

(19)



(11)

EP 2 011 965 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.01.2009 Patentblatt 2009/02

(51) Int Cl.:
F01D 5/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08158102.7**

(22) Anmeldetag: **12.06.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(72) Erfinder: **Pichel, Sacha**
12203 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Wablat, Wolfgang**
Patentanwalt
Dr. Dr. W. Wablat
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)

(30) Priorität: **06.07.2007 DE 102007031712**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben eines Strahltriebwerkes**

(57) Vorrichtung (3) zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben (4, 6, 9) eines Strahltriebwerkes, das im Wesentlichen einen axialen Verdichter mit mehreren beschauften Rotorscheiben (4, 6, 9), mindestens einen Turbinenabschnitt, mindestens eine Welle und mindestens einen Zuganker (12, 47) umfasst, wobei mindestens zwei beschauelte Rotorscheiben an der Verdichtereintrittsseite (2) als Blinks (6) ausgebildet sind, die

jeweils eine einteilige Ausführungsform einer Rotorscheibe mit am Umfang verteilten Laufschaufeln (5) bilden. Um eine Vorrichtung zum Einspannen von Blinks zur Verfügung zu stellen, die leicht montierbar und demontierbar ist, sieht die Erfindung vor, dass die Blinks (6) mittels des Zugankers (12, 47) lösbar eingespannt und die anderen Rotorscheiben (4, 9) separat und unabhängig vom Zuganker (12, 47) fest miteinander verbunden sind.

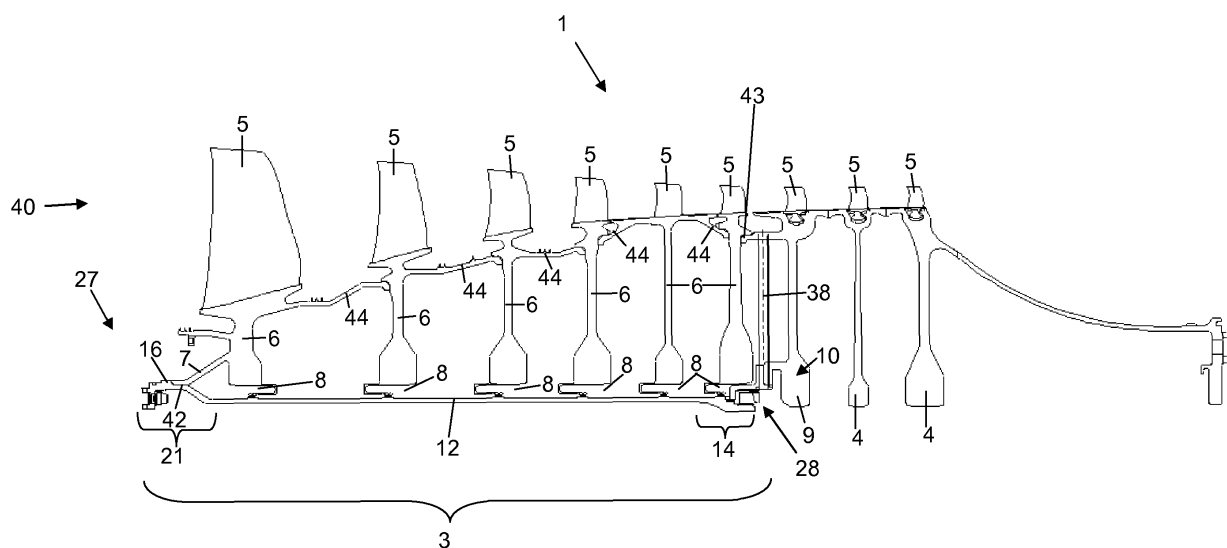


Fig. 1

EP 2 011 965 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben eines Strahltriebwerkes und eine Verwendung der Vorrichtung in einem Strahltriebwerk. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben mit der Vorrichtung in einem Strahltriebwerk.

[0002] In Turbinentriebwerken werden die Turbine und der Verdichter üblicherweise auf einer Welle angeordnet. Insbesondere bei axial durchströmter Bauweise besteht der Verdichter hierbei aus mehreren Rotorscheiben, die jeweils eine Schaufelreihe tragen und untereinander verschweißt oder verschraubt sind.

[0003] Bei einigen Verdichtern besteht nur ein Teil des Verdichters auf der Eintrittsseite aus Blisks (bladed disks), bei denen jeweils eine Scheibe mit den zugehörigen Schaufeln integral geformt ist. Speziell im vorderen Teil der Trommel lassen sich dadurch erhebliche Gewichtseinsparungen erzielen. Zur besseren Austauschbarkeit und Reparatur werden diese meist recht teuren Einzelkomponenten bevorzugt verschraubt statt verschweißt ausgeführt. Hierzu kommen einzelne Flansche in Frage, die jedoch Gewicht hinzufügen und das rotordynamische Verhalten verschlechtern.

[0004] Des weiteren sind auch Anordnungen bekannt, bei denen sämtliche Rotorscheiben des Verdichters oder des gesamten Rotors über Zuganker eingespannt sind.

[0005] Beim Einspannen einer größeren Anzahl von Scheiben tritt jedoch das Problem auf, dass eine ausreichend große Vorspannkraft über den gesamten Betriebsbereich aufrecht erhalten werden muss, was eine gute Abstimmung des thermischen Verhaltens von Rotor und Zuganker erfordert. Außerdem muss der Zuganker eine gute Steifigkeit aufweisen.

[0006] Bei einer Verwendung von Zugankern ergeben sich außerdem Probleme bei der Demontage der Blisks im Schadensfall. Es muss immer der gesamte Rotor oder zumindest der gesamte Verdichter demontiert werden, um die Blisks austauschen zu können. Außerdem können vorhandene Wirbelgleichrichter, z.B. in Röhrenbauweise, nur schwer ein- und ausgebaut werden.

[0007] Die US 6,267,553 B1 offenbart eine Gasturbine mit einem Hochdruckverdichter, bei dem mehrere rohrförmige Zuganker vorhanden sind. Die Zuganker sind durch Öffnungen in den Rotorscheiben geführt, die radial um die Scheibenmitte angeordnet sind. Das Verspannen erfolgt über Schrauben, die in die Innengewinde der Zuganker eingeschraubt sind.

[0008] Die US 5,537,814 beschreibt einen Zuganker für einen Gasturbinenantrieb, der nicht nur die Rotorscheiben des Verdichters, sondern auch die der Turbine einspannt. Der Zuganker ist hier eine Hohlwelle, die mit der Blisk in der ersten Stufe verschraubt ist. Stromab eines radialen Verdichterlaufrades ist eine Mutter auf ein Gewinde des Zugankers aufgeschraubt, um den Zuganker zu spannen.

[0009] Die Durchführung eines Zugankers durch die

Scheiben erfordert zusätzliche Bohrungen in den Scheiben oder vergrößerte Scheibeninnendurchmesser, wodurch sich das Scheibengewicht erhöht.

[0010] Eine ungeteilte Welle erlaubt außerdem keinen separaten modularen Aufbau von Verdichter und Turbine. Die Luftdurchführung eines ggf. vorhandenen Wirbelgleichrichters ist erschwert.

[0011] Die Länge des Zugankers sowie verschiedene Materialien und Ausdehnungskoeffizienten der Scheiben erschweren die thermische Abstimmung zwischen Welle und Rotor und damit den Erhalt einer gleichmäßigen Vorspannkraft. Die während des Betriebs variable Vorspannkraft und die Länge des Zugankers verschlechtern die Steifigkeit des Rotors.

[0012] Für eine möglichst geringe thermische Beanspruchung und daher geringes Gewicht der Scheiben sollte der Temperaturgradient entlang der Scheibe relativ gering sein. Da die Temperatur am Rotoraußendurchmesser von Stufe zu Stufe zunimmt, führt die gleichmäßige Temperatur im Rotorinnern jedoch bei einzelnen Scheiben zu erheblichen Temperaturgradienten.

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben zu schaffen, die leicht montierbar und demontierbar ist.

[0014] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Verwendung mit den Merkmalen des Anspruchs 19 gelöst. Weiterhin wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben mit den Merkmalen des Anspruchs 20 gelöst. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0015] Erfindungsgemäß sind bei einer Vorrichtung zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben eines Strahltriebwerkes, das im Wesentlichen einen axialen Verdichter mit mehreren beschauften Rotorscheiben, mindestens einen Turbinenabschnitt, mindestens eine Welle und mindestens einen Zuganker umfasst, wobei mindestens zwei beschauften Rotorscheiben an der Verdichtereintrittsseite als Blisks ausgebildet sind, die jeweils eine einteilige Ausführungsform einer Rotorscheibe mit am Umfang verteilten Laufschaufeln bilden, die Blisks mittels des Zugankers lösbar eingespannt und die anderen Rotorscheiben separat und unabhängig vom Zuganker fest miteinander verbunden.

[0016] Das Einspannen der Blisks mit Hilfe eines Zugankers ermöglicht eine einfache Montage und Demontage sowohl beim Einbau als auch bei der Wartung oder im Schadensfall. Die Blisks können dabei einfach ein- bzw. ausgebaut werden, ohne dass z.B. mehrfache Verschraubungen gelöst werden müssen. Dadurch, dass die Blisks getrennt von den übrigen Rotorscheiben eingespannt sind, ergeben sich für den Zuganker eine kurze Baulänge und damit eine gute Steifigkeit.

[0017] Der Zuganker ist im Wesentlichen rohrförmig ausgebildet, innerhalb von zentralen Öffnungen in den als Blisks ausgebildeten Rotorscheiben angeordnet und

fest mit einer Welle verbunden, die durch mindestens einen Turbinenabschnitt angetrieben wird. Die ohnehin in den Blinks vorhandenen zentralen Öffnungen können gut zur Montage und Demontage des Zugankers verwendet werden, und es sind keine zusätzlichen Bohrungen in den Scheiben erforderlich. Der Zuganker wird nicht durch die in Strömungsrichtung auf die Blinks folgenden Rotorscheiben hindurchgeführt, so dass die Scheibendurchmesser dieser Rotorscheiben nicht vergrößert werden müssen.

[0018] Die Blinks sind mittels des Zugankers zwischen mindestens einer ersten Anordnung, die stromauf der Blinks liegt, und mindestens einer zweiten Anordnung, die stromab der Blinks liegt und mit einer Rotorscheibe verbunden ist, die stromab an die Blinks angrenzt, eingespannt. Auf diese Weise wird bewirkt, dass die Blinks unabhängig von der Verbindung zwischen den übrigen Rotorscheiben eingespannt werden können.

[0019] Vorzugsweise umfasst die erste Anordnung eine Anschlaganordnung und die zweite Anordnung eine Spannordnung. Durch die Spannordnung können die Blinks gegenüber der Anschlaganordnung auf einfache Weise verspannt werden.

[0020] Die Anschlaganordnung umfasst stromauf der Blinks eine Verlängerung einer Blik der ersten Stufe, die an einen Anschlag am Zuganker angrenzt. Dies stellt eine einfache Ausführungsform einer Anschlaganordnung dar.

[0021] Die Spannordnung umfasst mindestens ein Spannelement, das zur Kraftübertragung zwischen dem Zuganker und der Rotorscheibe dient.

[0022] Das Spannelement ist im Wesentlichen ringförmig und weist einen flanschförmigen, radial nach außen gerichteten Befestigungsabschnitt, einen axialen rohrförmigen Mittenabschnitt und einen radial nach innen gerichteten Spannabschnitt auf. Dadurch ist eine Kraftübertragung möglich, die gleichmäßig über den Umfang erfolgt.

[0023] Der radial nach außen gerichtete Befestigungsabschnitt des Spannelements ist an einem Abschnitt der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, befestigt. Dadurch wird die im Spannelement und im Zuganker erzeugte Spannung auf die Rotorscheibe übertragen.

[0024] Der radial nach außen gerichtete Befestigungsabschnitt des Spannelements ist an einem radial innen liegenden Abschnitt der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, befestigt.

[0025] Vorteilhaft ist der Befestigungsabschnitt des Spannelements an einem radial innen liegenden Abschnitt der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, befestigt. Die Kraftübertragung erfolgt in diesem Fall ohne größere Umlenkungen.

[0026] Vorzugsweise weist der Zuganker an seinem stromab liegenden Ende einen Absatz auf, dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Außendurchmesser eines stromauf angrenzenden Abschnittes des Zugankers, und der radial nach innen gerichtete Spannabschnitt des Spannelements umschließt den Absatz radi-

al, wobei der radial nach innen gerichtete Spannabschnitt des Spannelements gegenüber dem Absatz axial verschiebbar und im Betrieb von einer axialen Begrenzung des Absatzes beabstandet ist und an das Spannmittel angrenzt. Diese Anordnung bietet den Vorteil eines geringen Bauaufwands und guter Montier- und Demontierbarkeit.

[0027] Das Spannmittel kann insbesondere eine Zugankermutter sein, die auf ein Außengewinde am Absatz des Zugankers aufschraubbar ist. Durch die Zugankermutter ist die Spannung zwischen den Blinks gut einstellbar.

[0028] Alternativ umfassen die erste Anordnung stromauf der Blinks eine Spannordnung mit einem Spannmittel und die zweite Anordnung stromab der Blinks mindestens eine Schraubenverbindung zwischen dem Zuganker und der Rotorscheibe. Diese Alternative bietet eine gute Zugänglichkeit zum Spannmittel.

[0029] Vorzugsweise grenzt das stromauf liegende Ende des Zugankers radial von innen an eine rohrförmige stromauf gerichtete Verlängerung der Blik der ersten Stufe an. Das Spannmittel grenzt axial an die Verlängerung und radial an den Zugankerring an, der an das stromauf liegende Ende des Zugankers angrenzt, und der Zuganker weist an seinem stromab liegenden Ende einen Flansch auf, der an der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, angebracht ist. Hier dient die erste Anordnung zum Erzeugen einer Spannung gegenüber der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, und weist einen sehr geringen Bauaufwand auf. Das Spannmittel ist von der Verdichtereintrittsseite gut zugänglich.

[0030] Der Zuganker weist in Strömungsrichtung eine konische Erweiterung auf, und der Flansch des Zugankers ist an einem radial außen liegenden Abschnitt der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, befestigt. Dadurch wird ein Spannen der Blinks nahe der Schaufel ermöglicht, und es wird eine gute Abdichtung zwischen den Blinks erreicht. Bei einer Befestigung am radial außen liegenden Abschnitt der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, tritt eine geringe Biegebeanspruchung der Rotorscheibe beim Spannen des Zugankers auf.

[0031] Das stromauf liegende Ende des Zugankers ist mit mindestens einer Schraubenverbindungen an dem Zugankerring befestigt, der ein Außengewinde aufweist, und das Spannmittel ist eine Zugankermutter, die auf das Außengewinde des Zugankerrings aufschraubbar ist. Durch die Zugankermutter ist die Spannung im Zugankerring, in den Schraubenverbindungen und im Zuganker gut einstellbar.

[0032] Vorzugsweise spannt das Spannmittel gleichzeitig einen radial innen liegenden Lagerring eines Zugankerlagers ein. Dadurch sind keine zusätzlichen Bauteile zur Befestigung des Lagerrings erforderlich.

[0033] Mindestens ein Wirbelgleichrichter in Röhrenbauweise kann an der Rotorscheibe, die stromab an die Blinks angrenzt, befestigt sein. Durch den Wirbelgleich-

richter strömt komprimierte, erwärmte Luft in radialer Richtung von außen nach innen und wird zur Kühlung zur Turbine geleitet. Durch Anordnung des Wirbelgleichrichters außerhalb der Blisks wird eine lokale Erwärmung im Scheibenbereich der Blisks vermieden. Auch ist die Befestigung der Wirbelgleichrichter außerhalb der Blisks leichter möglich.

[0034] Außerdem wird die Aufgabe durch Verwendung der oben beschriebenen Vorrichtung zum Einspannen von Blisks in einem Strahltriebwerk gelöst. Die Vorrichtung weist einen geringen Bauaufwand auf und ist gleichzeitig robust.

[0035] Weiterhin wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Einspannen von Blisks mit der oben beschriebenen Vorrichtung gelöst, bei dem die Blisks mittels des Zugankers lösbar eingespannt und die anderen Rotorscheiben separat und unabhängig vom Zuganker fest miteinander verbunden werden. Das separate Einspannen der Blisks ermöglicht eine einfache Montage und Demontage der Blisks.

[0036] Insbesondere werden die Blisks mittels des Zugankers zwischen einer Anordnung, die stromauf der Blisks liegt, und einer Anordnung, die stromab der Blisks liegt und mit einer Rotorscheibe verbunden ist, die stromab an die Blisks angrenzt, eingespannt. Durch die beiden Anordnungen wird das Aufbringen einer Kraft auf den Zuganker ermöglicht.

[0037] Der Zuganker wird von der stromab der Blisks liegenden zweiten Anordnung aus gespannt.

[0038] Alternativ kann der Zuganker von der stromauf der Blisks liegenden ersten Anordnung aus gespannt werden. Hierbei ist eine gute Zugänglichkeit der Anordnung gegeben.

[0039] Zwei Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einspannen von beschauften Rotorscheiben eines Strahltriebwerkes werden anhand der Figuren 1 bis 4 näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 die erste Ausführungsform, bei der der Zuganker von der stromab der Blisks liegenden Seite gespannt wird,

Fig. 2 eine Detailansicht der Spannvorrichtung der ersten Ausführungsform,

Fig. 3 die zweite Ausführungsform, bei der der Zuganker von der stromauf der Blisks liegenden Seite gespannt wird, und

Fig. 4 eine Detailansicht der Spannanordnung der zweiten Ausführungsform.

[0040] In Fig. 1 ist ein Rotor 1 eines axialen Verdichters mit neun Stufen dargestellt, der sechs als Blisks 6 ausgebildete Rotorscheiben, drei Rotorscheiben 4, 9 mit Laufschaufeln 5, und mindestens einen Wirbelgleichrichter 38 aufweist. Außerdem weist der Rotor 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung 3 zum Einspannen der Blisks

6 auf.

[0041] Auf dem Rotor 1 des Verdichters sind die in Strömungsrichtung 40 ersten sechs beschauften Rotorscheiben 6 als Blisks 6 ausgeführt. Die Blisks (bladed disks) 6 sind beschauften Rotorscheiben, bei denen jeweils eine Scheibe mit den zugehörigen Schaufeln integral geformt ist. Auf die Blisks 6 folgen in Strömungsrichtung 40 drei beschauften Rotorscheiben 4, 9, deren Laufschaufeln 5 lösbar angebracht sind. Die Rotorscheibe 9 grenzt an die in Strömungsrichtung 40 letzte Blisk 6 an. Es kann jedoch auch eine andere Anzahl von Blisks 6 und Rotorscheiben 4, 9 verwendet werden. Auch die Anzahl der Stufen ist variabel. Jede Blisk 6 weist nahe den Laufschaufeln 5 mindestens eine axiale Verlängerung 44 auf, die jeweils an mindestens eine benachbarte Blisk 6 anstößt. Die Rotorscheibe 9 stößt nahe den Laufschaufeln 5 mit einer axialen Verlängerung 43 an die in Strömungsrichtung 40 letzte Blisk 6 an.

[0042] Die in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellte erste erfindungsgemäße Ausführungsform der Vorrichtung 3 umfasst einen Zuganker 12, eine Anschlagnanordnung 27 und eine Spannanordnung 28, die in Fig. 2 vergrößert dargestellt ist.

[0043] Der Zuganker 12 ist rohrförmig ausgebildet und weist an seinem stromauf liegenden Ende 21 einen radial nach innen zurückgesetzten Absatz 42 mit einem Anschlag 16 auf. An seinem stromab liegenden Ende 14 (Fig. 2) ist ein Absatz 15 vorgesehen, der gegenüber einem axialen Abschnitt 19 des Zugankers 12 radial nach innen zurückgesetzt ist und durch eine axiale Begrenzung 17 entgegen der Strömungsrichtung 40 begrenzt ist. Der Absatz 15 kann außerdem einen Zahnkranz aufweisen. An den Absatz 15 grenzt stromab ein Außengewinde 18 an, dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Außendurchmesser des Absatzes 15.

[0044] Der Zuganker 12 ist innerhalb von Öffnungen 8 in den Blisks 6 mittig angeordnet. Er grenzt an seinem stromauf liegenden Ende 21 in der Anschlagnanordnung 27 an eine Blisk 6 der ersten Stufe des Verdichters an. An seinem stromab liegenden Ende 14 ist der Zuganker 12 über die Spannanordnung 28 mit der stromab an die Blisks 6 angrenzende Rotorscheibe 9 verbunden.

[0045] Die Anschlagnanordnung 27 befindet sich an dem stromauf liegenden Ende 21 des Zugankers 12 und wird durch einen Anschlag 16, einen Absatz 42 und eine Verlängerung 7 der Blisk 6 der ersten Stufe des Verdichters gebildet.

[0046] Der Anschlag 16 bildet eine axiale Begrenzung des Absatzes 42 in Strömungsrichtung 40. Die Verlängerung 7 der Blisk 6 der ersten Stufe des Verdichters erstreckt sich axial entgegen der Strömungsrichtung 40 bis zum Anschlag 16. Sie umschließt den Absatz 16 radial, wobei sie aber axial verschiebbar ist.

[0047] Die in Fig. 2 vergrößert dargestellte Spannanordnung 28 umfasst den Absatz 15 des Zugankers 12, ein Spannelement 33, eine Zugankermutter 37, mehrere Schraubenverbindungen 29 und grenzt an die Rotorscheibe 9, die stromab an die Blisks angrenzt, an.

[0048] Das Spannelement 33 umfasst einen, einen Flansch bildenden, radialen Befestigungsabschnitt 34, einen Mittenabschnitt 35 und einen Spannabschnitt 36.

[0049] Der Mittenabschnitt 35 des Spannelements 33 ist rohrförmig und verläuft im montierten Zustand axial und parallel zum Zuganker 12. Der flanschartige Befestigungsabschnitt 34 ist vom stromab liegenden Ende des Spannelements 33 aus radial nach außen gerichtet. Der Spannabschnitt 36 ist vom stromauf liegenden Ende des Spannelements 33 aus radial nach innen gerichtet und kann einen Zahnkranz aufweisen.

[0050] Das Spannelement 33 ist mit seinem Befestigungsabschnitt 34 mittels Schraubenverbindungen 29 an einem inneren Abschnitt 10 der Rotorscheibe 9 befestigt. Der Spannabschnitt 36 ragt im zusammengebauten Zustand der Spannvorrichtung 28 parallel zur axialen Begrenzung 17 und in axialer Richtung von dieser beabstandet radial nach innen und umschließt den Absatz 15, wobei der Spannabschnitt 36 aber gegenüber dem Absatz 15 axial verschiebbar ist. Wenn am Absatz 15 und am Spannabschnitt 36 Zahnkränze vorhanden sind, greift die Verzahnung des Spannabschnitts 36 in die Verzahnung des Absatzes 15 ein. In Strömungsrichtung 40 grenzt die Zugankermutter 37, die auf das Außengewinde 18 aufgeschraubt ist, an den Spannabschnitt 36 an.

[0051] Zum Einspannen der Blisks 6 wird zunächst der als Flansch ausgebildete radial nach außen gerichtete Befestigungsabschnitt 34 des Spannelements 33 mittels mehrerer in Umfangsrichtung verteilter Schraubenverbindungen 29 am inneren Abschnitt 10 der Rotorscheibe 9, die stromab an die Blisks angrenzt, befestigt. Als nächstes werden die Blisks 6 auf den Zuganker 12 aufgeschoben. Der Zuganker 12 wird dann mit dem Absatz 15 in das ringförmige Spannelement 33 eingeführt. Zum Schluss wird die Zugankermutter 37 auf das Außengewinde 18 des Zugankers 12 aufgeschraubt und angezogen.

[0052] Beim Anziehen der Zugankermutter 37 wird über den radial nach innen gerichteten Spannabschnitt 36 eine Zugkraft im Spannelement 33 erzeugt. Gleichzeitig erzeugt die Zugankermutter 37 über das Außengewinde 18 eine Zugkraft im Zuganker 12.

[0053] Die Zugkraft im Spannelement 33 wird vom radial nach innen gerichteten Spannabschnitt 36 über den axialen Mittenabschnitt 35, den radial nach außen gerichteten Befestigungsabschnitt 34 und die Schraubenverbindungen 29 auf den radial innen liegenden Abschnitt 10 der Rotorscheibe 9 übertragen. Von dort aus wird die Kraft in der Rotorscheibe 9, die stromab an die Blisks angrenzt, in radialer Richtung nach außen bis in die axiale Verlängerung 43 der Rotorscheibe 9 weitergeleitet. Die Zugkraft im Zuganker 12 wird entlang des Zugankers 12 auf den Absatz 16 übertragen.

[0054] Die beiden Zugkräfte bewirken Druckkräfte zwischen der axialen Verlängerung 43 der Rotorscheibe 9, den über die Verlängerungen 44 aneinander stoßenden Blisks 6 und dem Anschlag 16 der stromauf liegenden Anschlagnanordnung 27. Diese Druckkräfte drücken die

Blisks 6 an den Verlängerungen 44 der Blisks 6 nahe den Schaufeln 5 axial aneinander und bewirken so die Einspannung.

[0055] Die Druckkräfte müssen groß genug sein, um die Blisks 6 zusammenzuhalten. Sie dürfen aber auch nicht zu groß sein, damit die auf Zug beanspruchten Bauelemente der Vorrichtung 3, nämlich der Zuganker 12, das Außengewinde 18 am Zuganker 12, das Spannelement 33, die Schraubenverbindungen 29 oder das Innengewinde der Zugankermutter 37 im Betrieb nicht überlastet werden.

[0056] In den Fig. 3 und 4 ist die zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 3 dargestellt, bei der der Rotor 1 des Verdichters genauso aufgebaut ist wie in Fig. 1.

[0057] Die zweite Ausführungsform der Vorrichtung 3 umfasst einen Zuganker 47, mehrere Schraubenverbindungen 41 und eine Spannordnung 30, die in Fig. 4 vergrößert dargestellt ist.

[0058] Der Zuganker 47 weist im Gegensatz zum Zuganker 12 der ersten Ausführungsform in Strömungsrichtung 40 eine konische Erweiterung 20 auf. An seinem stromauf liegenden Ende 21 besitzt der Zuganker 47 einen radial nach innen gerichteten Flansch 45. Die konische Erweiterung weist an ihrem stromab liegenden Ende einen Flansch 13 auf, der radial nach außen gerichtet ist.

[0059] Der Zuganker 47 ist mittig innerhalb von Öffnungen 8 in den Blisks 6 angeordnet. Er grenzt an seinem stromauf liegenden Ende 21 radial von innen an eine axiale Verlängerung 7 der Blisk 6 der ersten Stufe des Verdichters an. An seinem stromab liegenden Ende ist der Zuganker 47 über mehrere über den Umfang verteilte Schraubenverbindungen 41 mit der an die Blisks 6 angrenzende Rotorscheibe 9, die stromab an die Blisks angrenzt, verbunden.

[0060] Die Schraubenverbindungen 41 sind an einem radial außen liegenden Abschnitt 11 der Rotorscheibe 9, die stromab an die Blisks angrenzt, in Umfangsrichtung verteilt. Mittels der Schraubenverbindungen 41 ist der Flansch 13 am Ende der konischen Erweiterung 20 des Zugankers 47 an der Rotorscheibe 9 befestigt.

[0061] Die stromauf liegende Spannordnung 30 ist in Fig. 4 vergrößert dargestellt und umfasst einen Zugankerring 24, mehrere Schraubenverbindungen 32, einen ersten Abstandsring 31, einen zweiten Abstandsring 39, ein Zugankerlager 25 und eine Zugankermutter 37.

[0062] Der Zugankerring 24 ist ringförmig ausgebildet und weist den gleichen Außendurchmesser auf wie der Zuganker 47. Der Zugankerring 24 weist an seinem an den Zuganker 47 angrenzenden Ende einen radial nach innen gerichteten Flansch 46 auf. Der Zugankerring 24 weist außerdem einen Absatz 23 auf, dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Durchmesser des stromauf liegenden Endes 21 des Zugankers 47. Am stromauf liegenden Ende des Zugankerrings 24 befindet sich ein Außengewinde 22, dessen Durchmesser kleiner ist als der des Absatzes 23.

[0063] Der erste Abstandsring 31 ist ringförmig ausgebildet und weist weitgehend den gleichen Innendurchmesser auf wie die axiale Verlängerung 7 der Bliks 6 der ersten Stufe des Verdichters. Der zweite Abstandsring 39 ist ebenfalls ringförmig ausgebildet.

[0064] Das Zugankerlager 25 ist ein Kugellager mit einem radial innen liegenden Lagerring 26.

[0065] Der Zugankerring 24 grenzt in axialer Richtung an das stromauf liegende Ende 21 des Zugankers 47 an und bildet eine axiale Verlängerung des Zugankers 47 entgegen der Strömungsrichtung 40. Der Zugankerring 24 ist mittels mehrerer Schraubenverbindungen 32 am Flansch 45 des Zugankers 47 befestigt. In radialer Richtung grenzt der Zugankerring 24 von innen an den ersten Abstandsring 31 an.

[0066] Die Verlängerung 7 umschließt den Zuganker 47 in radialer Richtung, wobei die Verlängerung 7 verschiebbar gegenüber dem Zuganker 47 ist.

[0067] Der erste Abstandsring 31 umschließt den Zuganker 47 im Bereich des Flansches 45 und den Zugankerring 24, wobei aber eine Verschiebbarkeit in axialer Richtung gegeben ist. Der erste Abstandsring 31 grenzt an seinem stromab liegenden Ende an die Verlängerung 7 der Bliks 6 der ersten Stufe des Verdichters an. An seinem stromauf liegenden Ende umschließt der Abstandsring den Absatz 23 des Zugankerrings 24 in radialer Richtung, wobei aber eine Verschiebbarkeit in axialer Richtung gegeben ist.

[0068] Der innere Lagerring 26 des Zugankerlagers 25 ist in axialer Richtung verschiebbar auf dem Absatz 23 des Zugankerrings 24 angeordnet. Der innere Lagerring 26 grenzt stromab an den ersten Abstandsring 31 und stromauf an den zweiten Abstandsring 39 an.

[0069] Der zweite Abstandsring 39 umschließt ebenfalls den Absatz 23 des Zugankerrings 24. Der zweite Abstandsring 39 ragt dabei über das stromauf liegende Ende des Absatzes 23 hinaus.

[0070] An den zweiten Abstandsring 39 grenzt die Spannmutter 37 an, die auf das Außengewinde 22 des Zugankerrings 24 aufgeschraubt ist.

[0071] Zum Einspannen der Bliks 6 wird zunächst der Flansch 13 am stromab liegenden Ende des Zugankers 47 an der Rotorscheibe 9, die stromab an die Bliks angrenzt, befestigt. Dies erfolgt mittels der Schraubenverbindungen 41. Als Nächstes werden die Bliks 6 auf den Zuganker 47 aufgeschoben. Der Zugankerring 24 wird dann mittels der Schraubenverbindungen 32 am Zuganker 47 befestigt. Dann werden der erste Abstandsring 31, der innere Lagerring 26 und der zweite Abstandsring 39 über den Zugankerring 24 geschoben. Zuletzt wird die Zugankermutter 37 auf das Außengewinde 22 des Zugankerrings 24 aufgeschraubt und angezogen.

[0072] Beim Anziehen der Zugankermutter 37 werden im Zuganker 47, im Zugankerring 24 und in den Schraubenverbindungen 41 Zugkräfte erzeugt. Die Zugkräfte werden von den Schraubenverbindungen 41 auf die Rotorscheibe 9 übertragen.

[0073] Gleichzeitig entstehen im zweiten Abstands-

ring 39, im inneren Lagerring 26, im ersten Abstandsring 31 und in den Verlängerungen 44 der Bliks 6 nahe den Laufschaufeln 5 Druckkräfte, die die Bliks 6 einspannen.

[0074] Die Druckkräfte müssen groß genug sein, um die Bliks 6 zusammenzuhalten. Sie dürfen aber auch nicht zu groß sein, damit die auf Zug beanspruchten Bauelemente der Vorrichtung 3, nämlich der Zugankerring 24, das Außengewinde 22 am Zugankerring 24 oder das Innengewinde der Zugankermutter 37, der Zuganker 47, die Schraubenverbindungen 32 und die Schraubenverbindungen 41 im Betrieb nicht überlastet werden.

[0075] Der Wirbelgleichrichter 38 ist sowohl in der ersten als auch in der zweiten Ausführungsform an der stromab liegenden Seite der Rotorscheibe 9, die stromab an die Bliks angrenzt, angebracht, so dass er sich zwischen der Rotorscheibe 9 und einer an diese Rotorscheibe 9 angrenzenden Rotorscheibe 4 befindet.

[0076] Als Werkstoffe für die Bauelemente der Vorrichtung zum Einspannen von Rotorscheiben eines Strahltriebwerks werden thermisch und mechanisch hoch belastbare Werkstoffe verwendet. Die Werkstoffe der auf Zug belasteten Bauelemente müssen eine hohe Zugfestigkeit aufweisen. Insbesondere der Zuganker 12, 47 und die Rotorscheibe 9 müssen außerdem eine hohe Biegesteifigkeit aufweisen. Die auf Druck belasteten Bauelemente müssen entsprechend eine hohe Druckfestigkeit aufweisen. Alle Bauelemente der Vorrichtungen müssen außerdem eine hohe Dauerfestigkeit aufweisen.

30 Bezugszeichenliste

[0077]

1	Rotor
35 3	Vorrichtung
4	Rotorscheibe
5	Laufschaufel
6	Rotorscheibe (Blik)
7	Verlängerung
40 8	Öffnung
9	Rotorscheibe
10	Abschnitt
11	Abschnitt
12	Zuganker
45 13	Flansch
14	Ende des Zugankers (stromab)
15	Absatz
16	Anschlag
17	axiale Begrenzung
50 18	Außengewinde
19	Abschnitt
20	Erweiterung
21	Ende des Zugankers (stromauf)
22	Außengewinde
55 23	Absatz
24	Zugankerring
25	Zugankerlager
26	Lagerring

- 27 Anschlaganordnung
- 28 Spannanordnung
- 29 Schraubenverbindung
- 30 Spannanordnung
- 31 Abstandsring
- 32 Schraubenverbindung
- 33 Spannelement
- 34 Befestigungsabschnitt (Flansch)
- 35 Mittenabschnitt
- 36 Spannabschnitt
- 37 Zugankermutter
- 38 Wirbelgleichrichter
- 39 Abstandsring
- 40 Strömungsrichtung
- 41 Schraubenverbindung
- 42 Absatz
- 43 Verlängerung
- 44 Verlängerung
- 45 Flansch
- 46 Flansch
- 47 Zuganker

Patentansprüche

1. Vorrichtung (3) zum Einspannen von beschauelten Rotorscheiben (4, 6, 9) eines Strahltriebwerkes, das im Wesentlichen einen axialen Verdichter mit mehreren beschauelten Rotorscheiben (4, 6, 9), mindestens einen Turbinenabschnitt, mindestens eine Welle und mindestens einen Zuganker (12, 47) umfasst, wobei mindestens zwei beschauelte Rotorscheiben an der Verdichtereintrittsseite (2) als Blisks (6) ausgebildet sind, die jeweils eine einteilige Ausführungsform einer Rotorscheibe mit am Umfang verteilten Laufschaufeln (5) bilden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blisks (6) mittels des Zugankers (12, 47) lösbar eingespannt und die anderen Rotorscheiben (4, 9) separat und unabhängig vom Zuganker (12, 47) fest miteinander verbunden sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuganker (12, 47) im Wesentlichen rohrförmig ausgebildet, innerhalb von zentralen Öffnungen (8) in den als Blisks (6) ausgebildeten Rotorscheiben angeordnet und fest mit einer Welle verbunden ist, die durch mindestens einen Turbinenabschnitt angetrieben wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blisks (6) mittels des Zugankers (12, 47) zwischen mindestens einer ersten Anordnung (27, 30), die stromauf der Blisks liegt, und mindestens einer zweiten Anordnung (28, 32), die stromab der Blisks (6) liegt und mit einer Rotorscheibe (9) verbunden ist, die stromab an die Blisks (6) angrenzt, eingespannt sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Anordnung eine Anschlaganordnung (27) und die zweite Anordnung eine Spannanordnung (28) umfasst.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anschlaganordnung (27) stromauf der Blisks (6) eine Verlängerung (7) einer Blisk (6) der ersten Stufe des Verdichters umfasst, die an einen Anschlag (16) am Zuganker (12) angrenzt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannanordnung (28) mindestens ein Spannelement (33) umfasst.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannelement (33) im Wesentlichen ringförmig ist und einen flanschförmigen, radial nach außen gerichteten Befestigungsabschnitt (34), einen axialen rohrförmigen Mittenabschnitt (35) und einen radial nach innen gerichteten Spannabschnitt (36) aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der radial nach außen gerichtete Befestigungsabschnitt (34) des Spannelements (33) an einem Abschnitt der Rotorscheibe (9), die stromab an die Blisks (6) angrenzt, befestigt ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der radial nach außen gerichtete Befestigungsabschnitt (34) des Spannelements (33) an einem radial innen liegenden Abschnitt (10) der Rotorscheibe (9), die stromab an die Blisks (6) angrenzt, befestigt ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannelement (33) mittels mindestens eines Spannmittels (37) spannbar ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 2 und 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuganker (12) an seinem stromab liegenden Ende (14) einen Absatz (15) aufweist, dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Außendurchmesser eines stromauf angrenzenden Abschnittes (19) des Zugankers (12), und dass der radial nach innen gerichtete Spannabschnitt (36) des Spannelements (33) den Absatz (15) radial umschließt, wobei der radial nach innen gerichtete Spannabschnitt (36) des Spannelements (33) gegenüber dem Absatz (15) axial verschiebbar und im Betrieb von einer axialen Begrenzung (17) des Absatzes (15) beabstandet ist und an das Spannmittel (37) angrenzt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannmittel (37) eine

Zugankermutter (37) ist, die auf ein Außengewinde (18), das an den Absatz (15) des Zugankers (12) angrenzt, aufschraubbar ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Anordnung stromauf der Blisks (6) eine Spannanordnung (30) mit einem Spannmittel (37) und die zweite Anordnung stromab der Blisks (6) mindestens eine Schraubenverbindung (41) zwischen dem Zuganker (47) und der Rotorscheibe (9) umfassen. 5
14. Vorrichtung nach Anspruch 2 und 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das stromauf liegende Ende (21) des Zugankers (47) radial von innen an eine rohrförmige stromauf gerichtete Verlängerung (7) der Blisk (6) der ersten Stufe angrenzt, das Spannmittel (37) axial an die Verlängerung (7) und radial an den Zugankerring (24) angrenzt, der an das stromauf liegende Ende des Zugankers (47) angrenzt, und dass der Zuganker (12) an seinem stromab liegenden Ende (14) einen Flansch (13) aufweist, der an der Rotorscheibe, die stromab an die Blisks angrenzt, (9) angebracht ist. 10 15
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuganker (47) in Strömungsrichtung (40) eine konische Erweiterung (20) aufweist und der Flansch (13) des Zugankers (47) an einem radial außen liegenden Abschnitt (11) der Rotorscheibe (9), die stromab an die Blisks angrenzt, befestigt ist. 20 25 30
16. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das stromauf liegende Ende (21) des Zugankers (47) mit mindestens einer Schraubenverbindung (32) an dem Zugankerring (24) befestigt ist, der ein Außengewinde (22) aufweist, und dass das Spannmittel (37) eine Zugankermutter (37) ist, die auf das Außengewinde (22) des Zugankerrings (24) aufschraubbar ist. 35 40
17. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannmittel (37) gleichzeitig einen radial innen liegenden Lagerring (26) eines Zugankerlagers (25) einspannt. 45
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Wirbelgleichrichter (38) in Röhrenbauweise an der Rotorscheibe (9), die stromab an die Blisks (6) angrenzt, befestigt ist. 50
19. Verwendung einer Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 18 zum Einspannen von Blisks (6) in einem Strahltriebwerk. 55
20. Verfahren zum Einspannen von beschauften Ro-

torscheiben mit einer Vorrichtung (3) nach den Ansprüchen 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blisks (6) mittels des Zugankers (12, 47) lösbar eingespannt und die anderen Rotorscheiben (4, 9) separat und unabhängig vom Zuganker (12, 47) fest miteinander verbunden werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blisks (6) mittels des Zugankers (12, 47) zwischen einer ersten Anordnung (27, 30), die stromauf der Blisks (6) liegt, und einer zweiten Anordnung (28, 32), die stromab der Blisks (6) liegt und mit einer Rotorscheibe (9) verbunden ist, die stromab an die Blisks (6) angrenzt, eingespannt werden.
22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuganker (47) von der stromauf der Blisks (6) liegenden ersten Anordnung (30) aus gespannt wird.
23. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuganker (12) von der stromab der Blisks (6) liegenden zweiten Anordnung (28) aus gespannt wird.

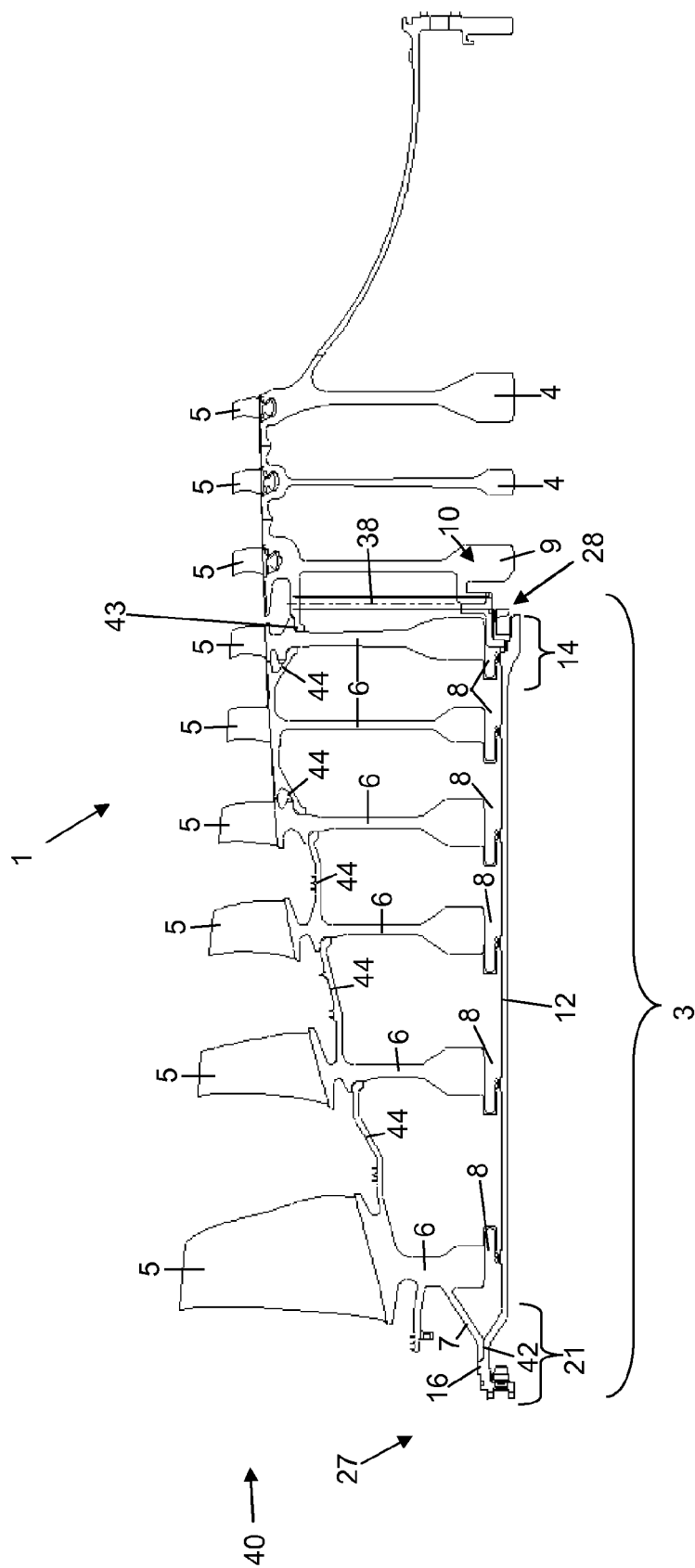


Fig. 1

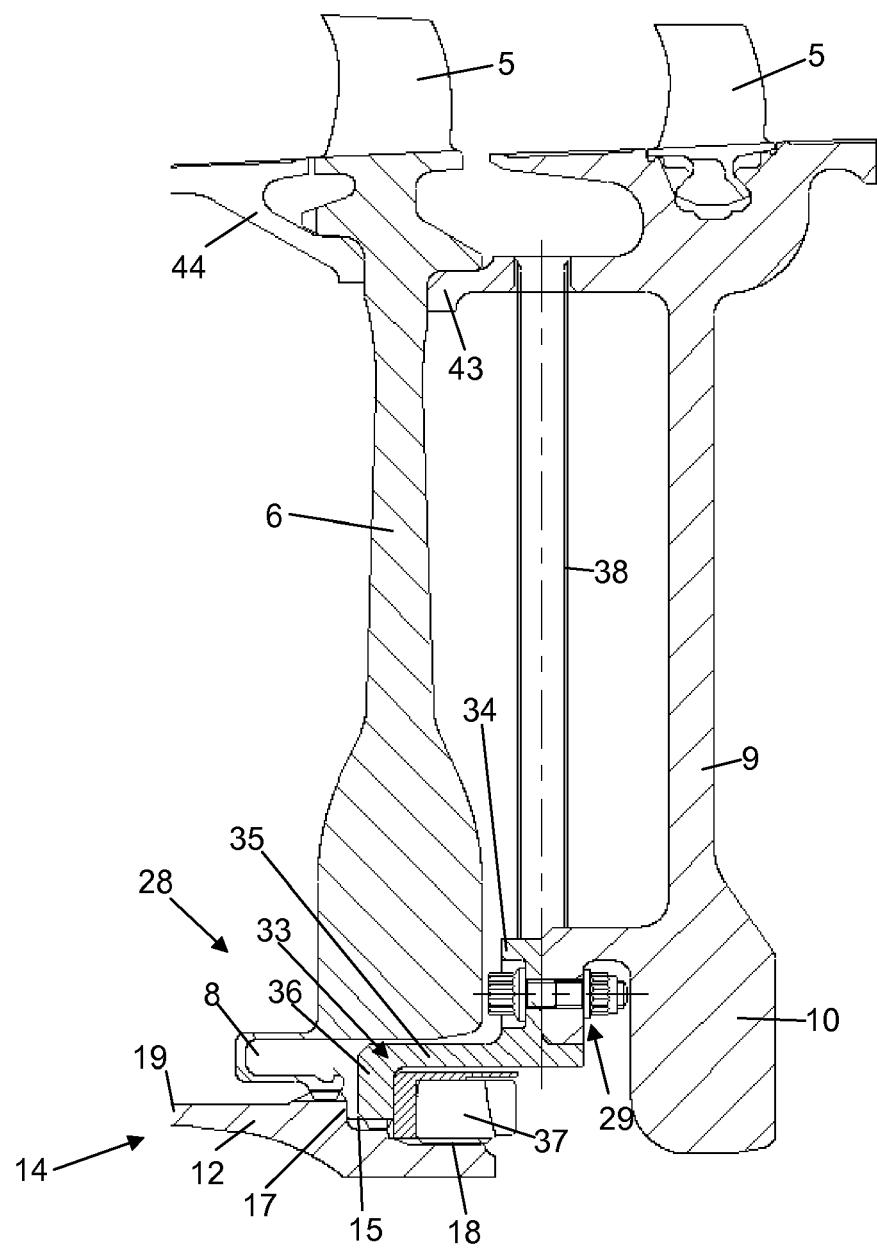


Fig. 2

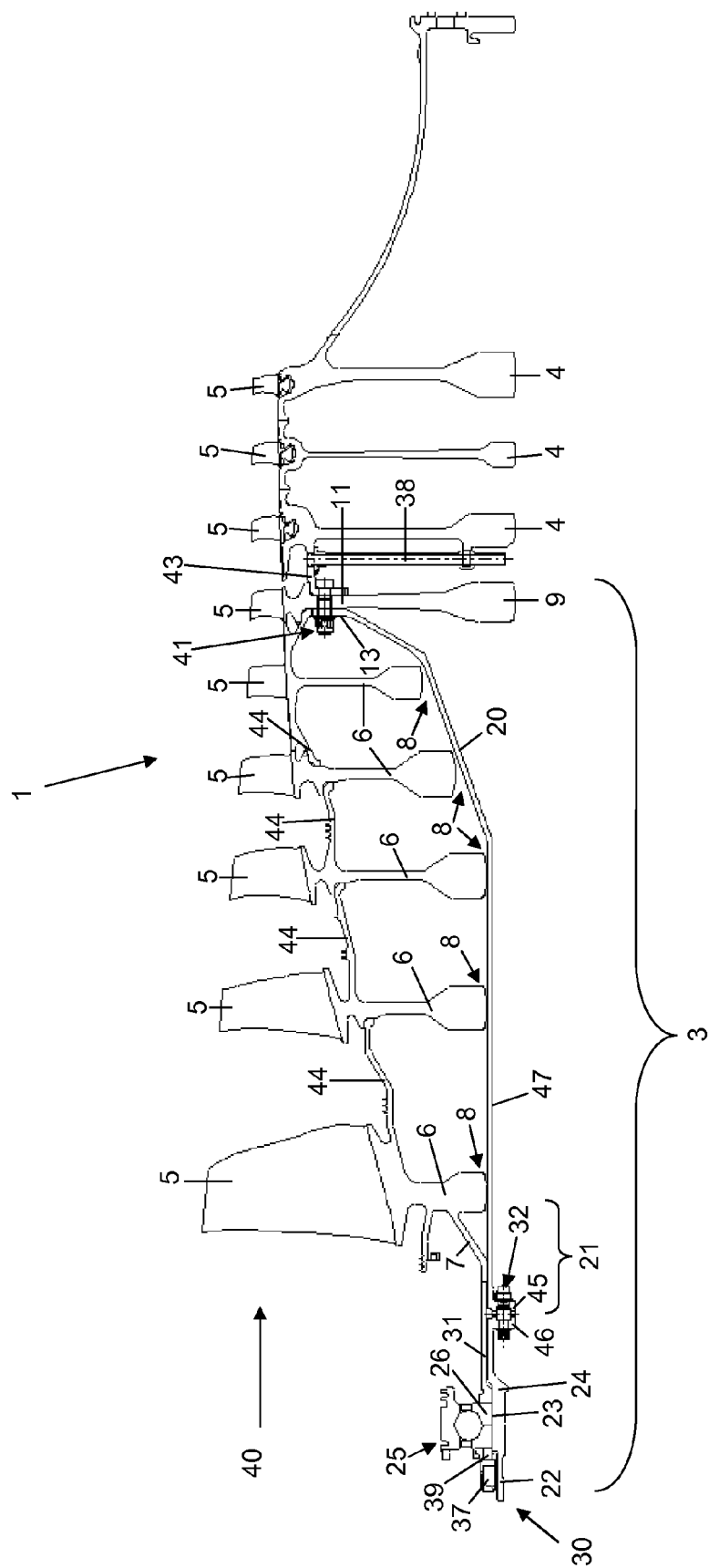


Fig. 3

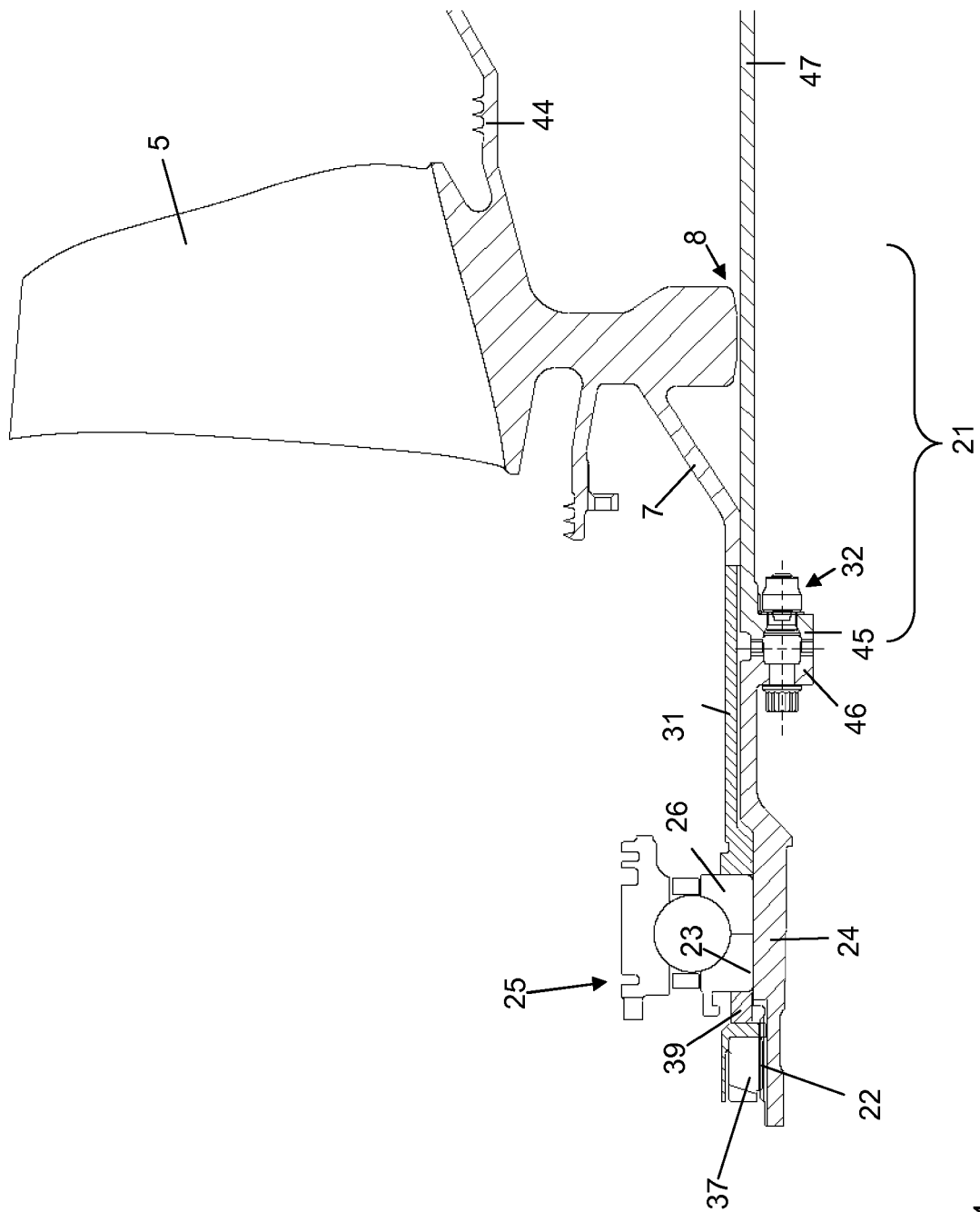


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6267553 B1 [0007]
- US 5537814 A [0008]