



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.11.2006 Patentblatt 2006/48

(51) Int Cl.:
F01D 5/02 (2006.01) F01D 25/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 06114120.6

(22) Anmeldetag: 17.05.2006

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• Pichel, Sacha
12203 Berlin (DE)
• Jahns, Ingo
12305 Berlin (DE)
• Wirth, Moritz
10965 Berlin (DE)

(30) Priorität: 26.05.2005 DE 102005025086

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

(74) Vertreter: Wablat, Wolfgang
Wablat . Lange . Karthaus
Anwaltssozietät
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)

(54) **Anordnung zum Feinauswuchten des Rotors eines Gasturbinentriebwerks**

(57) Zum Feinauswuchten des - bei einem vollständig montierten Gasturbinentriebwerks - von einem Innen- und einem Außengehäuse umgebenen Rotors (3) sind in mindestens einer die Schaufelfüße der Rotorschaukeln (4) aufnehmenden Umfangsnut (6) der Rotorscheiben (5) in regelmäßigem Abstand Einsetzkörper (7) mit

Durchgangsbohrung (11) und Innengewindeabschnitt angeordnet. An die Durchgangsbohrung, die in einer bestimmten Rotorposition in einer Flucht mit Öffnungen (13, 14) in Innen- und im Außengehäuse (1, 2) liegt, schließt zum Zuführen und Einschrauben einer Auswuchtschraube (16) ein vorübergehend angeordnetes, die Öffnungen (13, 14) durchgreifendes Führungsrohr (15) an.

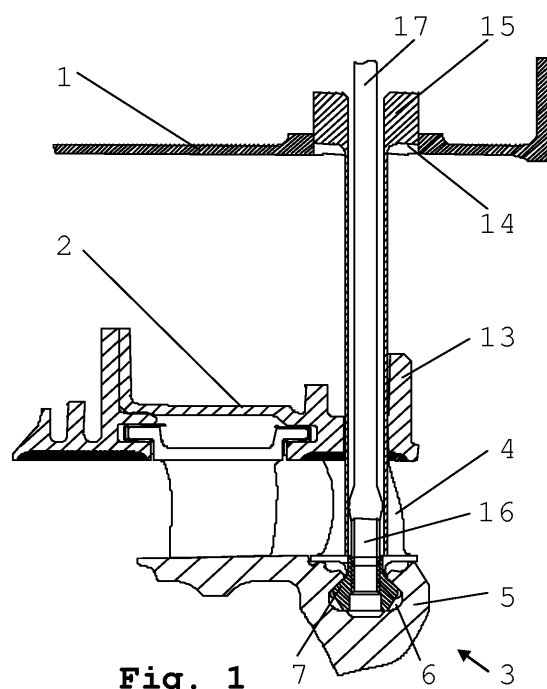


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Feinauswuchten des in vollständig montiertem Zustand von einem Außen- und einem Innengehäuse umgebenen Rotors eines Gasturbinentriebwerks.

[0002] Die Rotoren der Kompressoren und Turbinen eines Gasturbinentriebwerks rotieren mit sehr hoher Geschwindigkeit. Nicht richtig ausbalancierte Rotoren verursachen daher ein Durchbiegen der Welle, das zu Spielüberbrückungen und zum Anstreifen des Rotors an feststehenden Teilen führen kann. Die damit entstehenden hohen Laufspalte führen jedoch zu einem Wirkungsgradverlust. Des Weiteren werden unerwünschte Vibrationen verursacht mit der Folge eines vorzeitigen Lagerverschleißes oder akuten Lagerschäden. Die Lebensdauer der Rotorkomponenten wird dadurch erheblich eingeschränkt. Das Auswuchten erfolgt bekanntermaßen durch Hinzufügen von Gewichten oder Materialentnahme an den rotierenden Bauteilen.

[0003] Das Ausbalancieren der mit hoher Geschwindigkeit rotierenden Rotoren eines Gasturbinentriebwerks erfolgt zunächst bei der Herstellung der rotierenden Einzelteile des Triebwerks durch Materialentnahme an den Einzeltrommeln. Anschließend wird der Rotor in zusammengebautem Zustand ein zweites Mal ausgewuchtet. Nachdem das Triebwerk mit dem in einem Innen- und einem Außengehäuse untergebrachten Rotor vollständig montiert ist, sind lediglich kleinere Korrekturen an der Niederdruckwelle möglich, während ein Feinauswuchten, das heißt, das Beseitigen von Restunwuchten an der in zusammengebautem Zustand des Gasturbinentriebwerks schwer zugänglichen Hochdruckwelle mit von einem Außengehäuse und einem Innengehäuse umgebenen Rotoren praktisch nicht möglich ist oder erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Auch eine Restunwucht an der Hochdruckwelle kann noch zu erheblichen Vibrationen und den damit verbundenen Folgeschäden führen.

[0004] Die US 5 545 010 beschreibt eine Vorrichtung zum Auswuchten eines Gasturbinentriebwerks, bei der der Zugang zu den rotierenden Komponenten mit den erforderlichen Ausgleichsgewichten in einem von einem Außengehäuse umgebenen Zustand erfolgt. Die Vorrichtung umfasst einen an einer Außenfläche an der Eingangsseite des Kompressors zusätzlich angebrachten oder integral angeformten Ring mit radial in gleichmäßigem Abstand ausgebildeten Gewindebohrungen zum Ein- oder Ausschrauben von Auswuchtgewichten. Der Zugang zu dem Ring mit den Gewindebohrungen bzw. Ausgleichsgewichten erfolgt hier über eine in der Wand des Lufteinlasskanals zum Kompressor vorgesehene, zu den Gewindebohrungen ausgerichtete Öffnung. Die hier offenbarte Anordnung ist insofern nachteilig, als der Ring ein relativ hohes Gewicht aufweist und die Zugänglichkeit über den Gaspfad nur an der ersten Rotorstufe am Kompressor möglich ist. Die Auswuchtgewichte sind nahe dem Lager und in einem Bereich geringen Durchmessers

angebracht. Das ist rotordynamisch wenig effektiv und erfordert entsprechend große Gewichte.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zum Feinauswuchten des in vollständig montiertem Zustand von einem Außen- und Innengehäuse umgebenen Rotors eines Gasturbinentriebwerks anzugeben, die bei geringem Eigengewicht und mit nur kleinen Auswuchtgewichten ein effektives Feinauswuchten des Rotors ermöglicht.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildeten Anordnung gelöst. Aus den Unteransprüchen ergeben sich vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0007] Der Kern der Erfindung besteht in der regelmäßig beabstandeten Anordnung von mit einer Durchgangsbohrung mit Innengewindeabschnitt versehenen Einsatzkörpern in der die Schaufelfüße der Rotorschaukeln aufnehmenden Umfangsnut der hinteren Rotorschreiben des Kompressors oder der Turbine. Die Durchgangsbohrung des jeweiligen Einsatzkörpers liegt in einer bestimmten Rotorposition in einer Flucht mit jeweils einer im Innen- und im Außengehäuse des Rotors vorgesehenen Öffnung, über die beim Auswuchten ein Führungsrohr zum Zuführen und Einschrauben einer Auswuchtschraube und zum Führen eines Werkzeugs an die Durchgangsbohrung anschließt. Dadurch ist es mit geringem Aufwand möglich, in zusammengebautem Zustand des Triebwerks, das heißt, nach der Endmontage oder nach Reparaturen, verbleibende Restunwuchten zu beseitigen und somit die Lebensdauer des Triebwerks zu verlängern. Das Auswuchten erfolgt zudem in einem rotordynamisch optimalen Bereich, das heißt, es kann mit geringem zusätzlichem Gewicht - weit außen an den Rotorscheiben und in einem mittleren Teil des Rotors durchgeführt werden. Aufgrund der Nutzung der vorhandenen Umfangsnuten kann das Auswuchtsystem mit geringem Aufwand in vorhandene Triebwerke eingebaut werden. Im Vergleich mit bekannten Gewichtsausgleichssystemen ist der Kosten- und Gewichtsaufwand gering.

[0008] In weiterer Ausbildung der Erfindung ist der Einsatzkörper so ausgebildet, dass die Durchgangsbohrung senkrecht oder in spitzem Winkel zur Rotorachse ausgerichtet ist und die Öffnungen im Innen- und Außengehäuse senkrecht über der Umfangsnut oder entsprechend versetzt zu dieser angeordnet sind. Bei schräger Ausrichtung der Durchgangsbohrung kann auch ein im Innengehäuse vorhandener Luftentnahmeschlitz als Öffnung fungieren.

[0009] In Ausgestaltung der Erfindung bestehen die Einsatzkörper aus einem an den Nutquerschnitt angepassten Basisteil und einem daran anschließenden Gewindeteil zur Aufnahme der Auswuchtschraube.

[0010] Die Außenumfangsfläche des Einsatzkörpers wird von den Ausnehmungen benachbarter Schaufelplattformen umfasst. Die Auswuchtschraube ist, um deren Lösen im Betrieb zu verhindern, mit einer Selbstsicherung ausgestattet.

[0011] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine detaillierte Schnittansicht einer von einem Innen- und Außengehäuse umgebenen hinteren Rotorstufe des Kompressors eines Gasturbinenriebwerks während des Einsetzens eines Auswuchtgewichtes;
- Fig. 2 eine Ansicht nach Fig. 1, jedoch im Betriebszustand des Triebwerks nach Abschluss des Auswuchtens;
- Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung eines in die Umfangsnut einer Rotorscheibe des Kompressors eingefügten Einsatzkörpers;
- Fig. 4 einen Längsschnitt mit einem zwischen zwei Rotorscheufeln in der Umfangsnut angeordneten Einsatzkörper; und
- Fig. 5 eine Schnittdarstellung einer anderen Rotorstufe, bei der das Auswuchtgewicht über einen im Innengehäuse vorhandenen Schlitz in einen schräg angeordneten Einsatzkörper eingebracht wird.

[0012] In den Zeichnungsfiguren bezeichnen bei einem Triebwerk die Bezugszeichen 1 das Außengehäuse, 2 das Innengehäuse und 3 den Rotor, hier eine hintere Rotorstufe des Kompressors. In dieser hinteren Rotorstufe sind die Rotorscheufeln 4 in eine am Außenumfang der Rotorscheibe 5 vorgesehene Umfangsnut 6 eingesetzt. In der Umfangsnut 6 befinden sich weiterhin mehrere, in regelmäßigem Abstand am Umfang verteilt angeordnete Einsatzkörper 7. Der Einsatzkörper 7 umfasst ein der Querschnittsform der Umfangsnut 6 angepasstes Basisteil 8, ein Gewindeteil 9, das in gegenüberliegende Ausnehmungen von zwei aneinander grenzenden Plattformen 10 jeweils benachbarter Rotorscheufeln 4 eingeschlossen ist, und eine Bohrung 11 mit einem Innengewindeabschnitt 12a. Bestandteil der Anordnung zum Feinauswuchten ist ferner eine erste Öffnung 13 im Innengehäuse 2 und eine zur ersten Öffnung 13 senkrecht ausgerichtete zweite Öffnung 14 im Außengehäuse 1. In einer bestimmten Drehstellung des Rotors 3 fluchten die Bohrungen 11 mit den ersten und zweiten Öffnungen 13, 14, so dass ein diese durchdringendes Führungsrohr 15 auf die Bohrung 11 des jeweiligen Einsatzkörpers 7 aufgesetzt werden kann. Das Führungsrohr 15 wird in der Öffnung 14 des Außengehäuses fixiert, z.B. über eine Passung oder durch Befestigungsschrauben. Über das Führungsrohr 15 kann nun zum Zwecke des Feinauswuchtens des vollständig montierten, von dem Innen- und dem Außengehäuse 1, 2 umgebenen Rotors 3 eine Auswuchtschraube 16 zu der jeweiligen Bohrung 11 im Einsatzkörper 7 geleitet und mit einem in das Führungsrohr 15 eingeführten Werkzeuges 17 in den Einsatzkörper 7 eingeschraubt werden.

per 7 eingeschraubt werden.

[0013] In einer anderen - in Fig. 5 gezeigten - Ausführungsform sind die Einsatzkörper 7' mit einer schräg angeordneten, auf einen im Innengehäuse 2 ohnehin vorhandenen Luftentnahmeschlitz 18 ausgerichteten Bohrung 11' ausgebildet. In einer bestimmten Position des Rotors 3 liegt die Bohrung 11' mit dem versetzt angeordneten Luftentnahmeschlitz 18 und der noch weiter versetzt angeordneten zweiten Öffnung 14 im Außengehäuse 1 in einer Flucht. In diesem Fall kann auf die oben erwähnte erste Öffnung 13 im Innengehäuse verzichtet werden. Das Führungsrohr 15 wird - fluchtend mit der winklig angeordneten Bohrung 11' - schräg durch das Außengehäuse 1 und das Innengehäuse 2 geführt und auf den Einsatzkörper 7' aufgesetzt, um dann die Auswuchtschraube 16 zuzuführen und mit dem Werkzeug 17 in den Innengewindeabschnitt der Bohrung 11' des Einsatzkörpers 7' einzuschrauben.

[0014] Nach dem Einschrauben der Auswuchtschraube 16 wird das Werkzeug 17 und das Führungsrohr 15 herausgezogen und die erste und zweite Öffnung im Innen- und im Außengehäuse werden mit einem - in Fig. 2 dargestellten - Doppelstößel 19, der am Außengehäuse 1 verschraubt ist, verschlossen.

[0015] Mit den zuvor beschriebenen Ausführungsformen können nach der vollständigen Montage oder nach Reparaturen des Triebwerks Unwuchten bzw. Restunwuchten in zusammengebautem Zustand ausgeglichen werden. Das Auswuchten erfolgt - rotordynamisch optimal - in einem weit außen liegenden Durchmesserbereich der Rotorscheibe 5, so dass das zum Auswuchten erforderliche zusätzliche Gewicht gering ist. Die Anordnung der Einsatzkörper 7, 7' in einem vorgegebenen regelmäßigen Abstand jeweils zwischen zwei Rotorscheufeln 4 in den vorhandenen Umfangsnuten 6 von Rotorscheiben 5 des Kompressors oder der Turbine ist mit geringem Aufwand und bei gleichzeitig niedrigem Gewicht möglich.

40 Bezugszeichenliste

[0016]

1	Außengehäuse
2	Innengehäuse
3	Rotor
4	Rotorscheufel
5	Rotorscheibe
6	Umfangsnut
7, 7'	Einsatzkörper
8	Basisteil v. 7, 7'
9	Gewindeteil v. 7, 7'
10	Plattform v. 4
11, 11'	Bohrung v. 7
12a	Innengewindeabschnitt v. 11, 11'
12b	erweiterter Durchmesserbereich v. 11, 11'
13	erste Öffnung in 2
14	zweite Öffnung in 1

15	Führungsrohr	
16	Auswuchtschraube	
17	Werkzeug	
18	Luftentnahmeschlitz	
19	Doppelstöpsel	5

5. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrung (11, 11') im Einsetzkörper (7, 7') einen Innengewindeabschnitt(12a) aufweist.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Feinauswuchten des in vollständig montiertem Zustand von einem Außengehäuse (1) und einem Innengehäuse (2) umgebenen Rotors (3) eines Gasturbinentriebwerks, **gekennzeichnet durch** in die zum Anbringen der Rotorscheaufeln (4) vorgesehene Umfangsnut (6) von mindestens einer der Rotorscheiben (5) des Kompressors oder der Turbine in regelmäßigem Abstand eingefügte, zwischen aneinander grenzenden Plattformen (10) der Rotorscheaufeln (4) fixierte Einsetzkörper (7,7') mit einer Innengewindeabschnitt (12a) aufweisenden radialen Bohrung (11, 11') zur Aufnahme einer Auswuchtschraube (16), wobei die jeweilige Bohrung (11, 11') in einer bestimmten Drehstellung des Rotors (3) in einer Flucht mit einer ersten Öffnung (13) im Innengehäuse (2) und einer zweiten Öffnung (14) im Außengehäuse (1) liegt und zur Zuführung der Auswuchtschraube (16) und Führung eines Werkzeugs (17) ein vorübergehend angeordnetes Führungsrohr (15) die beiden Öffnungen (13, 14) bis zur Bohrung (11, 11') hin durchgreift.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und die zweite Öffnung (13, 14) senkrecht übereinander und fluchtend mit einer der Bohrungen (11) angeordnet sind und die Öffnungen (13, 14) nach dem Auswuchten durch einen Doppelstöpsel (19) verschließbar sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrung (11') in spitzem Winkel zur Axialrichtung und in einer Flucht mit einem versetzt angeordneten, als erste Öffnung fungierenden Luftentnahmeschlitz (18) im Innengehäuse und einer noch weiter versetzt angeordneten zweiten Öffnung (14) im Außengehäuse (1) ausgerichtet ist, wobei die im Außengehäuse (1) vorgesehene zweite Öffnung (14) durch einen Einfachstöpsel verschließbar ist.
4. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einsetzkörper (7, 7') ein an die Querschnittsform der Umfangsnut (6) angepasstes Basisteil (8) und ein von Ausnehmungen in den aneinander grenzenden Plattformen (10) umfasstes Gewindeteil (9) aufweist.

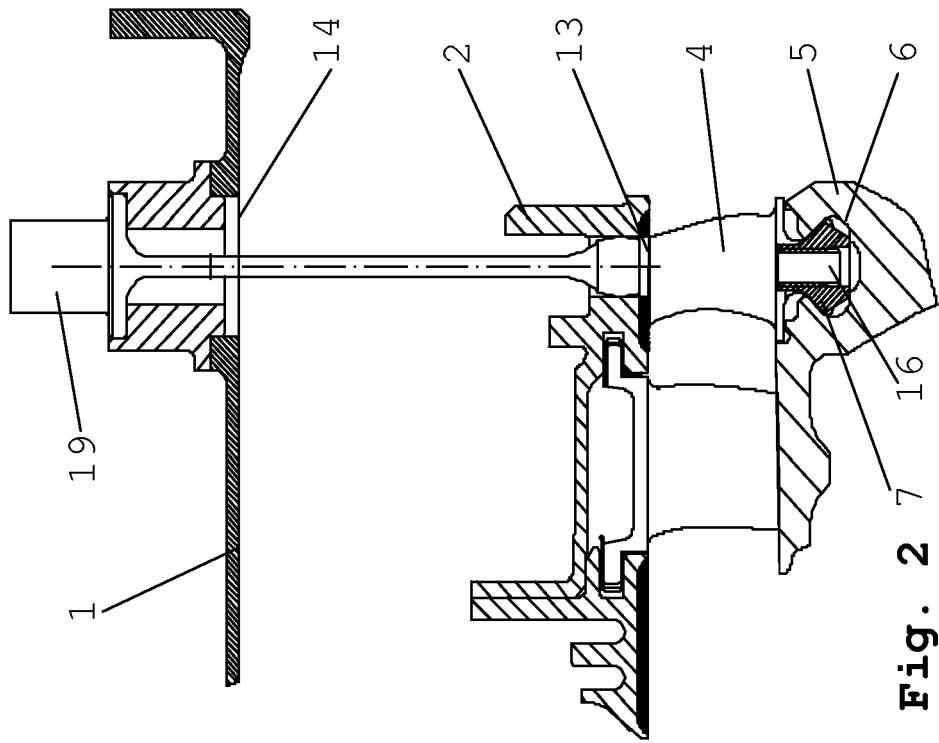


Fig. 2

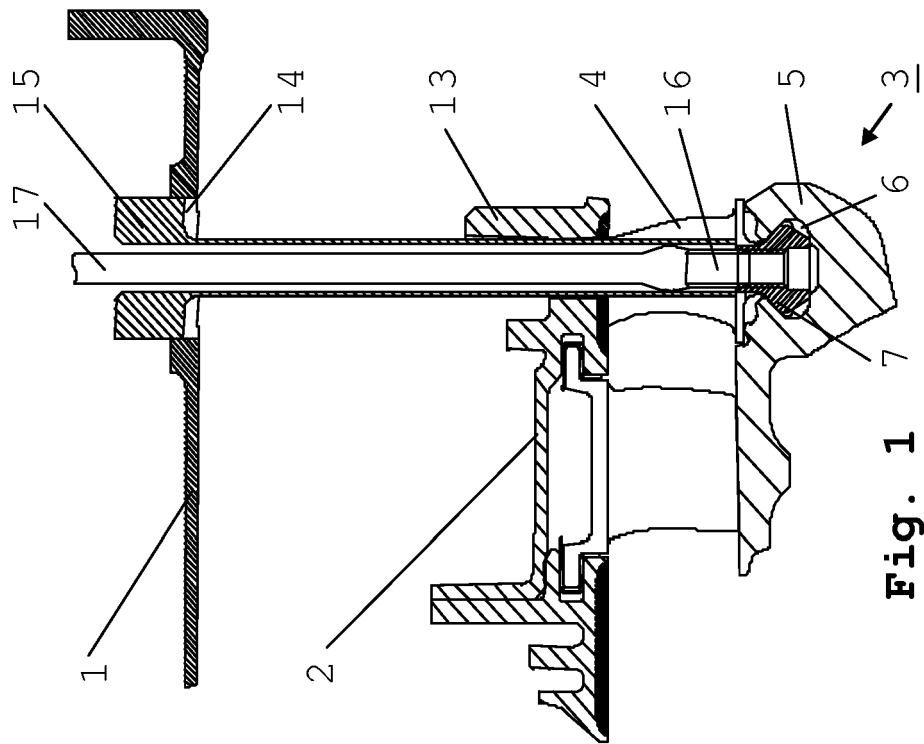


Fig. 1

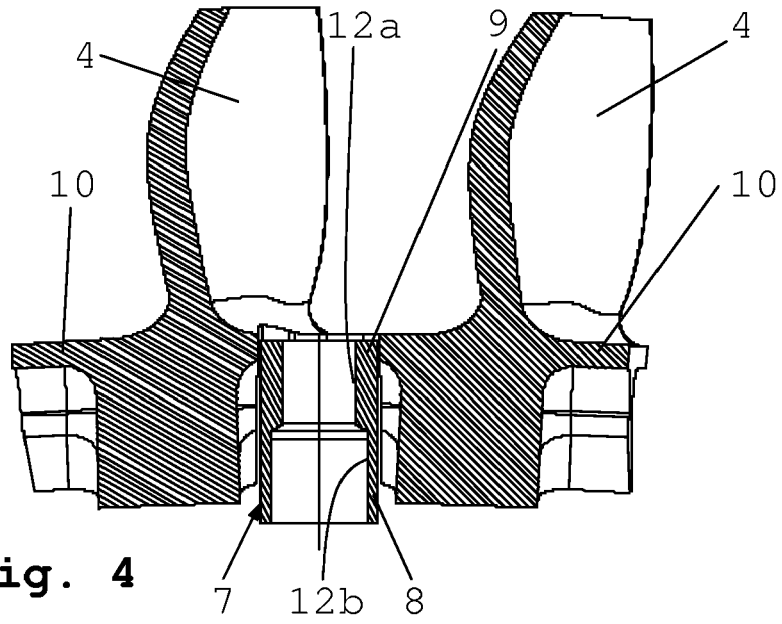


Fig. 4

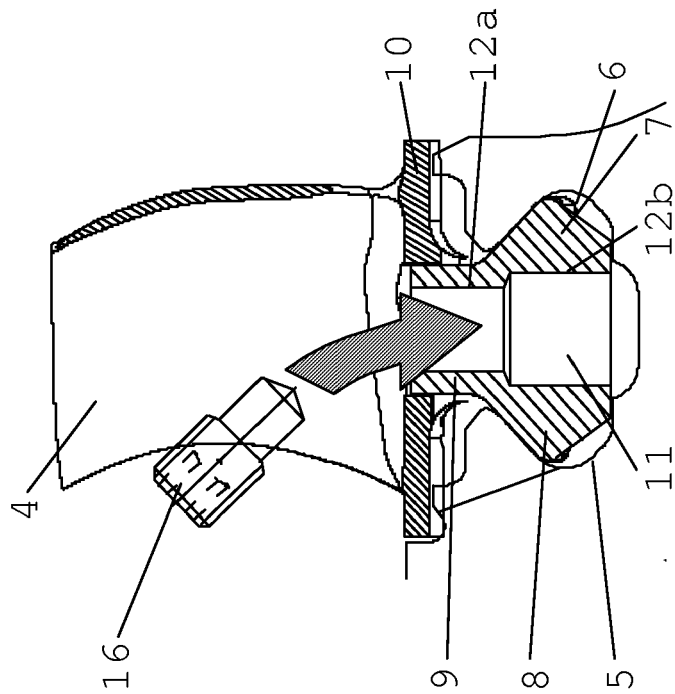


Fig. 3

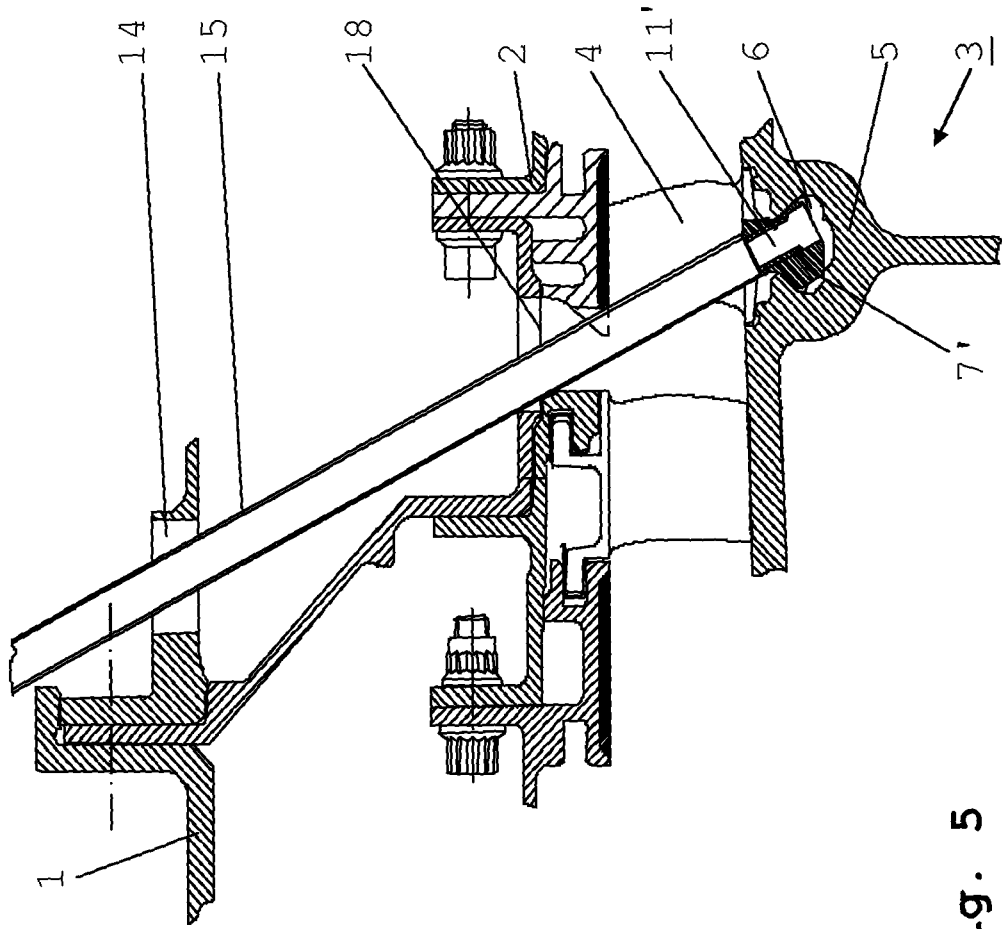


Fig. 5

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 5545010 A [0004]