist die Turbinenrotorschaukel 26, die in einer der **Fig. 4** bis **Fig. 9** gezeigt ist, bei der Gasturbine 1 (siehe **Fig. 1**) angewendet.

**[0110]** Mit der Turbinenrotorschaukel 26 gemäß den obigen Ausführungsformen und Beispielen kann ein Verlust (Zwischenraumverlust) aufgrund der Leckströmung 102 durch den Zwischenraum 100 zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 reduziert werden, und somit kann eine Effizienz der Gasturbine 1, bei welcher die Turbinenrotorschaukel 26 angewendet ist, verbessert sein.

**[0111]** Bei einigen Ausführungsformen und Beispielen umfasst die in **Fig. 1** gezeigte Gasturbine 1 eine Turbinenrotorschaukel 26, die in einer der **Fig. 4** bis **Fig. 9** gezeigt ist. Insbesondere umfasst die Gasturbine 1 wie in **Fig. 1** dargestellt eine Turbine 6 mit einer Rotorwelle 8, an welcher eine Vielzahl der oben erwähnten Turbinenrotorschaukeln 26 in der Umfangsrichtung montiert sind, und ein Gehäuse (Turbinengehäuse) 22, das die Rotorwelle 8 aufnimmt, eine Brennkammer 4, die im Inneren des Gehäuses 22 ausgebildet ist, um einem Verbrennungsgasdurchgang, der die Turbinenrotorschaukeln 26 aufnimmt, Verbrennungsgas zuzuführen, und einen Kompressor 2, der ausgestaltet ist, um durch die Turbine 6 angetrieben zu werden, um komprimierte Luft, die der Brennkammer 4 zuzuführen ist, zu erzeugen.

**[0112]** Mit der Turbinenrotorschaukel 26 gemäß den obigen Ausführungsformen und Beispielen kann ein Verlust (Zwischenraumverlust) aufgrund der Leckströmung 102 durch den Zwischenraum 100 zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 reduziert sein, und somit kann die Effizienz der Gasturbine 1 verbessert sein.

**[0113]** Wie oben beschrieben kann gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und den Beispielen ein hoher Kontraktionsströmungseffekt, der durch mindestens eine Anstreifrippe 40 (42,44), die an der Turbinenrotorschaukel 26 angeordnet ist, erzielt werden. Somit kann die Menge einer Leckströmung an dem Zwischenraum 100 zwischen der äußeren Fläche 35 der Turbinenrotorschaukel 26 und der inneren Wandfläche 23 des Gehäuses 22 reduziert und ein Verlust (Zwischenraumverlust) aufgrund der Leckströmung 102 reduziert werden.

**[0114]** Beispielsweise ist, während die Kante 43,45 der Anstreifrippe 40 (42,44) an einer Seitenfläche der Anstreifrippe 40 angeordnet ist, die Position der Kante 43,45 nicht auf diese begrenzt. Beispielsweise kann die Kante 43,45 in dem mittigen Bereich der Anstreifrippe 40 (42,44) in der Querrichtung, mit einer verengenden Fläche und einer abfallenden Fläche, die an jeder Seite der Kante 43,45 vorgesehen ist, während die Kante 43,45 in der Mitte positioniert ist. In diesem Fall hat die Anstreifrippe 40 (42, 44) im Querschnitt eine Hügelform (Querschnitt entlang einer Linie Y-Y in **Fig. 2**), in welcher die Kante 43,45 in dem mittigen Bereich in der radialen Richtung nach außen vorsteht.

**[0115]** Alternativ ist, während bei den obigen Ausführungsformen und Beispielen jede Anstreifrippe 40 (42,44) nur eine der Kanten 43,45 aufweist und die äußere Fläche 35 eine geneigte Fläche aufweist, die eine verengende Fläche oder eine abfallende Fläche umfasst, die Ausgestaltung der äußeren Fläche 35 nicht auf diese begrenzt. Beispielsweise kann die äußere Fläche 35 mit einem treppenartigen Abschnitt versehen sein oder eine Anstreifrippe 40 (42,44) kann mit einer Vielzahl von Kanten versehen sein.

**[0116]** Beispielsweise sollte ein Ausdruck relativer oder absoluter Anordnung wie „in einer Richtung“, „entlang einer Richtung“, „parallel“, „orthogonal“, „zentriert“ bzw. „mittig“, „konzentrisch“, und „koaxial“ nicht ausgelegt werden als ob er nur die Anordnung in einem streng wörtlichen Sinn bezeichnet, sondern auch einen Zustand umfassen, wo die Anordnung, wodurch es dieselbe Funktion erzielt werden kann, durch eine Toleranz oder durch einen Winkel oder einen Abstand relativ verschoben ist.

**[0117]** Beispielsweise sollte ein Ausdruck eines gleichen Zustands wie „selbe“, „gleich“ und „einheitlich“ nicht so ausgelegt werden, als ob er nur den Zustand beschreibt, indem das Merkmal streng gleich ist, sondern auch einen Zustand umfassen, der immer noch dieselbe Funktion erzielen kann, in welchem es eine Toleranz oder einen Unterschied gibt.

**[0118]** Ferner sollte zum Beispiel ein Ausdruck einer Form wie einer rechteckigen Form oder einer zylindrischen Form nicht nur streng als die geometrische Form ausgelegt werden, sondern auch eine Form in einem Bereich umfassen, indem dieselben Effekte erzielt werden können, mit Unebenheiten oder angefasten Ecken.

**[0119]** Demgegenüber sind Ausdrücke wie „umfassen“, „mit“, „aufweisen“, „beinhalten“ und „gebildet aus“ nicht dazu gedacht andere Komponenten auszuschließen.

## Bezugszeichenliste

1	Gasturbine
2	Kompressor
4	Brennkammer
6	Turbine
8	Rotorwelle
10	Kompressorgehäuse
16	Kompressorleitschaufel
18	Kompressorrotorschaukel
20	Gehäuse (Brennkammergehäuse)
22	Gehäuse (Turbinengehäuse)
23	innere Wandfläche
24	Turbinenleitschaufel
26	Turbinenrotorschaukel
28	Abgasgehäuse
30	Flügelprofilabschnitt
31	Druckfläche
32	Saugfläche
33	vorderer Rand
34	hinterer Rand
35	äußere Fläche
40	Anstreifrippe
42	erste Anstreifrippe
43,45	Kante
44	zweite Anstreifrippe
51,55	druckflächenseitiger Rand
52, 56	saugflächenseitiger Rand
53,57	verengende Fläche
54	abfallende Fläche
61, 62	Randabschnitt
63, 64	geneigte Fläche
100	Zwischenraum
102	Leckströmung

**Patentansprüche**

1. Eine Turbinenrotorschaukel (26) für eine Turbine (6), umfassend:  
einen Strömungsprofilabschnitt (30) mit einem Strömungsprofil, das durch eine Druckfläche (31) und eine Saugfläche (32) gebildet ist, und  
mindestens eine Anstreifrippe (40), die an einer äußeren Fläche (35) der Turbinenrotorschaukel (26) so angeordnet ist, dass sie sich von einer

Seite eines vorderen Rands (33) zu einer Seite eines hinteren Rands (34) erstreckt, wobei die mindestens eine Anstreifrippe (40) eine erste Anstreifrippe (42), die an der Seite der Druckfläche (31) angeordnet ist, und eine zweite Anstreifrippe (44), die an der Seite der Saugfläche (32) in einem Abstand von der ersten Anstreifrippe (42) angeordnet ist, aufweist,  
wobei die erste Anstreifrippe (42) eine Kante (43) aufweist, die sich in einer Erstreckungsrichtung der Anstreifrippe (40;42) erstreckt,  
wobei, im Einbauzustand, ein Zwischenraum (100) zwischen der äußeren Fläche (35) der Turbinenrotorschaukel (26) und einer inneren Wandfläche (23) eines Gehäuses (22) der Turbine (6), in die die Turbinenrotorschaukel (26) eingebaut ist, einen lokalen Minimalwert an der Kante (43) aufweist, wobei die innere Wandfläche (23) des Gehäuses (22) der äußeren Fläche (35) der Turbinenrotorschaukel (26) zugewandt ist,  
wobei der Zwischenraum (100) an beiden Seiten der Kante (43) in einer Querrichtung der Anstreifrippe (40;42) größer ist als der lokale Minimalwert, und  
wobei die erste Anstreifrippe (42) eine verengende Fläche (53) aufweist, die zwischen einem druckflächenseitigen Rand (51) an der Seite der Druckfläche (31) und der Kante (43), die näher an der Seite der Saugfläche (32) als der druckflächenseitige Rand (51) angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die verengende Fläche (53) den Zwischenraum (100) von dem druckflächenseitigen Rand (51) zu der Kante (43) monoton verringert, so dass der Zwischenraum den lokalen Minimalwert an der Kante (43) der ersten Anstreifrippe (42) aufweist.

2. Die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß Anspruch 1, wobei die zweite Anstreifrippe (44) eine verengende Fläche (57) aufweist, die zwischen einem druckflächenseitigen Rand (55) an der Seite der Druckfläche (31) und der Kante (45), die näher an der Seite der Saugfläche (32) als der druckflächenseitige Rand (55) angeordnet ist, angeordnet ist, wobei die verengende Fläche (57) den Zwischenraum (100) von dem druckflächenseitigen Rand (55) zu der Kante (45) monoton verringert.

3. Die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß Anspruch 2, wobei die verengende Fläche (57) der zweiten Anstreifrippe (44) über einen größeren Bereich in einer Schaufelhöhenrichtung der Turbinenrotorschaukel (26) als die verengende Fläche (53) der ersten Anstreifrippe (42) angeordnet ist.

4. Die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß Anspruch 3, wobei die verengende Fläche (53) der ersten Anstreifrippe (42) und die verengende Fläche (57) der zweiten Anstreifrippe (44) gegenüber der inneren Wandfläche (23) des Gehäuses (22) geneigt sind, und

wobei die verengende Fläche (57) der zweiten Anstreifrippe (44) einen größeren Neigungswinkel als die verengende Fläche (43) der ersten Anstreifrippe (42) hinsichtlich der inneren Wandfläche (23) des Gehäuses (23) aufweist.

5. Die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste und/oder die zweite Anstreifrippe (42;44) einen angefasten Randabschnitt aufweist, der die Kante (43;45) umfasst.

6. Die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei der lokale Minimalwert des Zwischenraums (100) an der Kante (43) der ersten Anstreifrippe (42) gleich dem lokalen Minimalwert des Zwischenraums (100) an der Kante (45) der zweiten Anstreifrippe (44) ist.

7. Die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die erste und die zweite Anstreifrippe (42;44) entlang einem äußeren Umfang des Strömungsprofilabschnitts (30) an der äußeren Fläche (35) angeordnet sind.

8. Die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Turbine (6) eine Turbine in einer Gasturbine (1) ist.

9. Eine Gasturbine (1) mit:  
einer Turbine (6) mit einer Rotorwelle (8), die die Turbinenrotorschaukel (26) gemäß Anspruch 8 an der Rotorwelle (8) in einer Umfangsrichtung montiert aufweist, und mit einem Gehäuse (22), das die Rotorwelle (8) aufnimmt,  
einer Brennkammer (4), die im Inneren des Turbinengehäuses ausgebildet ist, um Verbrennungsgas einem Verbrennungsgasdurchgang zuzuführen, der die Turbinenrotorschaukel (26) aufnimmt, und  
einem Kompressor (2), der konfiguriert ist, um durch die Turbine (6) angetrieben zu werden und um komprimierte Luft, die der Brennkammer (4) zuzuführen ist, zu erzeugen.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

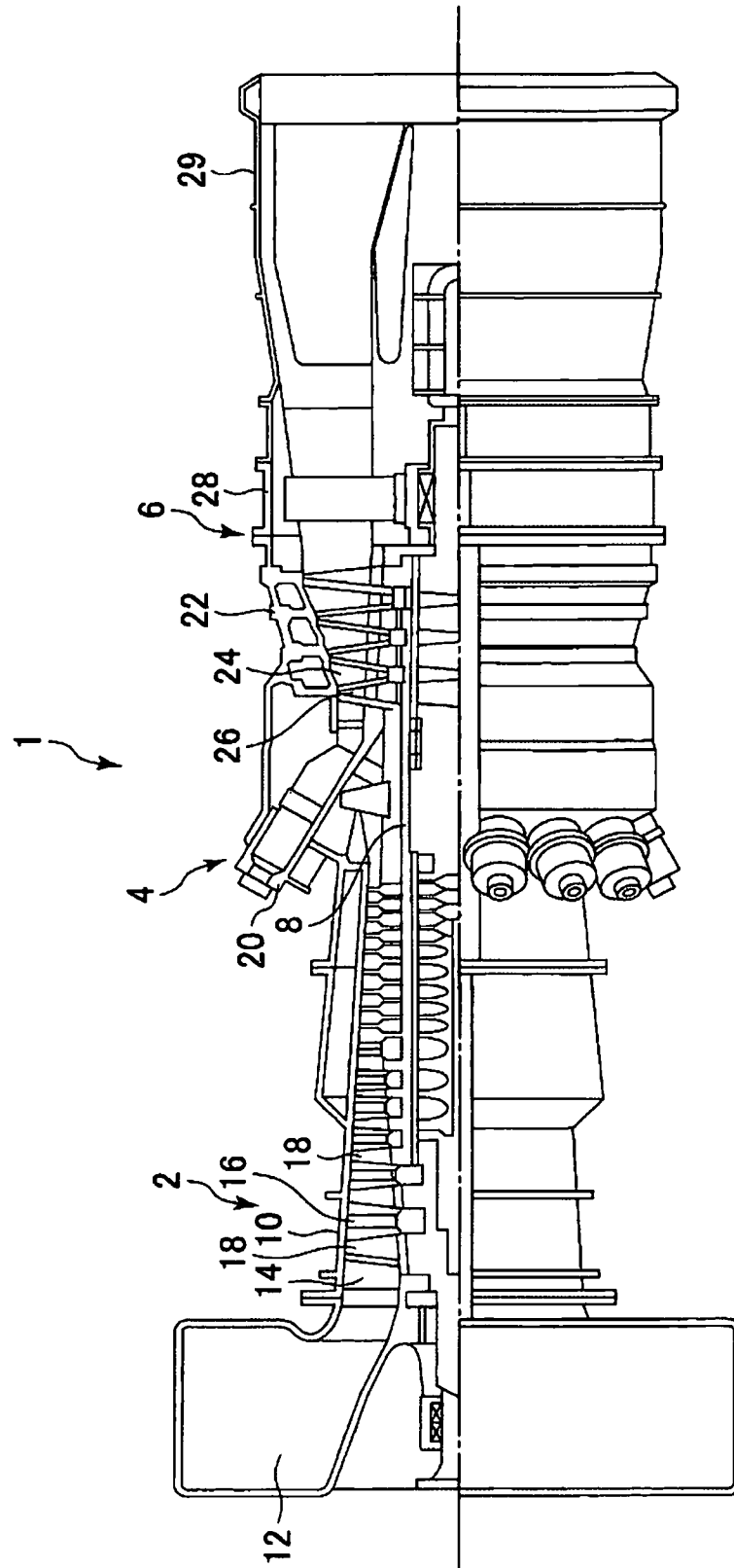


FIG. 2

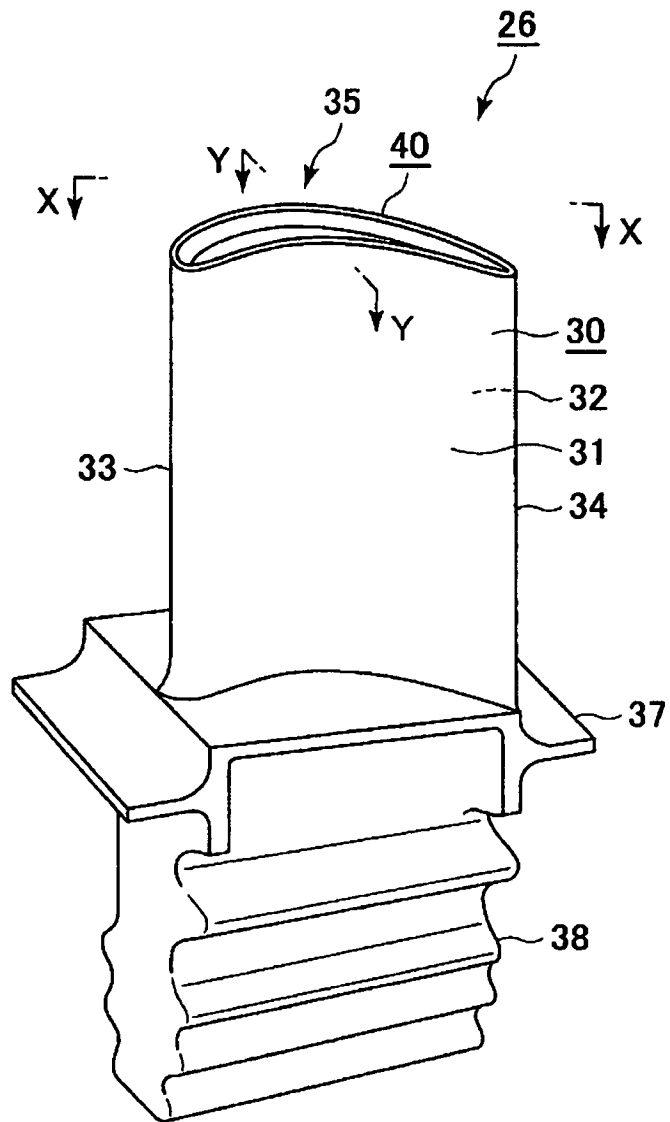


FIG. 3

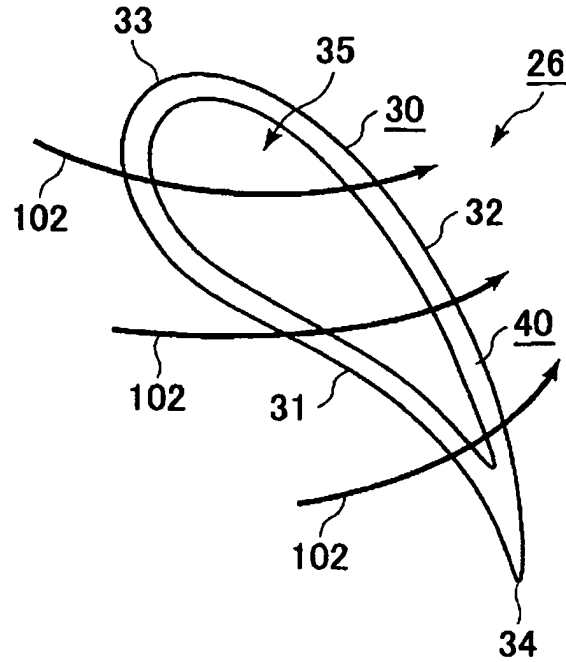


FIG. 4A

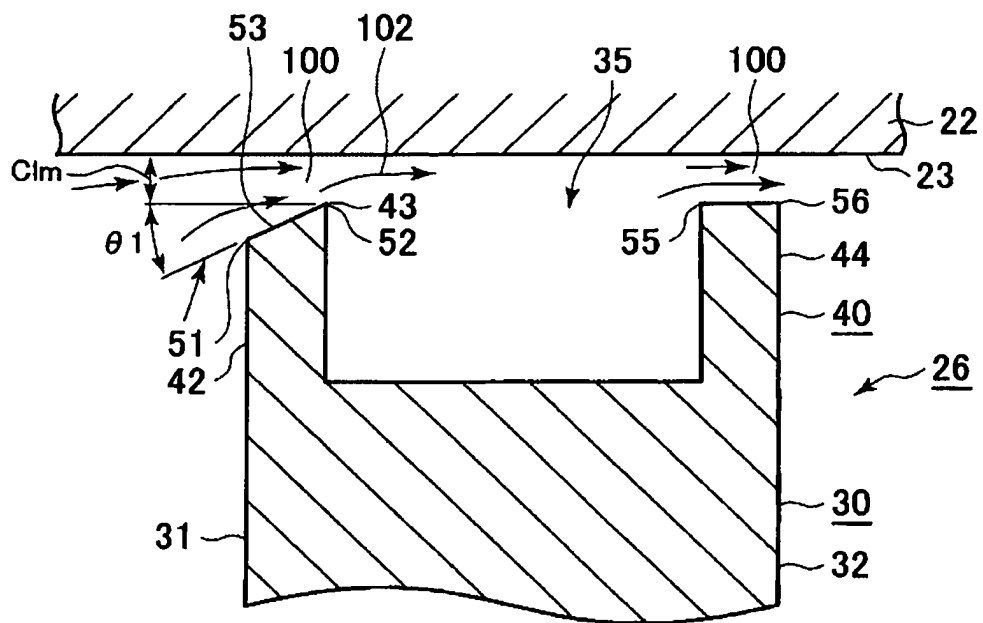


FIG. 4B

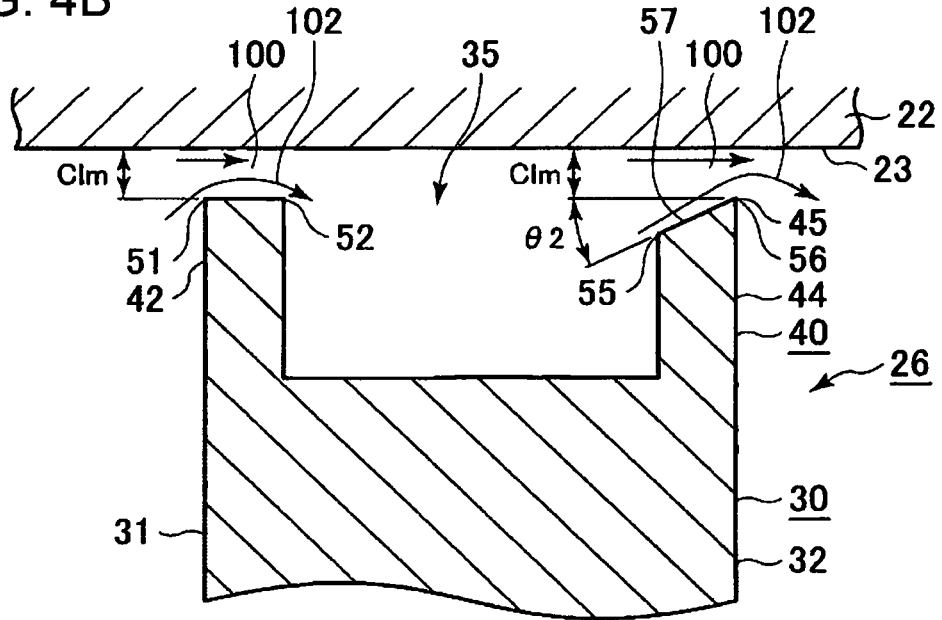


FIG. 4C

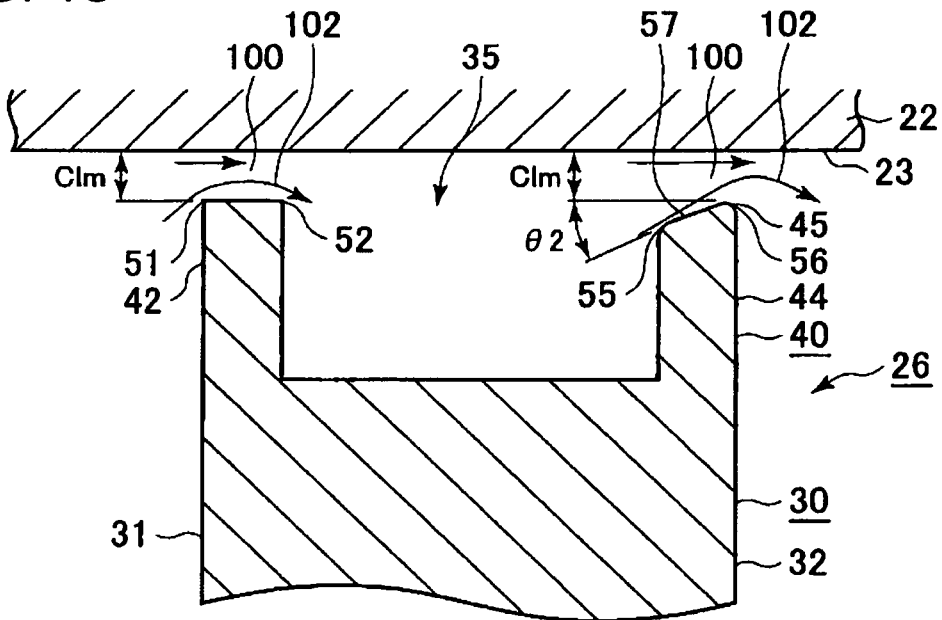


FIG. 5A

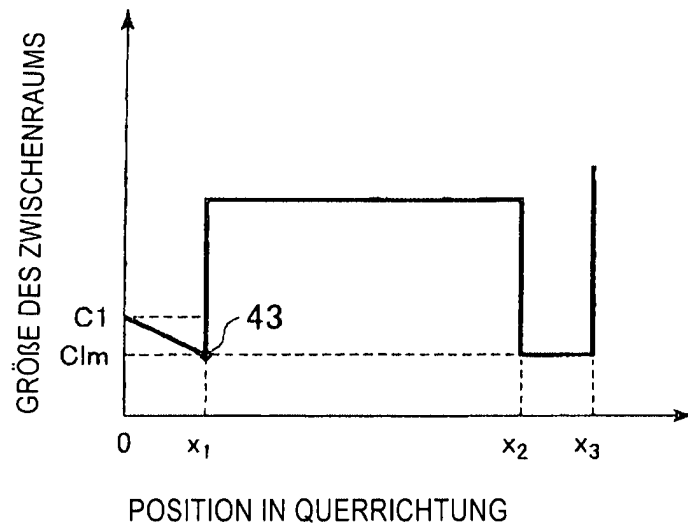


FIG. 5B

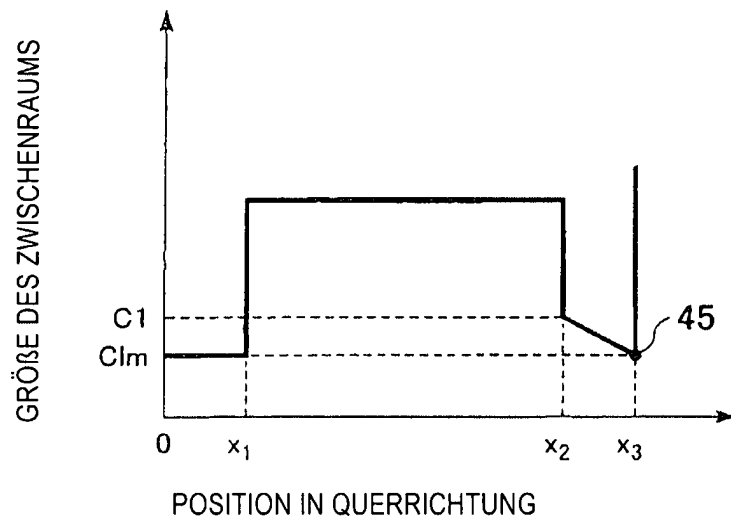






FIG. 8

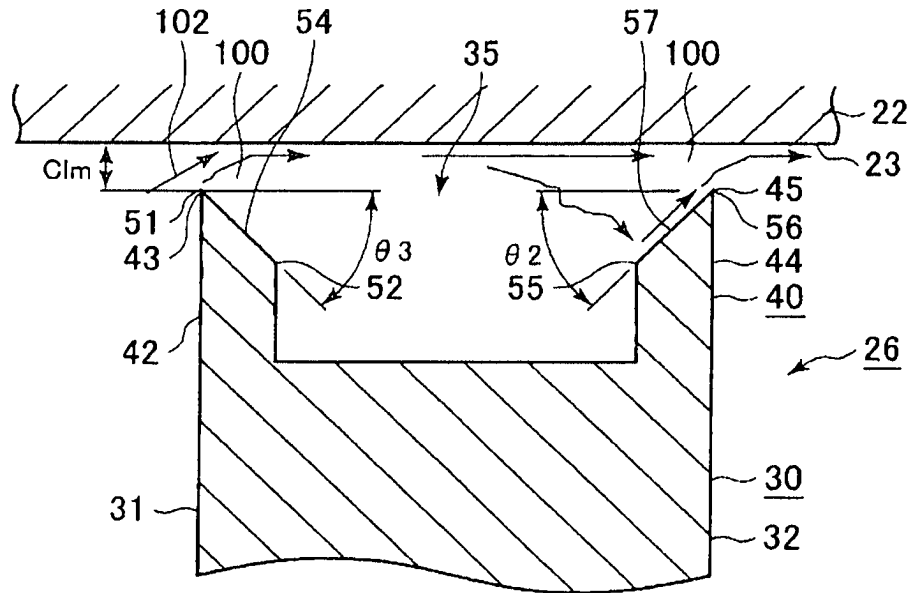
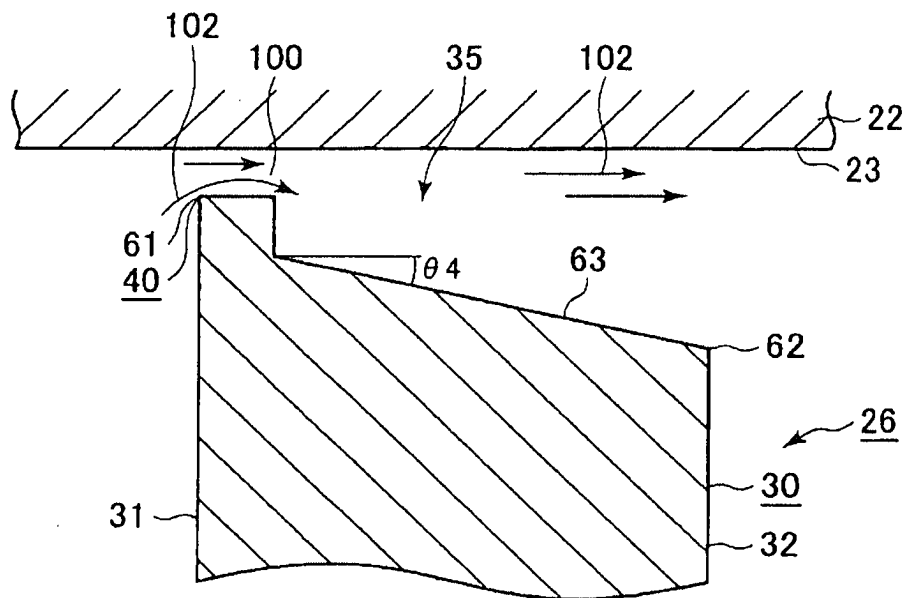


FIG. 9A



←→  
QUERRICHTUNG

FIG. 9B

