



(10) **DE 10 2014 100 241 A1** 2014.07.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 100 241.5**

(22) Anmeldetag: **10.01.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.07.2014**

(51) Int Cl.: **F01D 11/02 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

13/745,890 21.01.2013 US

(71) Anmelder:

General Electric Company, Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:

**Rüger, Barthelt & Abel Patentanwälte, 73728,
Esslingen, DE**

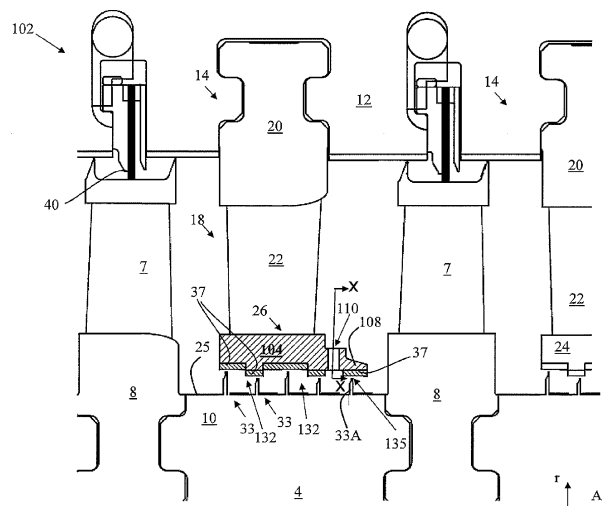
(72) Erfinder:

**Zheng, Xiaoqing, Schenectady, N.Y., US; Miller,
Richard James, Schenectady, N.Y., US; Jewett,
Jason Winfred, Schenectady, N.Y., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Turbomaschine mit wirbelhemmender Dichtung**

(57) Zusammenfassung: Verschiedene Ausführungsbeispiele beinhalten eine Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Dichtung. In vielfältigen speziellen Ausführungsbeispielen gehören zu einer Turbomaschine: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.



Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die hier beschriebene Erfindung betrifft Energiesysteme. Speziell betrifft die Erfindung Turbinenturbomaschinensysteme.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0002] Herkömmliche (auch als Turbinen bezeichnete) Turbomaschinen, z.B. Dampfturbinen, weisen allgemein ein Gehäuse auf, das eine (auch als Laufrad bezeichnete) rotierende Welle umschließt, und mehrere sich radial erstreckende Reihen von Schaufeln, die an der Welle befestigt sind. Verdichteter Dampf, der auf die Schaufeln gelenkt wird, versetzt die Schaufeln und die Welle in Drehung. Der serielle Dampfpfad weist gewöhnlich einen Dampfeinlass, mehrere Dampfdruckzonen im Inneren der Turbine und einen Dampfauslass auf.

[0003] Nach dem Stand der Technik ist die Dampfturbinenmaschine (Turbine) zwischen aufeinander folgenden Stufen stationärer und rotierender Schaufelreihen in mehrere Druckzonen unterteilt. Die Geometrien und Anordnungen der Turbinenschaufeln sollen dazu dienen, den Wirkungsgrad des Entziehens von Energie aus dem Dampfstrom zu maximieren, um den Gesamtwirkungsgrad eines Elektrizitätswerks zu steigern, das die Dampfturbinenmaschine (beispielsweise für den Antrieb eines Stromgenerators) nutzt.

[0004] Bereiche, in denen die Dampfturbinenwelle das Turbinengehäuse durchdringt, sind abgedichtet, um das Entweichen verdichteten Dampfs aus dem Gehäuse zu verhindern. Um den Turbinenwirkungsgrad zu verbessern, nutzen herkömmliche Turbinenkonstruktionen darüber hinaus Dichtungen zwischen den Stufen, um zu verhindern, dass Dampf stationäre Schaufeln einer Stufe umgeht, oder durch den Spalt zwischen stationären und rotierenden Bauteilen rotierende Schaufeln umgeht.

[0005] Durch rotierende Bauteile oder Schaufeln verursachte Dampfverwirbelungen, können, wenn sie in Hohlräume zwischen Dichtungszähnen gelangen, unstete aerodynamische Kräfte hervorrufen. Solche an der Laufradoberfläche angreifenden Kräfte können zu Instabilitäten des Laufrads führen. Da zur Verbesserung des Wirkungsgrads von Turbomaschinen immer mehr und engere Dichtungen verwendet werden, tritt die durch Verwirbelung hervorgerufene Instabilität der Laufraddynamik, insbesondere im Falle von großen Dampfturbinen, zunehmend in den Vordergrund. Um die dynamische Stabilität eines Laufrads zu verbessern, wurden bisher Antiverwirbelungszähne oder Wirbelhemmer verwendet, um Wirbel aufzulösen oder die Wirbelrichtung umzukehren.

Herkömmliche Antiverwirbelungs- oder Wirbelhemmvorrichtungen müssen mit engem Toleranzabstand zur Laufradoberfläche angeordnet werden, um ihre Wirkung zu fördern. Allerdings sprechen jene Vorrichtungen ungünstig auf Reiben an. Um hartes Reiben (z.B. eine Berührung zwischen stationären und rotierenden Bauteilen) zu vermeiden, sind die herkömmlichen Wirbelhemmvorrichtungen an einem Dichtungsring befestigt, der mittels eines Federelements, das den Ring vorspannt, um ihn zu schließen, nachgiebig an einem stationären Bauteil angebracht ist. Der Platzbedarf eines solchen Ansatzes in einer Turbomaschine ist beträchtlich. Zudem haben Fortschritte in der Turbomaschinenteknologie die Abstände zwischen Bauteilen in den Turbomaschinen verringert, was den Einsatz herkömmlicher Antiverwirbelungsringe in dem Fluidströmungspfad erschwert. Dementsprechend sind gegenwärtige Ansätze zur Bewältigung von Fluidverwirbelung in Turbomaschinen unter einem oder mehreren Gesichtspunkten nachteilig.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] Verschiedene Ausführungsbeispiele beinhalten eine Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Dichtung. In vielfältigen speziellen Ausführungsbeispielen gehören zu einer Turbomaschine: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0007] Ein erster Aspekt der Erfindung beinhaltet eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist,

der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0008] Die Turbomaschine kann ferner einen Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne aufweisen, die sich ausgehend von dem Laufradabschnitt erstrecken und zu dem radialen Spitzenabschnitt passen.

[0009] Jede der oben erwähnten Turbomaschinen kann ferner mindestens einen radial sich erstreckenden Dichtungszahn aufweisen, der sich ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt erstreckt und zu dem Laufradabschnitt passt.

[0010] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zur Gänze radial durch den sich axial erstreckenden Flansch erstrecken.

[0011] Eine der axial angeordneten Laufschaufeln, die sich in der Nähe des wenigstens einen Leitapparats jeder der oben erwähnten Turbomaschinen befinden, kann außerdem aufweisen: einen Basisabschnitt, der mit dem Laufradkörper verbunden ist; und einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt in Richtung des Zwischenwandabschnitts radial erstreckt, wobei der Basisabschnitt einen Hakenflansch aufweist, der sich axial in Richtung des wenigstens einen Leitapparats erstreckt.

[0012] Der Hakenflansch jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann den sich axial erstreckenden Flansch axial überlappen, um eine teilweise radiale Dichtung zu bilden.

[0013] Optional überlappt der Hakenflansch einer beliebigen der oben erwähnten Turbomaschinen den Schlitz in dem sich axial erstreckenden Flansch axial nicht.

[0014] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zumindest teilweise in Umfangsrichtung durch den Dichtungsabschnitt hindurch erstrecken.

[0015] Ein zweiter Aspekt der Erfindung beinhaltet eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist: eine ra-

dial zugewandte Fläche; eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0016] Weiter kann die Turbomaschine einen Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne aufweisen, die sich ausgehend von dem Laufradabschnitt in Richtung der radial zugewandten Fläche des radialen Spitzenabschnitts erstrecken.

[0017] Jede der oben erwähnten Turbomaschinen kann zudem mindestens einen radial sich erstreckenden Dichtungszahn aufweisen, der sich ausgehend von der radial zugewandten Fläche des radialen Spitzenabschnitts in Richtung des Laufradabschnitts erstreckt.

[0018] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann auf der radial zugewandten Fläche zwischen benachbarten sich radial erstreckenden Dichtungszähnen in dem Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen eine Öffnung aufweisen.

[0019] Die axial zugewandte Fläche jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann eine stromabwärts weisende Fläche beinhalten.

[0020] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich im Wesentlichen diagonal zwischen der radial zugewandten Fläche und der axial zugewandten Fläche erstrecken.

[0021] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zumindest teilweise in Umfangsrichtung durch den sich axial erstreckenden Flansch erstrecken.

[0022] Ein dritter Aspekt der Erfindung beinhaltet eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln enthält, wobei jede der axial angeordneten Laufschaufeln aufweist: einen Basisabschnitt, der mit einem Laufradkörper verbunden ist; und einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt radial erstreckt; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen der axial angeordneten Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist; ein Satz

sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich entweder von dem Körper des Laufrads oder von dem radialen Spitzenabschnitt des wenigstens einen Leitapparats erstrecken; und eine radiale Stufe, die sich ausgehend von dem Zwischenwandabschnitt radial erstreckt, wobei die radiale Stufe einen Schlitz aufweist, der sich durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0023] Der Laufradabschnitt jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann eine radial außen liegende Wand aufweisen, wobei der Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne sich ausgehend von dem Laufradabschnitt auf der radial außen liegenden Wand erstreckt.

[0024] Der Laufradabschnitt jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann eine radial außen liegende Wand aufweisen, wobei der Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne sich ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt erstreckt und zu der radial außen liegenden Wand des Laufrads passt.

[0025] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zumindest teilweise axial durch die radiale Stufe erstrecken.

[0026] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zur Gänze axial durch die radiale Stufe erstrecken.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] Diese und weitere Ausstattungsmerkmale dieser Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Figuren verständlicher, die vielfältige Ausführungsbeispiele der Erfindung darstellen:

[0028] Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Konstruktion gemäß vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.

[0029] Fig. 2 zeigt eine abgetrennte geschnittene Ansicht eines Abschnitts der Turbomaschine von Fig. 1 gemäß vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.

[0030] Fig. 3 zeigt in einer Querschnittsansicht ein abgewandelter Ausführungsbeispiel einer Turbomaschine gemäß vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.

[0031] Fig. 4 zeigt in einer Querschnittsansicht ein abgewandelter Ausführungsbeispiel einer Turbomaschine gemäß vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.

[0032] Fig. 5 zeigt eine abgetrennte geschnittene Ansicht eines Abschnitts der Turbomaschine von Fig. 4 gemäß vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.

[0033] Fig. 6 zeigt in einer Querschnittsansicht ein abgewandelter Ausführungsbeispiel einer Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Konstruktion gemäß vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung. Zu beachten ist, dass die Zeichnungen der Erfindung nicht unbedingt maßstabgetreu sind. Die Zeichnungen sollen lediglich typische Aspekte der Erfindung veranschaulichen und sollten daher nicht als den Schutzzumfang der Erfindung beschränkend erachtet werden. In den Zeichnungen bezeichnen gleichartige Bezugszeichen gleichartige Elemente.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0034] Wie erwähnt, betrifft die hier beschriebene Erfindung Energiesysteme. Spezieller betrifft die Erfindung Turbinenturbomaschinensysteme.

[0035] Wie hier beschrieben, sind in herkömmlichen Turbomaschinen Bereiche, in denen die Dampfturbinenwelle das Turbinengehäuse durchdringt, abgedichtet, um das Entweichen verdichteten Dampfs aus dem Gehäuse zu verhindern. Um den Turbinenwirkungsgrads zu verbessern, nutzen herkömmliche Turbinenkonstruktionen darüber hinaus Stufen-zwischendichtungen, um Dampf daran zu hindern, stationäre Schaufeln einer Stufe zu umgehen oder über den Spalt zwischen stationären und rotierenden Bauteilen rotierende Schaufeln zu umgehen.

[0036] Allerdings sind diese herkömmlichen Systeme einschließlich ihrer Dichtungsstrukturen anfällig für Verwirbelungen in dem Fluidstrom (Dampfstrom), die in Dichtungshohlräume eintreten, was zu Instabilität der Laufraddynamik führen kann. Wenn durch rotierende Bauteile oder Schaufeln entstehende Verwirbelungen in Hohlräume zwischen Dichtungszähnen gelangen, können sie unsteady aerodynamische Kräfte hervorrufen. Solche an der Laufradoberfläche angreifenden Kräfte können zu Instabilitäten des Laufrads führen. Da mit dem Fortschreiten der Technologie immer mehr und dichtere Dichtungen zur Verbesserung des Wirkungsgrads von Turbomaschinen verwendet werden, tritt die auf Verwirbelung zurückzuführende Instabilität der Laufraddynamik, insbesondere im Falle von großen Dampfturbinen, zunehmend in den Vordergrund. Um die dynamische Stabilität eines Laufrads zu verbessern, wurden bisher Antiverwirbelungszähne oder Wirbelhemmer verwendet, um Wirbel aufzulösen oder die Wirbelrichtung umzukehren. Herkömmliche Antiverwirbelungs- oder Wirbelhemmvorrichtungen sind zur Förderung ihrer Wirkung mit engem Toleranzabstand zu der Laufradoberfläche positioniert. Aller-

dings sprechen jene Vorrichtungen ungünstig auf Reiben an. Um hartes Reiben (z.B. eine Berührung zwischen stationären und rotierenden Bauteilen) zu vermeiden, sind diese Wirbelhemmvorrichtungen an einem Dichtungsring befestigt, der mittels eines Federelements, das den Ring in Schließrichtung vorspannt, nachgiebig an einem stationären Bauteil angebracht ist. Ein solcher Ansatz erfordert beträchtlichen Raum in der Turbomaschine. Zudem haben Fortschritte in der Turbomaschinenteknologie den Abstand zwischen Bauteilen in den Turbomaschinen verringert, was den Einsatz herkömmlicher Antiverwirbelungsringe in dem Fluidströmungspfad erschwert. Dementsprechend sind gegenwärtige Ansätze zur Bewältigung von Fluidverwirbelung in Turbomaschinen unter einem oder mehreren Gesichtspunkten nachteilig.

[0037] Im Gegensatz zu den herkömmlichen Ansätzen beinhalten Aspekte der Erfindung eine axiale Turbomaschinenleitapparatchichtung mit einem wirbelhemmenden Schlitz. In manchen Fällen erstreckt sich der wirbelhemmende Schlitz wenigstens teilweise radial durch die axiale Leitapparatchichtung. In unterschiedlichen Ausführungsbeispielen erstreckt sich der wirbelhemmende Schlitz teilweise radial und teilweise axial durch den Dichtungsabschnitt.

[0038] Verschiedene Aspekte der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0039] Verschiedene sonstige Aspekte der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radia-

len Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist: eine radial zugewandte Fläche; eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0040] Verschiedene weitere Aspekte der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist: einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz, der sich zur Gänze radial durch ihn erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern; und ein Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen, die mit dem radialen Spitzenabschnitt verbunden sind, wobei sich der Schlitz zwischen benachbarten Dichtungszähnen in dem Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen radial erstreckt.

[0041] Verschiedene spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine mit einem Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter (drehbarer) Laufschaufeln (Schaufeln) und einen Zwischenwandabschnitt aufweist, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von (stationären) Schaufeln (Leitapparaten) enthält, die zwischen benachbarten Sätzen von Schaufeln angeordnet sind. Ein Satz von Schaufeln und Leitapparaten definiert eine Stufe in der Turbomaschine. Zwischen dem radialen Innenumfang des Leitapparats und einer radial äußeren Fläche des Laufrads sowie zwischen der Schaufelspitze und dem Zwischenwandinnenumfang sind Zwischenstufendichtungen angeordnet. Eine wirbelhemmende Dichtung, die durch Schlitze mit einem vorbestimmten Winkel an einem stationären Bauteil definiert sind, das mit wenigstens einem radialen Ende eines rotierenden Bauteils verbunden ist, ist stromaufwärts wenigstens einer der Stufenzwisehendichtungen angeordnet.

[0042] Verschiedene sonstige spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt,

der Sätze von axial angeordneten (drehbaren) Laufschaufern (Schaufeln) aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz (stationärer) Schaufeln (Leitapparate) aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen von Laufschaufern angeordnet sind, wobei die Leitapparate eine innere Abdeckung aufweisen; und wobei eine erste Dichtung zwischen der inneren Leitapparatabdeckung und der Laufradoberfläche definiert ist, wobei die innere Abdeckung einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um Winkel eines Fluidstroms in die erste Dichtung hinein zu steuern, und eine zweite Dichtung mit einem radialen Ende der Schaufel bildet, um einen Fluidstrom durch den Schlitz zu treiben.

[0043] Außerdem beinhalten spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter (rotierender) Schaufeln (Laufschaufern) aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz (stationärer) Schaufeln (Leitapparate) aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen von Schaufeln angeordnet sind, wobei mindestens einer der Leitapparate eine innere Abdeckung aufweist; eine erste Dichtung, die zwischen der inneren Leitapparatabdeckung und der Laufradoberfläche definiert ist, wobei die innere Abdeckung außerdem aufweist: eine radial zugewandte Fläche; und eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche der inneren Abdeckung erstreckt, um einen Fluidstrom in die erste Dichtung zu steuern; und eine zweite Dichtung, die an einem radialen Ende des rotierenden Bauteils ausgebildet ist, um einen Fluidstrom durch den Schlitz zu treiben.

[0044] Weitere spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufern enthält, wobei jede der axial angeordneten Laufschaufern aufweist: einen Basisabschnitt, der mit einem Laufradkörper verbunden ist; und einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt radial erstreckt; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen der axial angeordneten Laufschaufern angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufer verbunden ist;

ein Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich entweder ausgehend von dem Körper des Laufrads oder ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt des wenigstens einen Leitapparats erstrecken; und eine radiale Stufe, die sich ausgehend von dem Zwischenwandabschnitt radial erstreckt, wobei die radiale Stufe einen Schlitz aufweist, der sich durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0045] Noch weitere spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter (drehbarer) Schaufeln (die als Laufschaufern bezeichnet sind) aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz (stationärer) Schaufeln (die als Leitapparate bezeichnet sind) aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen von Schaufeln angeordnet sind, wobei wenigstens eine Schaufel eine äußere Abdeckung aufweist; und eine Dichtung zwischen der äußeren Abdeckung der Schaufel und dem Zwischenwandinnenumfang, wobei die äußere Abdeckung zudem mindestens einen Zahn aufweist, der mit einer an der Zwischenwand angeordneten, sich radial erstreckenden Stufe in Berührung steht. In vielfältigen Ausführungsbeispielen weist die an der Zwischenwand angeordnete sich radial erstreckende Stufe einen Schlitz auf, der sich axial durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom zu steuern, der in die erste Dichtung eintritt.

[0046] In dem hier verwendeten Sinne bezeichnen die Begriffe "axial" und/oder "in axialer Richtung" die relative Position/Richtung von Objekten entlang der Achse A, die im Wesentlichen zu der Drehachse der Turbomaschine (insbesondere zu dem Laufradabschnitt) parallel ist. Weiter bezeichnen die Begriffe "radial" und/oder "in radialer Richtung" in dem hier verwendeten Sinne die relative Position/Richtung von Objekten entlang der Achse (r), die im Wesentlichen rechtwinklig zu der Achse A ist und die Achse A an lediglich einem Ort schneidet. Darüber hinaus bezeichnen die Begriffe "an dem Umfang" und/oder "in Umfangsrichtung" die relative Position/Richtung von Objekten entlang eines Umfangs, der die Achse A umgibt, jedoch die Achse A an keiner Stelle schneidet.

[0047] Mit Bezug auf **Fig. 1** ist eine schematische Schnittansicht eines Abschnitts einer Turbomaschine (z.B. einer Dampfturbine) **2** gemäß vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung gezeigt. Wie gezeigt, kann die Turbomaschine **2** einen Laufradabschnitt **4** mit einem Satz von axial angeordneten Laufschaufern **6** enthalten. Wie aus dem Stand der Technik bekannt, sind die (hier auch als Schaufeln bezeichneten) Laufschaufern **6** in der Lage, in Reaktion auf einen Fluidstrom in der Turbomaschine **2** drehfest mit dem Laufradabschnitt **4** zu rotieren.

Die Laufschaufeln (Schaufeln) **6** können einen (auch als Schwalbenschwanzabschnitt bezeichneten) Basisabschnitt **8** aufweisen, der mit dem Grundkörper **10** des Laufradabschnitts **4** verbunden ist. Die Laufschaufeln **6** können zudem einen Schaufelblattabschnitt **7** enthalten, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt **8** radial in Richtung eines Zwischenwandabschnitts **12** der Turbomaschine erstreckt. An einem radialen Ende der Laufschaufel **6** befindet sich ein Mantel **9**. Wie erwähnt, kann die Turbomaschine **2** außerdem einen Zwischenwandabschnitt **12** enthalten, der den Laufradabschnitt **4** zumindest teilweise umgibt. Der Zwischenwandabschnitt **12** kann einen Satz von Leitapparaten **14** enthalten, die zwischen benachbarten Sätzen **16** axial angeordneter Laufschaufeln (Schaufeln) **6** positioniert sind. Jede Paarzusammenstellung eines Satzes von Leitapparaten **14** und eines Satzes von Laufschaufeln (Schaufeln) **16** wird als eine "Stufe" der Turbomaschine bezeichnet. Wie aus dem Stand der Technik bekannt, tritt während des Betriebs der Turbomaschine **2**, Arbeitsfluid (z.B. Dampf) in einen Raum zwischen der (als Zwischenwandabschnitt **12** gezeigten) Zwischenwand und dem (als Laufradabschnitt **4** gezeigten) Laufrad (über einen nicht gezeigten Einlass) ein und wird durch die Leitapparate **14** (speziell die Schaufelabschnitte **22**) über die Laufschaufeln (Schaufeln) **6** (Schaufelblattabschnitte **7**) geleitet, was den Laufradabschnitt **4** in dem Zwischenwandabschnitt **12** in Drehung versetzt.

[0048] Die Sätze von Leitapparaten **14** in dem Zwischenwandabschnitt **12** weisen mindestens einen Leitapparat **18** mit einem Basisabschnitt **20** auf, der mit dem Zwischenwandabschnitt **12** verbunden ist. Der Leitapparat **18** enthält zudem eine Schaufel (Leitapparatschaufel) **22**, die mit dem Basisabschnitt **20** verbunden ist. Der Leitapparat **18** weist außerdem einen (auch als innere Abdeckung bezeichneten) radialen Spitzenabschnitt **24** und einen radialen Spitzenabschnitt **24** auf, der mit einem radialen Ende **26** der Laufschaufel **22** verbunden ist. Gemeinsam mit sich radial erstreckenden Dichtungszähnen **33**, die sich ausgehend von einer Fläche **25** des Laufradkörpers **10** oder sich ausgehend von der radial innen liegenden Fläche des radialen Spitzenabschnitts **24** erstrecken können, bilden der radiale Spitzenabschnitt **24** und die Dichtungszähne **33** eine (auch als "Dichtungsbereich" bezeichnete axiale) erste Dichtung **32** zwischen benachbarten Stufen der Turbomaschine **2**.

[0049] Der radiale Spitzenabschnitt **24** kann einen sich axial erstreckenden Flansch **28** aufweisen, der mit einem Schlitz (oder einer Öffnung) **30** ausgebildet ist, der (bzw. die) sich (beispielsweise zumindest teilweise radial) durch ihn hindurch erstreckt. Der sich axial erstreckende Flansch **28** (der den Schlitz **30** aufweist) dient dazu, einen Fluidstrom, z.B. eine Richtung eines Fluidstroms (z.B. eines Dampfstroms) in

der Turbomaschine **2** zu steuern. D.h., während des Betriebs der Turbomaschine **2** kann der sich axial erstreckende Flansch **28** (der den Schlitz **30** aufweist) dazu beitragen, zu verhindern, dass in der Turbomaschine **2** eine Verwirbelung in dem Fluid in den Dichtungsbereich **32** eintritt. Wie hier beschrieben, können die Begriffe "Wirbel" und/oder "Fluidverwirbelung" sich auf eine Tangentialgeschwindigkeitskomponente von Fluid in derselben Drehrichtung beziehen.

[0050] Fig. 1 zeigt darüber hinaus, dass eine der axial angeordneten Laufschaufeln **6**, die zu dem wenigstens einen Leitapparat **18** benachbart angeordnet sind, einen Basisabschnitt **8** mit einem Hakenflansch **34** aufweist (z.B. mit einem hakenförmigen Flansch oder mit einem zweiteiligen Flansch, der sich teilweise axial und teilweise radial erstreckt und auch als "Engelsflügel"-Flansch bezeichnet sein kann). Wie gezeigt, erstreckt sich der Hakenflansch **34** axial in Richtung des wenigstens einen Leitapparats **18**. Der Hakenflansch **34** kann den sich axial erstreckenden Flansch **28** axial überlappen, um eine (teilweise radiale) zweite Dichtung **35** (die auch als zweiter Dichtungsbereich bezeichnet ist) zu bilden, die dazu beiträgt, Leckstrom daran zu hindern, den Schlitz (oder die Öffnung) **30** zwischen einem primären Strömungspfad **36** und einem sekundären Strömungspfad **38** in der Turbomaschine **2** zu umgehen. In dem in Fig. 1 veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist gezeigt, dass der Hakenflansch **34** den Schlitz **30** in dem sich axial erstreckenden Flansch **28** nicht axial überlappt, so dass der Schlitz **30** weiter einen Fluidstrom durch ihn hindurch gestattet, um den Eintritt einer Fluidverwirbelung in den Bereich der Dichtung **32** in der Turbomaschine **2** zu verringern. Fig. 1 zeigt darüber hinaus, dass die Dichtung **32** einen Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen **33** aufweist, die sich in manchen Fällen ausgehend von der radial äußeren Fläche **25** des Laufradkörpers **10** in Richtung eines radialen Endes des radialen Spitzenabschnitts (der inneren Leitapparatabdeckung) **24** erstrecken können, oder in anderen Fällen sich ausgehend von der radial innen liegenden Fläche des radialen Spitzenabschnitts **24** erstrecken können. Auf jeden Fall sind die sich radial erstreckenden Dichtungszähne **33** mit der Außenfläche **25** des Laufradkörpers **10** oder mit der radial innen liegenden Fläche des radialen Spitzenabschnitts **24** verbunden.

[0051] Der Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen **33** kann für die Durchquerung eines Leckstromfluids (z.B. Dampf) einen gewundenen Pfad bilden, so dass dadurch der Wirkungsgrads der Turbomaschine **2** verbessert wird. Um den Leckstrom weiter zu verringern und den Turbomaschinenwirkungsgrad zusätzlich zu verbessern, können in manchen Fällen eine oder mehrere Schichten abschleifbaren Materials **37** auf den radialen Innenumfang (d.h., die Oberfläche) des radialen Spitzenabschnitts

24 (d.h., auf die innere Abdeckung) aufgebracht werden, um den Toleranzabstand zwischen Spitzen der Dichtungszähne **33** und der radial äußeren Fläche des radialen Spitzenabschnitts **24** (d.h., der inneren Abdeckung) zu verringern und die Gefahr des Laufradreibens auf ein Minimum zu reduzieren. Darüber hinaus kann die durch den Schlitz **30** und den zweiten Dichtungsbereich **35** herbeigeführte Verringerung der Verwirbelung die destabilisierende unsteife Dampfkraft in den Dichtungshohlräumen in dem ersten Dichtungsbereich **32** (zwischen benachbarten Dichtungszähnen **33**) verringern und somit die dynamische Stabilität eines Laufrads verbessern.

[0052] Fig. 2 zeigt eine aufgeschnittene Ansicht des sich axial erstreckenden Flansches **28**, der mehrere Schlitze (oder Löcher) **30** aufweist, die sich durch ihn hindurch erstrecken. In manchen Fällen erstrecken sich die Schlitze **30** durch den sich axial erstreckenden Flansch **28** zumindest teilweise in Umfangsrichtung. Wie gezeigt, erstrecken sich die Schlitze **30** in sämtlichen Fällen zur Gänze radial (r) durch den sich axial erstreckenden Flansch **28**. In manchen Fällen weisen die Schlitze **30** in Umfangsrichtung versetzte Öffnungen auf, so dass eine radial innen liegende Öffnung **44** gegenüber einer radial außen liegenden Öffnung **46** in Umfangsrichtung versetzt (radial nicht fluchtend ausgerichtet) ist. Wie gezeigt, ist der Schlitz **30** dazu eingerichtet, einem Fluid zu gestatten, von dem primären Strömungspfad **36** zu dem sekundären Strömungspfad **38** zu strömen, was die Hemmung einer Fluidverwirbelung in dem sekundären Strömungspfad **38** (oder Leckagepfad) unterstützen kann.

[0053] Eine abgewandelte Darstellung der Turbomaschine **2** von Fig. 1 ist in der schematischen Schnittansicht der Turbomaschine **102** in Fig. 3 gezeigt. Hier repräsentieren identisch nummerierte Elemente im Wesentlichen identische Bauteile. In dieser Darstellung enthält die Turbomaschine **102** einen radialen Spitzenabschnitt **104**, der mit dem radialen Ende **26** der Laufschaufel **22** verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt **104** einen axialen Flansch **108** mit einem Schlitz **110** aufweist, der sich durch ihn (z.B. zur Gänze radial) hindurch erstreckt, um die Richtung eines Fluidstroms (z.B. Dampfstroms) zu steuern. Wie mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben, kann der radiale Spitzenabschnitt **104** der Turbomaschine **102** mit Dichtungszähnen **33** zusammenwirken, um einen ersten Dichtungsabschnitt **132** zu bilden. Die Dichtungszähne **33** können sich ausgehend von der Oberfläche **25** des Laufradkörpers **10** radial erstrecken und in die radial innen liegende Fläche des radialen Spitzenabschnitts **104** eingreifen. Der erste Dichtungsabschnitt **132** kann dazu beitragen, einen axialen sekundären Fluidstrom zwischen Stufen der Turbomaschine **102** zu verhindern. In vielfältigen Ausführungsbeispielen ist der axiale Flansch **108**, und speziell der Schlitz **110**, in der Lage, eine

Richtung des Stroms von Fluid zu steuern, das dem ersten Dichtungsbereich **132** in der Turbomaschine **102** zugeführt wird. In vielfältigen Ausführungsbeispielen weist der axiale Flansch **108** eine innere Dichtungsfläche auf, die zu einem axial äußersten Dichtungszahn **33A** in dem Satz von Dichtungszähnen **33** passt, so dass eine zweite Dichtung (oder ein zweiter Dichtungsbereich) **135** gebildet wird. In einigen Ausführungsbeispielen lässt sich die Dichtungseffizienz beider Dichtungen **132** und **135** mittels einer abschleifbaren Beschichtung **37** verbessern, die auf dem radialen Spitzenabschnitt **104** aufgetragen sein kann. Der Schlitz **110** kann zwischen der ersten Dichtung **132** und der zweiten Dichtung **135** angeordnet sein. In vielfältigen Ausführungsbeispielen erstreckt sich der Schlitz **110** radial zwischen benachbarten Dichtungszähnen **33** in dem Satz von Dichtungszähnen (z.B. zwischen dem axial äußersten Dichtungszahn **33A** und seinem benachbarten Dichtungszahn **33**). In einigen Ausführungsbeispielen kann die zweite Dichtung **135** Leckstromfluid in den Schlitz **110** drücken, und somit die Richtung eines Fluidstroms, die zu der ersten Dichtung **132** führt steuern. Währenddessen kann die erste Dichtung **132** einen Leckstrom (z.B. von Dampf) reduzieren, der die Leitapparatschaufeln **22** umgeht. Im Unterschied zu dem anhand Fig. 1 veranschaulichten und beschrieben Ausführungsbeispiel, weist der radiale Spitzenabschnitt **104** der Turbomaschine **102** in manchen Fällen einen Schlitz **110** auf, der sich zwischen benachbarten Dichtungszähnen **33** erstreckt, die sich ausgehend von der Oberfläche **25** des Laufradkörpers **10** erstrecken. In manchen Fällen kann der Schlitz **110** einen ähnlichen Querschnitt aufweisen, wie er hinsichtlich des Schlitzes **30** in Fig. 2 dargestellt ist.

[0054] Eine abgewandelte Darstellung der Turbomaschine **2** von Fig. 1 und der Turbomaschine **102** von Fig. 3 ist in der schematischen Schnittansicht der Turbomaschine **202** in Fig. 4 gezeigt. Hierfür repräsentieren identisch nummerierte Elemente im Wesentlichen identische Bauteile. In dieser Darstellung enthält die Turbomaschine **202** einen (auch als innere Leitapparatabdeckung bezeichneten) radialen Spitzenabschnitt **204**, der mit dem radialen Ende **26** der Laufschaufel **22** verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt **204** eine radial zugewandte Fläche **206**, eine axial zugewandte Fläche **208**, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist **206**, und einen Schlitz (oder eine Öffnung) **210** (wenigstens einen Schlitz **210**) aufweist, der sich durch die axial zugewandte Fläche **208** und durch die radial zugewandte Fläche **206** erstreckt. Der Schlitz **210** kann genutzt werden, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine **202** zu steuern. In manchen Fällen kann der Schlitz **210** genutzt werden, um mittels einer zweiten Dichtung **235** die Richtung eines Fluidstroms zu steuern, die zu einer ersten Dichtung **232** führt.

[0055] In vielfältigen Ausführungsbeispielen weist der Schlitz **210** an der radial zugewandten Fläche **206** zwischen benachbarten sich radial erstreckenden Dichtungszähnen **33** (die sich von der radial außen liegenden Wand **25** des Laufradkörpers **10** in Richtung der radial zugewandten Fläche **206** erstrecken und zu dem radialen Spitzenabschnitt **204** passen) eine Öffnung **214** auf. Wie in **Fig. 4** gezeigt, kann die radial zugewandte Fläche **206** auf mehrfach abgestuften Segmenten von Stirnflächen basieren. Einige der Stufen können axial zugewandt sein. In vielfältigen Ausführungsbeispielen ist der Schlitz **210** zudem auf der axial zugewandten Fläche **208** des radialen Spitzenabschnitts **204** mit einer Öffnung **217** und auf der axial zugewandten Stufe mit einer weiteren Öffnung ausgebildet. In manchen Fällen, beispielsweise im Falle eines Verdichters, ist die axial zugewandte Fläche **208** eine stromabwärts gelegene Fläche. Der Schlitz kann genutzt werden, um Verwirbelung zu verringern, oder um den Leckstrom zurück zu dem Hauptströmungspfad zu leiten. In vielfältigen Ausführungsbeispielen erstreckt sich der Schlitz **210** im Wesentlichen diagonal (geradlinig) zwischen der radial zugewandten Fläche **206** und der axial zugewandten Fläche **208**.

[0056] **Fig. 5** veranschaulicht anhand einer durch den Schlitz **210** hindurch aufgeschnittenen Ansicht des radialen Spitzenabschnitts **204**, wie sich mehrere Schlitze **210** durch den radialen Spitzenabschnitt **204** erstrecken. In manchen Fällen erstrecken sich die Schlitze **210** durch den radialen Spitzenabschnitt **204** zumindest teilweise in Umfangsrichtung. Wie gezeigt, erstrecken sich die Schlitze **210** in sämtlichen Fällen zur Gänze radial (r) durch den radialen Spitzenabschnitt **204**. In manchen Fällen weisen die Schlitze **210** in Umfangsrichtung versetzte Öffnungen auf, so dass eine radial innen liegende Öffnung **220** gegenüber einer radial außen liegenden Öffnung **222** in Umfangsrichtung versetzt (d.h., radial nicht fluchtend ausgerichtet) ist.

[0057] Es versteht sich, dass die hier (z.B. mit Bezug auf **Fig. 5**) beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispiele wirbelhemmender Leitapparatdichtungen gleichermaßen in einer Laufschaufel-spitzendichtung verwendet werden können. In vielfältigen abgewandelten Ausführungsbeispielen lassen sich ähnliche Grundzüge einer Strömungsunterbrechung, wie in **Fig. 6** gezeigt, auf den Ort der Schaufelspitzen einer Turbomaschine **302** anwenden. In diesen Fällen verläuft ein Schlitz (oder eine Öffnung) **310** axial durch ein radiales Stufenmerkmal **308**, das sich ausgehend von einem stationären Bauteil **324** erstreckt und mit der Zwischenwand **12** einstückig ausgebildet sei kann oder ein daran befestigtes Teil sein kann. Ein erster Dichtungsbereich **332** ist ausgebildet, der Dichtungszähne **333A**, **333C** (die sich ausgehend von dem Schaufelmantel **9** erstrecken) und einen Dichtungszahn **333B** aufweist

(der sich von der radial nach innen weisenden Oberfläche der Zwischenwand **12** erstreckt). Diese Dichtungszähne **333A**, **333C**, **333B** bilden einen gewundenen Strömungspfad zwischen der Schaufelhaube **9** und der Zwischenwand **12**, um den Leckstrom zu beschränken. Weiter ist ein zweiter Dichtungsbereich **335** gebildet, der mindestens einen von der Schaufelhaube **9** ausgehenden Zahn **333A** und eine innenliegende passende Fläche auf dem Stufenmerkmal **308** aufweist. Der zweite Dichtungsbereich **335** kann Leckstrom durch den Schlitz **310** drücken, so dass dadurch eine positive Verwirbelung in die erste Dichtung **332** hinein verringert wird.

[0058] In einer Abwandlung kann der Dichtungszahn **333B**, wie in **Fig. 1**, **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt, durch eine Bürstendichtung **40** ersetzt sein. Darüber hinaus kann eine weitere abschleifbare Beschichtung auf dem Innenumfang (auf der radial innen liegenden Fläche) des Merkmals **308** (das den Zahn **333A** berührt) aufgebracht sein.

[0059] In vielfältigen weiteren Ausführungsbeispielen kann der Schlitz **310**, um die dynamische Stabilität eines Laufrads weiter zu verbessern, in Umfangsrichtung gegen die Drehrichtung der Turbomaschine **302** unter einem Winkel ausgerichtet sein, um eine negative Verwirbelung zu erzeugen, die die Laufraddynamik zusätzlich stabilisiert.

[0060] Die hier verwendete Terminologie dient lediglich zur Vereinfachung der Erläuterung spezieller Ausführungsformen und soll die Beschreibung nicht beschränken. In dem hier verwendeten Sinne sollen die Singularformen unbestimmter oder bestimmter Artikel auch die Mehrzahlformen einschließen, sofern aus dem Zusammenhang nicht ausdrücklich Entgegenstehendes hervorgeht. Weiter ist klar, dass die in dieser Beschreibung verwendeten Begriffe "weist auf/beinhaltet" und/oder "aufweisend/beinhaltend" das Vorhandensein von genannten Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsschritten, Operationen, Elementen und/oder Bauteilen spezifizieren, jedoch nicht das Vorhandensein oder die Hinzufügung einzelner oder mehrerer sonstiger Merkmale, ganzer Zahlen, Schritte, Arbeitsschritte, Operationen, Elemente, Bauteile und/oder Gruppen davon ausschließen. Weiter versteht sich, dass die Begriffe "Vorderseite" und "Rückseite" nicht als beschränkend zu bewerten sind, und dass sie austauschbar sein sollen, wo es angemessen erscheint. Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung einschließlich des besten Modus zu beschreiben, und um außerdem jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, beispielsweise beliebige Vorrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen, und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen. Der patentfähige Schutzbereich der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn

kommende Beispiele umfassen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzzumfang der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche nicht unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche enthalten.

[0061] Verschiedene Ausführungsbeispiele beinhalten eine Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Dichtung. In vielfältigen speziellen Ausführungsbeispielen gehören zu einer Turbomaschine: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

Bezugszeichenliste

2	Turbomaschine
4	Laufradabschnitt
6	Laufschaufeln
7	Schaufelblattabschnitt
8	Basisabschnitt
9	Mantel
10	Laufradkörper
12	Zwischenwandabschnitt
14	Leitapparate
16	Sätze von Schaufelblättern
18	Leitapparat
20	Leitapparatbasisabschnitt
22	Schaufel
24	radialer Spitzenabschnitt
25	Oberfläche (radial außen liegende Wand) des Laufradkörpers
26	radiales Ende der Laufschaufel
28	sich axial erstreckender Flansch
30	Schlitz
32	Dichtungsbereich
33	Dichtungszähne

33A

34

35

36

37

38

40

44

46

102

104

108

110

132

135

202

204

206

208

210

214

217

220

222

232

235

302

308

310

324

332

333A, 333B, 333C

335

axial äußerster Dichtungszahn

Hakenflansch

zweiter Dichtungsbereich

primärer Strömungspfad

abschleifbares Material

sekundärer Strömungspfad

Bürstendichtung

radial innen liegende Öffnung

radial außen liegende Öffnung

Turbomaschine

radialer Spitzenabschnitt

axialer Flansch

Schlitz

erste Dichtung

zweite Dichtung

Turbomaschine

radialer Spitzenabschnitt

radial zugewandte Fläche

axial zugewandte Fläche

Schlitz

Öffnung

Öffnung

radial innen liegende

Öffnung

radial außen liegende

Öffnung

erste Dichtung

zweite Dichtung

Turbomaschine

radiales Stufenmerkmal

Schlitz

stationäres Bauteil

erster Dichtungsbereich

Dichtungszähne

zweiter Dichtungsbereich

Patentansprüche

1. Turbomaschine, zu der gehören:
ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist;
ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei

der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält:

einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist;

ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und

einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

2. Turbomaschine nach Anspruch 1, ferner mit einem Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich ausgehend von dem Laufradabschnitt erstrecken und zu dem radialen Spitzenabschnitt passen.

3. Turbomaschine nach Anspruch 1, ferner mit mindestens einem radial sich erstreckenden Dichtungszahn, der sich ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt erstreckt und zu dem Laufradabschnitt passt.

4. Turbomaschine nach Anspruch 1, wobei der Schlitz sich zur Gänze radial durch den sich axial erstreckenden Flansch erstreckt.

5. Turbomaschine nach Anspruch 1, wobei eine der axial angeordneten Laufschaufeln, die benachbart zu wenigstens einem Leitapparat sind, außerdem aufweist:

einen Basisabschnitt, der mit dem Laufradkörper verbunden ist; und

einen Schaufelblattabschnitt, der sich radial von dem Basisabschnitt in Richtung des Zwischenwandabschnitts erstreckt,

wobei der Basisabschnitt einen Hakenflansch aufweist, der sich axial in Richtung des wenigstens einen Leitapparats erstreckt.

6. Turbomaschine nach Anspruch 5, wobei der Hakenflansch axial mit dem sich axial erstreckenden Flansch überlappt, um eine partielle radiale Dichtung zu bilden.

7. Turbomaschine nach Anspruch 6, wobei der Hakenflansch in dem sich axial erstreckenden Flansch den Schlitz nicht axial überlappt.

8. Turbomaschine nach Anspruch 1, wobei sich der Schlitz wenigstens teilweise in Umfangsrichtung durch den Dichtungsabschnitt erstreckt.

9. Turbomaschine, zu der gehören:

ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist;

ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten

aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält:

einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist;

ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und

einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist:

eine radial zugewandte Fläche;

eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und

einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

10. Turbomaschine, zu der gehören:

ein Laufradabschnitt mit Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln, wobei jede der axial angeordneten Laufschaufeln aufweist:

einen Basisabschnitt, der mit einem Laufradkörper verbunden ist; und

einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt radial erstreckt;

ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen der axial angeordneten Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält:

einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist;

ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und

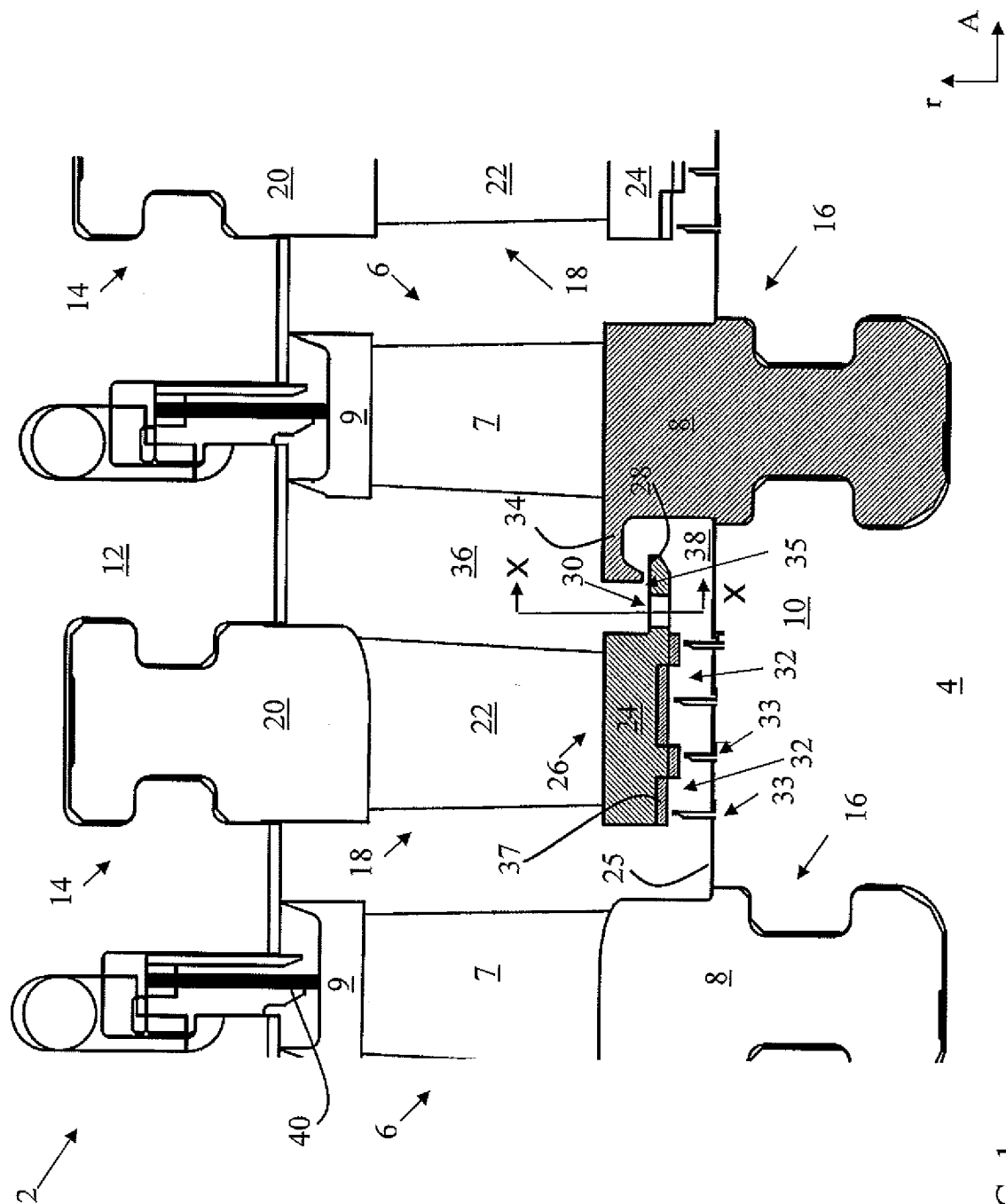
einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist;

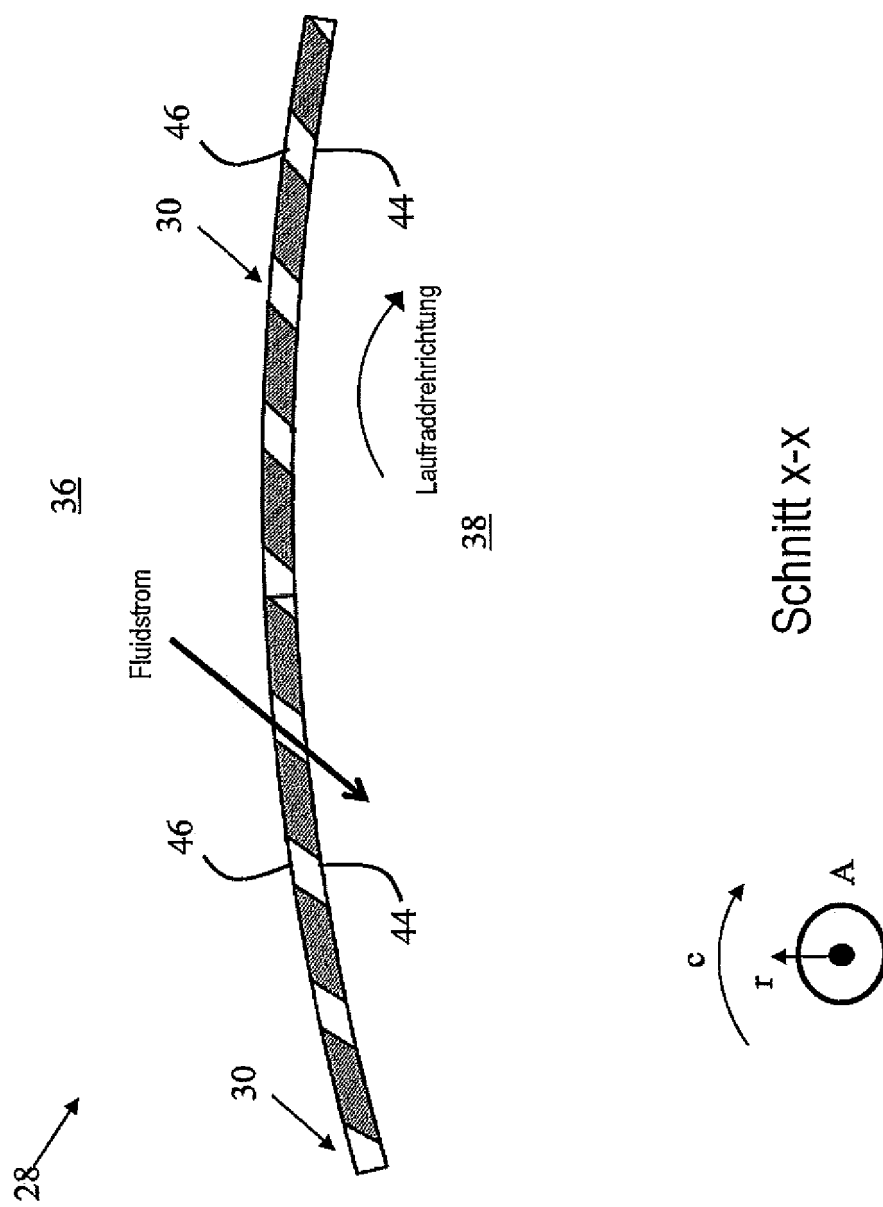
ein Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich entweder ausgehend von dem Körper des Laufrads oder ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt des wenigstens einen Leitapparats erstrecken; und

eine radiale Stufe, die sich ausgehend von dem Zwischenwandabschnitt radial erstreckt, wobei die radiale Stufe einen Schlitz aufweist, der sich durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





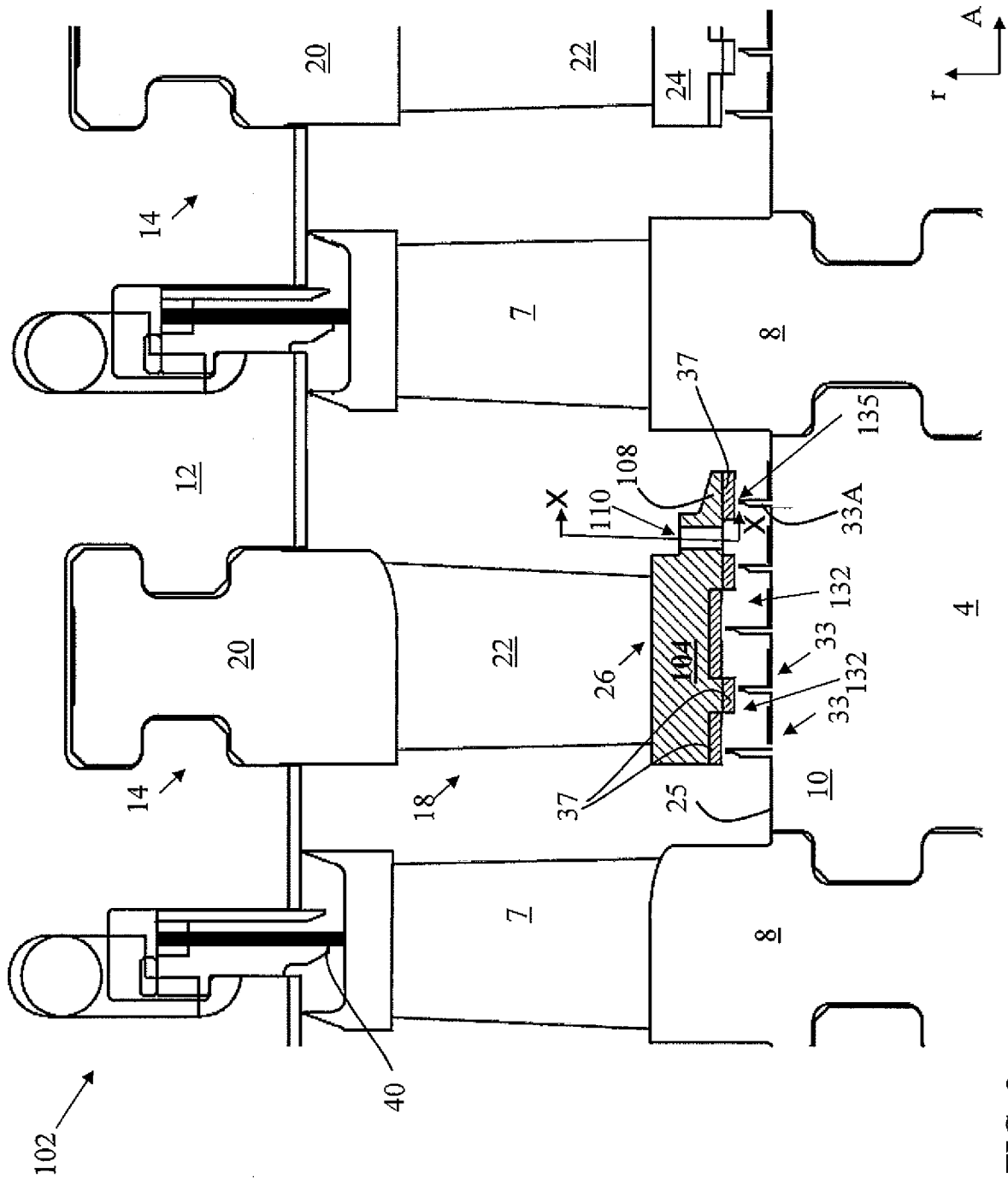


FIG. 3

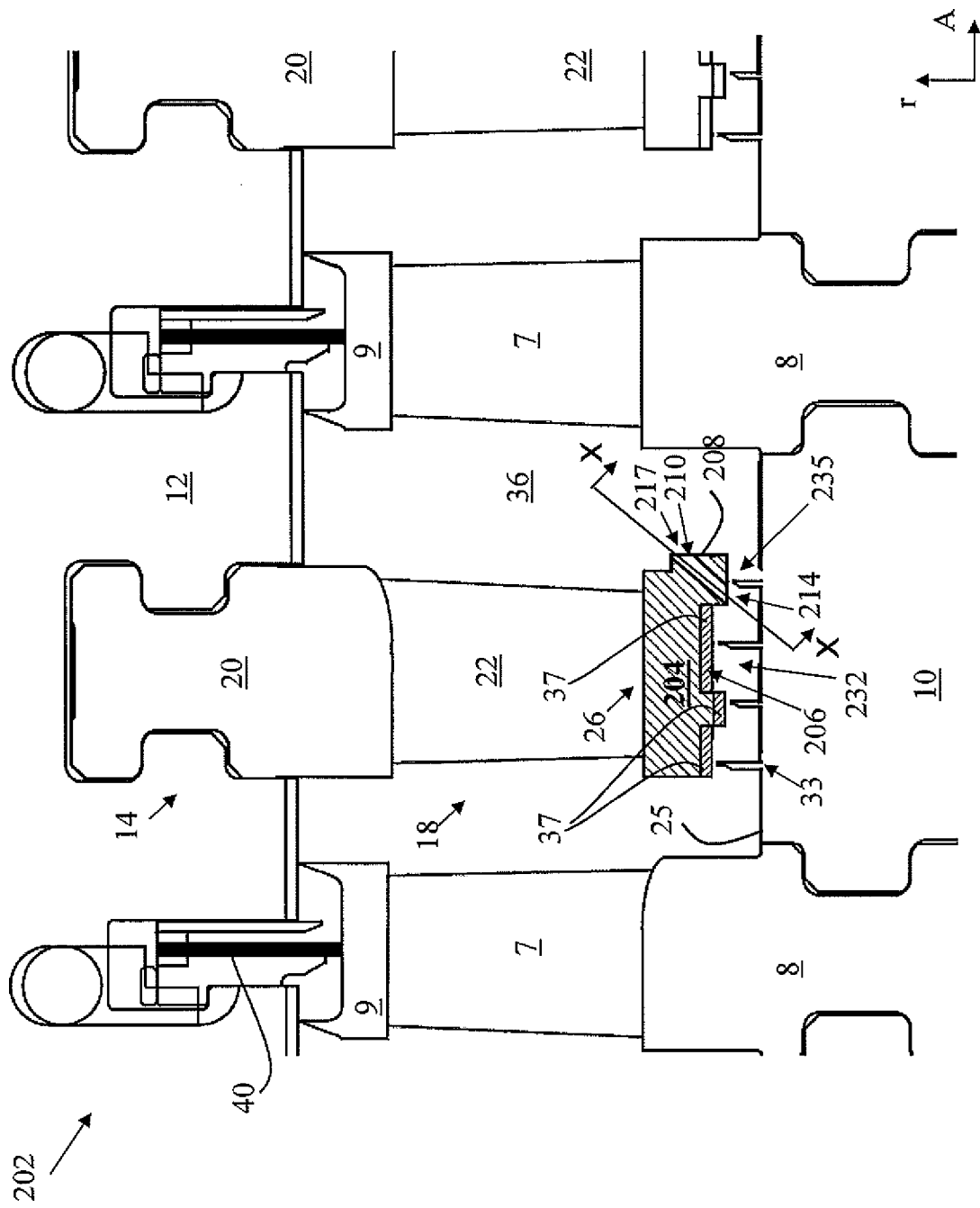


FIG. 4

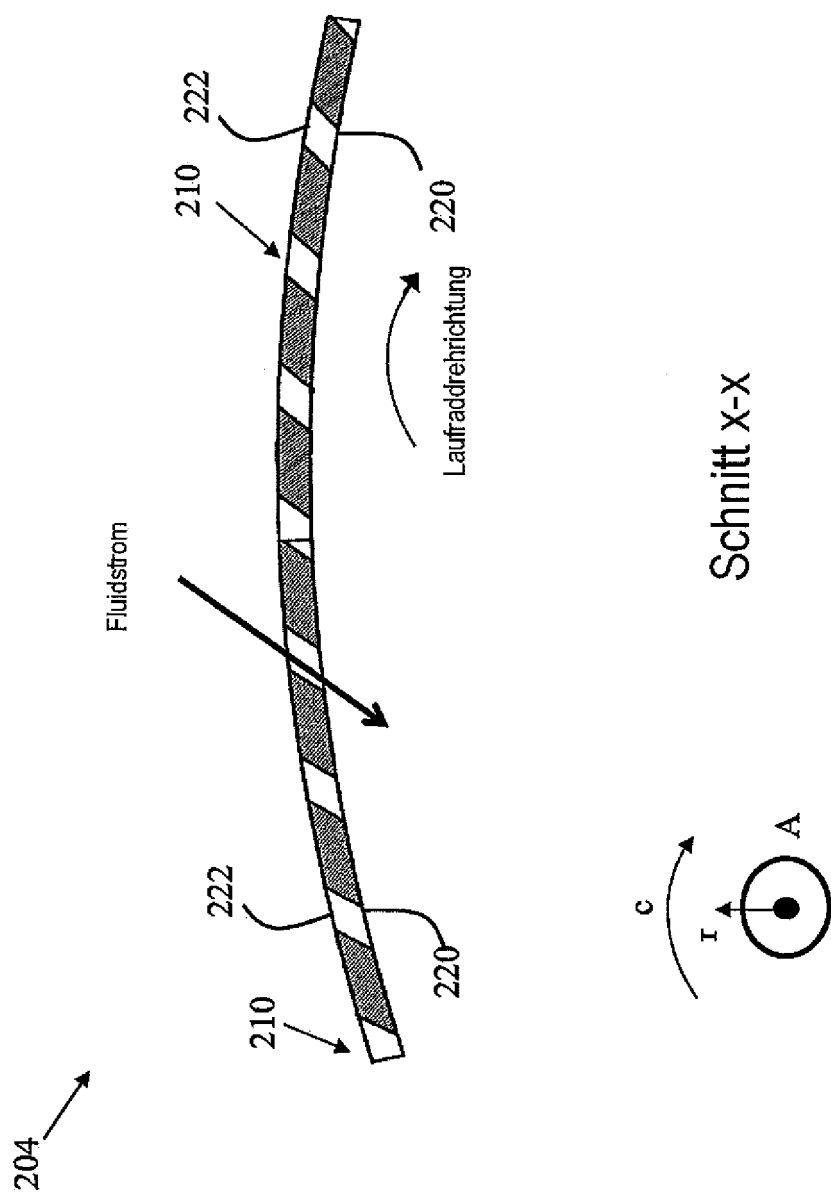


FIG. 5

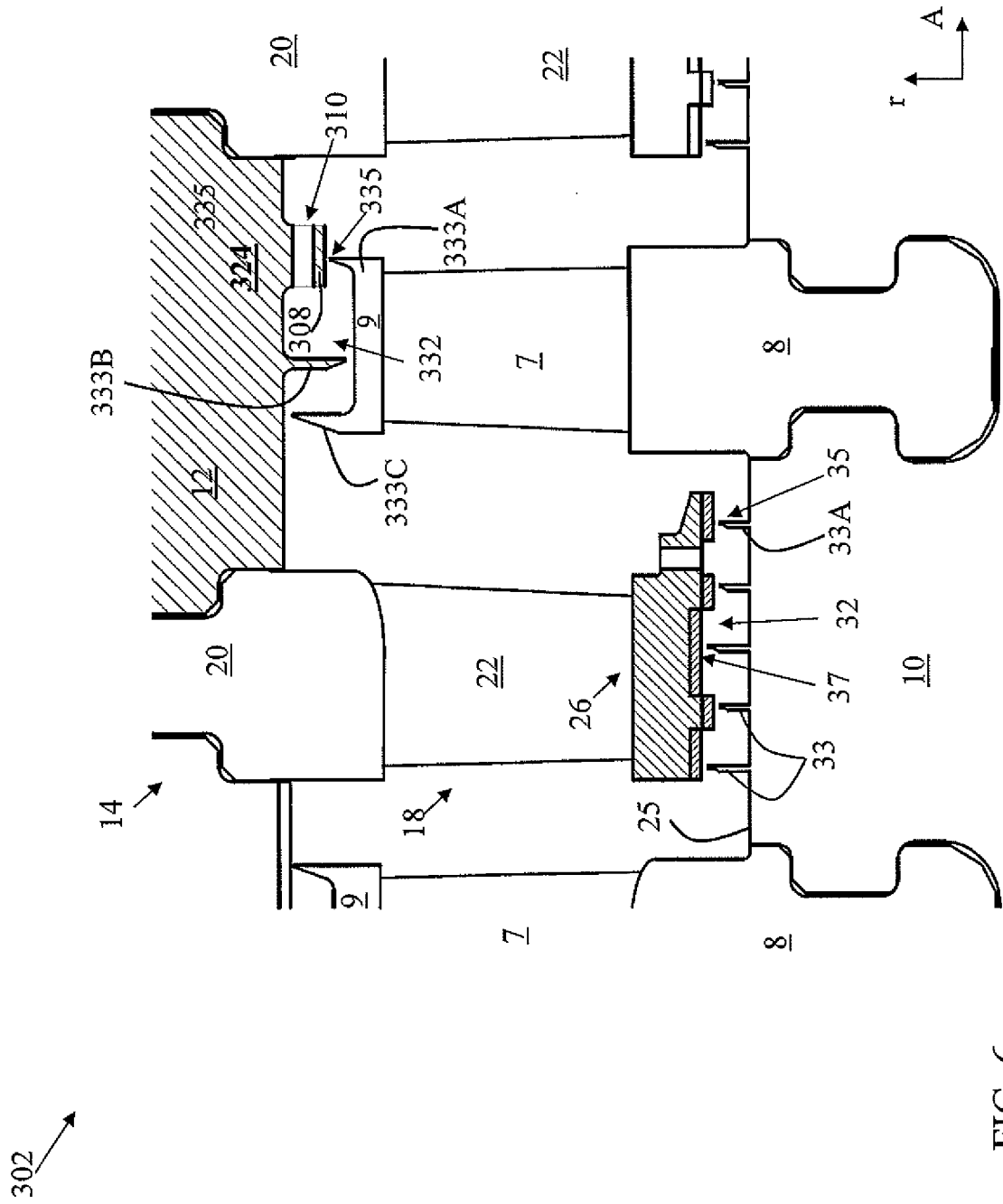


FIG. 6