

(19)



(11)

EP 1 993 744 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.12.2009 Patentblatt 2009/53

(51) Int Cl.:
B08B 3/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08714267.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/001983

(22) Anmeldetag: **12.03.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/113501 (25.09.2008 Gazette 2008/39)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM REINIGEN DER CORE ENGINE EINES STRAHLTRIEBWERKS**

DEVICE AND METHOD FOR CLEANING THE CORE ENGINE OF A JET ENGINE

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ POUR NETTOYER LE MOTEUR CENTRAL D'UN MOTEUR À RÉACTION

(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

(30) Priorität: **16.03.2007 EP 07005446**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.11.2008 Patentblatt 2008/48

(73) Patentinhaber: **Lufthansa Technik AG**
22335 Hamburg (DE)

(72) Erfinder:
• **GILJOHANN, Sebastian**
64289 Darmstadt (DE)

- **GÖBEL, Daniel**
63500 Seligenstadt (DE)
- **MENSCH, Michael**
63811 Stockstadt (DE)
- **HEINE, Joachim**
61231 Bad Nauheim (DE)
- **HACKER, Joachim**
63607 Wächtersbach (DE)

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**
Patent- und Rechtsanwälte
Rothenbaumchaussee 58
20148 Hamburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-96/40453 WO-A-2005/120953

EP 1 993 744 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, eine Anordnung sowie ein Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks.

[0002] Strahltriebwerke von kommerziellen Unterschallverkehrsflugzeugen sind heute weit überwiegend sogenannte Turbofan-Strahltriebwerke. Ein solches Turbofan-Triebwerk besitzt eine sogenannte Core Engine, in der der eigentliche Verbrennungsprozess des Kerosins abläuft. Die Core Engine besitzt in bekannter Weise eine oder mehrere Kompressorstufen, eine Brennkammer, sowie eine oder mehrere Turbinenstufen, in denen die heißen Verbrennungsgase einen Teil ihrer mechanischen Energie abgeben. Diese mechanische Energie wird zum einen für den Antrieb der Kompressorstufen benötigt, zum anderen wird ein Stromauf vor der Core Engine angeordneter sogenannter Turbofan angetrieben, der in der Regel einen erheblich größeren Durchmesser als die Core Engine aufweist und einen erheblichen Teil der das Triebwerk insgesamt durchströmenden Luft als sogenannten Mantel- oder Nebenluftstrom an der Core Engine vorbeiströmen lässt. Der Turbofan bringt über diesen Mantelluftstrom einen erheblichen Teil der Schubleistung des Triebwerks auf, ferner sorgt der hohe Mantelluftstromanteil für eine bessere Umweltverträglichkeit des Triebwerks, insbesondere einen besseren Wirkungsgrad bei Unterschallgeschwindigkeiten, sowie eine verbesserte Geräuschkämpfung des heißen Abgasstroms der Core Engine.

[0003] Strahltriebwerke werden im Betrieb durch Verbrennungsrückstände der Core Engine sowie durch mit der Verbrennung bzw. Mantelluft angesaugte Luftverunreinigungen wie beispielsweise Staub, Insekten, Salznebel oder sonstigen Umweltverunreinigungen kontaminiert. Diese Verunreinigungen bilden insbesondere auch auf den Rotor- und/oder Statorblades des Kompressors der Core Engine einen Belag, der die Oberflächengüte und damit letztendlich den thermodynamischen Wirkungsgrad des Triebwerks beeinträchtigt.

[0004] Zum Entfernen der Verunreinigungen werden Strahltriebwerke gereinigt. Aus WO 2005/077554 A1, der eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 umfasst, ist es bekannt, zu diesem Zweck eine Mehrzahl von Reinigungsdüsen stromauf des Fans eines Turbofan-Triebwerks anzuordnen, um so den Fan und die Core Engine zu reinigen. WO 2005/120953 und WO 96/40453 offenbaren Vorrichtungen zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks. Die Reinigungsdüsen werden an der Verkleidung des Strahltriebwerks angebracht oder von einem separaten Fahrzeug gehalten.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 ein Verfahren gemäß Anspruch 13 und eine Anordnung gemäß Anspruch 11 der eingangs genannten Art zu schaffen, die ein wirksames und effizientes Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks ermöglichen.

[0006] Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine

Versorgungseinrichtung, die Reinigungsmedium zur Verfügung stellt, eine Düseneinrichtung, die zum Einbringen des Reinigungsmediums in die Core Engine ausgebildet ist, sowie eine Leitungsverbindung zwischen der Versorgungseinrichtung und der Düseneinrichtung auf. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Düseneinrichtung Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks aufweist, und dass eine **[0007]** Drehkupplung zwischen der Düseneinrichtung und der Leitungsverbindung vorgesehen ist.

[0008] Zunächst seien einige im Rahmen der Erfindung verwendete Begriffe erläutert. Der Begriff Strahltriebwerk bezeichnet jegliche mobilen Gasturbinen für Luftfahrtanwendungen. Im Rahmen der Erfindung bezeichnet der Begriff insbesondere Turbofan-Triebwerke, bei denen die eigentliche Gasturbine eine sogenannte Core Engine bildet und stromauf der Core Engine ein im Durchmesser größerer Turbofan angeordnet ist, der einen Mantelluftstrom um die Core Engine erzeugt. Der Begriff Core Engine bezeichnet die eigentliche Gasturbine des Strahltriebwerks, in der der Verbrennungsprozess des Treibstoffs, insbesondere Kerosins, stattfindet. Eine solche Core Engine weist in der Regel eine oder mehrere Kompressorstufen, eine Brennkammer sowie ein oder mehrere Turbinenstufen auf, die von den heißen Verbrennungsgasen angetrieben werden.

[0009] Die Versorgungseinrichtung stellt Reinigungsmedium zur Verfügung (beispielsweise in einem oder mehreren Tanks) und kann mit Bedienungs- und Antriebseinrichtungen, Pumpen, Energiespeichern oder dergleichen versehen sein. Sie ist vorzugsweise als eine mobile, insbesondere fahrbare Einheit ausgebildet.

[0010] Die Düseneinrichtung weist eine oder mehrere Düsen für das Reinigungsmedium sowie unten noch näher erläuterte Mittel zur drehfesten Verbindung dieser Düseneinrichtung und damit der Düsen mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks auf.

[0011] Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass diese Düsen nicht stationär im Bereich des Einlasses des Strahltriebwerks angeordnet sind, sondern drehfest mit der Welle des Fans verbunden sind und damit bei einem langsamen Durchdrehen des Triebwerks ohne Einspritzen von Kerosin (dem sogenannten dry-cranking) mit dem Fan mitrotieren können.

[0012] Die Versorgungseinrichtung und die Düseneinrichtung sind über eine Leitungsverbindung miteinander verbunden. Diese Leitungsverbindung dient insbesondere der Zufuhr des (vorzugsweise unter Druck stehenden und ggf. erwärmten) Reinigungsmediums zu den Düsen der Düseneinrichtung. Die Leitungsverbindung ist bevorzugt flexibel und kann insbesondere einen ggf. druckfesten Schlauch aufweisen.

[0013] Die Leitungsverbindung ist mittels einer Drehkupplung an die Düseneinrichtung angeschlossen. Der Begriff Drehkupplung ist funktionell zu verstehen und bezeichnet jegliche Einrichtung, die sich zum Herstellen einer hinreichend stabilen, bevorzugt druckfesten und flüssigkeitsdichten Verbindung zwischen dem stationären

Teil der Leitungsverbindung und der mit dem Fan mitrotierenden Düseneinrichtung eignet. Zweck der Drehkupplung ist es, das Reinigungsmedium aus der stationären Versorgungseinrichtung in die mitdrehende Düseneinrichtung zu leiten und dann aus den Düsen austreten zu lassen.

[0014] Die Erfindung ermöglicht eine gezielte Reinigung der Core Engine. Die beim dry-cranking mitdrehenden Düsen bestreichen den Einlass der Core Engine gleichmäßig über den gesamten Umfang. Ferner erlaubt die mitdrehende Anordnung der Düsen ein gezieltes Einbringen des Reinigungsmediums in Strömungsrichtung hinter den Blades (Schaufeln) des Fans und damit ein unmittelbares Bestreichen der Core Engine ohne Beeinträchtigung durch den in Strömungsrichtung davor angeordneten Turbofan. Bei der ortsfesten Anordnung der Düsen vor dem Fan im Stand der Technik trifft ein wesentlicher Teil des Reinigungsmediums auf die Blades des Fans und kann daher nicht oder zumindest nicht direkt zur Reinigung der Core Engine beitragen. Die Erfindung hat erkannt, dass die gezielte Reinigung der Core Engine wesentlich ist für die angestrebte Verbesserung des thermodynamischen Wirkungsgrads. Die Erfindung hat ferner erkannt, dass eine möglicherweise gewünschte zusätzliche Reinigung der Fanblades wesentlich einfacher durch eine zusätzliche manuelle Reinigung mit Schlauch und Bürste erreicht werden kann. Ein Bestreichen auch der Fanblades, wie im Stand der Technik vorgesehen, kann einen erheblichen Teil der Verunreinigungen der Fanblades nicht abtragen, da diese vermehrt auf der Rückseite (Druckseite) der Fanblades sitzen. Ferner werden bei einem gleichzeitigen Bestreichen der Fanblades mit Reinigungsmedium dort abgetragener Schmutz sowie insbesondere im Bereich der Schaufelwurzel ausgewaschene Schmiermittel in die Core Engine eingetragen und verschmutzen diese zusätzlich.

[0015] Die Massenverteilung der Düseneinrichtung ist bevorzugt rotationssymmetrisch um deren Drehachse. Auf diese Weise wird beim Mitrotieren der Düseneinrichtung keine wesentliche zusätzliche Unwucht eingebracht. Die Drehkupplung sitzt zu diesem Zweck bevorzugt im Wesentlichen zentrisch auf der Drehachse der erfindungsgemäßen Vorrichtung im montierten Zustand. Bevorzugt weist die Düseneinrichtung wenigstens zwei oder mehr Düsen auf, die bevorzugt rotationssymmetrisch um die Drehachse verteilt sind.

[0016] Die Austrittsöffnung der Düsen ist bevorzugt im von der Drehkupplung wegweisenden axialen Endbereich der Düseneinrichtung angeordnet. Die Drehkupplung befindet sich bevorzugt im vorderen Bereich der Düseneinrichtung, d. h. in demjenigen Bereich, der im montierten Zustand stromauf, also weg vom Eingang des Strahltriebwerks, weist. Die Austrittsöffnung der Düsen ist dementsprechend im davon wegweisenden axialen Endbereich der Düseneinrichtung vorgesehen, also im montierten Zustand in dem stromabweisenden Endbereich. Diese Anordnung ermöglicht es, die Düsen bei der Montage auf der Welle des Fans eines Turbofan-Trieb-

werks entweder durch die Zwischenräume der Fanblades hindurch zu stecken, so dass sie unmittelbar vor der Core Engine angeordnet sind, oder aber zumindest gezielt so auszurichten, dass sie durch Zwischenräume der Fanblades hindurch direkt auf die Core Engine strahlen.

[0017] Die Düsen sind bevorzugt Flachstrahldüsen, es können aber auch andere Formen wie beispielsweise Rundstrahldüsen oder eine Kombination verschiedener Düsen verwendet werden. Die Strahlebene ist vorzugsweise in Radialrichtung ausgerichtet, d. h. sie wird von zwei Achsen aufgespannt, von denen eine in Radialrichtung weist. Auf diese Weise kann der rotierende Flachstrahl besonders wirksam im Wesentlichen die gesamte Fläche des Einlasses der Core Engine überstreichen.

[0018] Es ist weiter bevorzugt, dass die Strahlebene einen Anstellwinkel mit der Drehachse einschließt. Dies bedeutet, dass die Strahlrichtung nicht parallel zur Drehachse erfolgt, sondern mit dieser Achse einen Winkel einschließt. Die Strahlrichtung weicht um diesen Winkel von der Axialrichtung ab. Bevorzugt ist es, wenn sich dieser Winkel nach dem Anstellwinkel der vorderen Kompressorblades der Core Engine richtet. In der Regel handelt es sich dabei um Statorblades, die bei einer passenden Einstellung des Strahlwinkels zu deren Einstellwinkel von dem Flachstrahl teilweise durchstrichen werden können, so dass es zu einer wirksameren Reinigung der dahinter angeordneten Teile der Core Engine kommt.

[0019] Die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks umfassen bevorzugt Befestigungsmittel zur Befestigung an den Fanblades wie beispielsweise geeignet ausgebildete Haken, mit denen die Düseneinrichtung an der Hinterkante (stromabgewandt) der Fanblades eingehakt werden können.

[0020] Die Düseneinrichtung kann zur drehfesten Fixierung mit der Welle des Fans eine Einrichtung zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennabe des Fans aufweisen.

[0021] Turbofan-Triebwerke weisen in der Regel auf dem stromauf gelegenen Wellenende der Welle des Turbofans eine konisch gekrümmte Nabe auf, die das Anströmverhalten der Luft verbessern soll. Auf diese Nabe können die entsprechenden Mittel zur drehfesten Verbindung aufgesetzt werden. "Im wesentlichen formschlüssig" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Form der Wellennabe genutzt wird zur beabsichtigten Positionierung der Düseneinrichtung und zur Fixierung in der gewünschten Position. Es bedeutet nicht, dass die gesamte Fläche der Wellennabe formschlüssig umschlossen sein muss.

[0022] Beispielsweise kann die Einrichtung ein oder mehrere Ringe aufweisen, mit denen sie auf die Wellennabe aufgesetzt werden kann. Bei einer Mehrzahl von Ringteilen weisen diese einen unterschiedlichen Durchmesser auf, der angepasst ist an den Durchmesser der Wellennabe in den entsprechenden Bereichen. Beispielsweise können zwei axial beabstandete Ringe unterschiedlichen Durchmessers vorgesehen sein, mit denen die Düseneinrichtung auf der Wellennabe positio-

niert und zentriert wird.

[0023] Das Material der Einrichtung zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennabe des Fans wird bevorzugt so ausgewählt, dass es durch eine mögliche Reibung auf der Wellennabe zu keinem oder nur einem unwesentlichen Verschleiß dieser Wellennabe kommt. Beispielsweise kann diese Einrichtung eine hinreichend weiche Kunststoff- oder Gummibeschichtung oder -ummantelung aufweisen.

[0024] Spannseile können vorzugsweise zur weiteren Fixierung vorgesehen sein. Beispielsweise kann die Düseneinrichtung mittels der Ringteile auf der Wellennabe des Fans zentriert werden und dann mit Spannseilen, die an der Hinterkante der Fanblades fixiert werden, verspannt werden. Erfindungsgemäß können Federeinrichtungen zum Vorspannen der Spannseile vorgesehen sein, damit die Düseneinrichtung mit einer definierten Kraft an die Wellennabe angedrückt wird.

[0025] Die Spannseile sind bevorzugt (beispielsweise mittels Haken bzw. Spannpratzen) an den Fanblades, bevorzugt an deren Hinterkante, befestigt. Diese Haken bzw. Spannpratzen können ebenfalls eine hinreichend weiche Kunststoff- oder Gummibeschichtung oder -ummantelung aufweisen.

[0026] Die Versorgungseinrichtung für das Reinigungsmedium weist bevorzugt wenigstens einen Vorratstank für Reinigungsmedium und wenigstens eine Pumpe zur Druckbeaufschlagung der Düseneinrichtung mit Reinigungsmedium auf. Der Vorratstank kann eine Heizeinrichtung aufweisen, um temperiertes Reinigungsmedium zur Verfügung zu stellen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist die Versorgungseinrichtung wenigstens zwei Vorratstanks auf, aus denen die Düseneinrichtung wahlweise gespeist werden kann. Dies hat den Vorteil, dass nach einem Reinigungsvorgang in einem Reinigungstank frisch eingefülltes Reinigungsmedium auf die gewünschte Temperatur aufgeheizt werden kann, während gleichzeitig aus dem zweiten Reinigungstank ein weiterer Reinigungsvorgang gespeist wird.

[0027] Als Reinigungsmedium kann bevorzugt eine Flüssigkeit, insbesondere eine wässrige Flüssigkeit, oder eine Dispersion einer Flüssigkeit in einem gasförmigen Medium, insbesondere Luft, verwendet werden. Bevorzugt wird eine wässrige Lösung verwendet, die beim Austritt aus den Düsen zu einer wässrigen Dispersion in Luft zerstäubt wird. Näheres dazu wird unten im Zusammenhang mit der Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben. Die dort beschriebenen Verfahrensparameter gelten auch für die erfindungsgemäße Vorrichtung. Es ist somit Gegenstand der Erfindung, die Vorrichtung so auszubilden, dass die weiter unten beschriebenen Verfahrensparameter eingestellt werden können.

[0028] Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Anordnung aus einem Strahltriebwerk und einer daran zur Vornahme einer Reinigung der Core Engine angebrachten Vorrichtung wie vorstehend beschrieben. Die Anordnung weist weiterhin folgende Merkmale auf:

a. die Düseneinrichtung ist drehfest mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks verbunden;

b. die Drehachsen des Fans des Strahltriebwerks und der Düseneinrichtung sind im wesentlichen konzentrisch angeordnet;

c. die Düsen der Düseneinrichtung weisen einen radialen Abstand von der gemeinsamen Drehachse des Strahltriebwerks und der Vorrichtung auf, der kleiner ist als der Radius der Eintrittsöffnung der Core Engine;

d. die Austrittsöffnungen der Düsen sind in Axialrichtung hinter der Ebene des Fans angeordnet und/oder die Düsen sind in Zwischenräumen der Fanblades angeordnet oder auf Zwischenräume der Fanblades ausgerichtet, so dass die Düsenstrahlen im Wesentlichen ungehindert durch die Ebene des Fans hindurchtreten können.

[0029] Bei der erfindungsgemäßen Anordnung ist die Düseneinrichtung drehfest mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks verbunden. Dabei sind die Drehachsen des Fans des Strahltriebwerks und der Düseneinrichtung im Wesentlichen konzentrisch angeordnet. Die Drehachse der Düseneinrichtung ist diejenige Achse, um die sich die Düsen im Betrieb konzentrisch drehen. Der radiale Abstand der Düsen der Düseneinrichtung von der gemeinsamen Drehachse des Strahltriebwerks und der Vorrichtung ist so bemessen, dass diese Düsen den Eingang der Core Engine überstreichen. Die Austrittsöffnung der Düsen sind hinter der Ebene des Turbofans oder so vor bzw. zwischen den Fanblades ausgerichtet, dass ein im Wesentlichen ungehindertes Hindurchstrahlen möglich ist.

[0030] Bevorzugt ist der Anstellwinkel der Strahlebene der Düsen mit der Drehachse angepasst an den Anstellwinkel der in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine. Auf diese Weise wird die Reinigungswirkung auch im hinteren Teil der Core Engine verbessert.

[0031] Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks unter Verwendung einer Vorrichtung wie vorstehend beschrieben. Die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens sind:

a. Anbringen der Düseneinrichtung an der Nabe des Fans, so dass die Austrittsöffnungen der Düsen auf die in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine gerichtet sind;

b. Rotierenlassen des Strahltriebwerks;

c. Beaufschlagen der Düseneinrichtung mit Reinigungsmedium und Reinigen der Core Engine.

[0032] Das dry-cranking bzw. Rotierenlassen des Strahltriebwerks während des Reinigungsvorgangs erfolgt bevorzugt mit einer Drehzahl von 50 bis 500 min⁻¹, vorzugsweise 100 bis 300 min⁻¹, weiter vorzugsweise 120 bis 250 min⁻¹. Besonders bevorzugt ist eine Drehzahl zwischen 150 und 250 min⁻¹. Das Reinigen kann auch im Leerlaufbetrieb des Triebwerks stattfinden, die Drehzahl beträgt dann bevorzugt 500 bis 1.500 min⁻¹.

[0033] Als Reinigungsmedium wird bevorzugt eine Dispersion einer Flüssigkeit in einem gasförmigen Medium verwendet. Diese Dispersion kann bereits vor der Düsenaustrittsöffnung hergestellt werden, beispielsweise durch den Zusatz von gasförmigen Medium wie beispielsweise Luft zu einer Reinigungsflüssigkeit. Bevorzugt ist es jedoch, wenn bis zur Düsenaustrittsöffnung lediglich flüssiges Reinigungsmedium geführt wird und an der Düsenaustrittsöffnung durch Austritt unter hohem Druck zerstäubt wird, so dass die Mischung aus flüssigem und gasförmigem Medium besteht. Diese Dispersion oder dieses Aerosol wird dann durch die Core Engine hindurchgetragen. Das Reinigungsmedium (bzw. der flüssige Anteil des Aerosols) wird bevorzugt auf einen Bereich von 20 bis 100°C, weiter vorzugsweise 30 bis 80°C, weiter vorzugsweise 50 bis 70°C temperiert. Der Druck, unter dem das Reinigungsmedium an der Düsenöffnung ausgebracht wird, liegt bevorzugt im Bereich 20 bis 100 bar, weiter vorzugsweise 30 bis 80 bar, weiter vorzugsweise 50 bis 70 bar. Durch diesen Druck wird das flüssige Reinigungsmedium an der Düsenöffnung bevorzugt zu Tröpfchen zerrissen, deren mittlere Tröpfchengröße 50 bis 500 µm, weiter vorzugsweise 100 bis 300 µm, weiter vorzugsweise 150 bis 250 µm beträgt.

[0034] Der Durchsatz an flüssigem Reinigungsmedium liegt bevorzugt zwischen 10 und 200 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 150 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 100 l/min, besonders bevorzugt zwischen 20 und 60 l/min. Die Dauer des Reinigungsvorgangs beträgt bevorzugt 1 bis 15 min, weiter vorzugsweise 2 bis 10 min, weiter vorzugsweise 3 bis 7 min.

[0035] Der Tank oder jeder Tank für Reinigungsmedium der Versorgungseinrichtung kann beispielsweise ein Volumen von 400 l aufweisen. Dieses Volumen erlaubt beispielsweise ein 5 min. Reinigen mit einem Durchsatz von 80 l/min.

[0036] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Ansicht einer erfindungsgemäßen Düsen- ein- richtung von vorne;

Fig. 2 einen Schnitt durch die Ebene B-B der Fig. 1 ei- ner Düseneinrichtung, die auf die Wellenna- se ei- nes Fans aufgesetzt ist;

Fig. 3 einen Schnitt durch die Ebene B-A der Fig. 1 ei- ner Düseneinrichtung, die auf die Wellenna- se ei- nes Fans aufgesetzt ist;

Fig. 4 in einem Detailausschnitt aus Fig. 2 die Dreh- kupplung;

Fig. 5 in einem Detailausschnitt aus Fig. 3 die Dreh- kupplung;

Fig. 6 Schematisch die Anordnung der Düsen hinter der Ebene der Fanblades.

[0037] Die Düseneinrichtung weist zwei Ringelemente 1, 2 auf, mit deren Hilfe die Düseneinrichtung auf eine Wellennabe 3 des Fans eines Strahltriebwerks aufge- setzt wird (siehe Fig. 2 und 3). Im aufgesetzten Zustand umschließen die Ringelemente 1, 2 die Wellennabe 3 im Wesentlichen formschlüssig. Die beiden Ringelemente 1, 2 sind durch Radialstreben 4 miteinander verbunden. An der stromauf weisenden Spitze der Düseneinrichtung (bezogen auf die Strömungsrichtung des Triebwerks) ist eine insgesamt mit 5 bezeichnete Drehkupplung ange- ordnet. Von dieser Drehkupplung erstrecken sich zwei radial nach außen führende Druckleitungen 6, die zwei Flachstrahldüsen 7 mit Reinigungsmedium speisen. In der Detailansicht der Figur 4 ist zu erkennen, dass die beiden Druckleitungen 6 über Radialkanäle 8 und einen axialen Kanal 9 der Drehkupplung 5 in Flüssigkeitsver- bindung stehen mit einer Zufuhrleitung 10, die die Dreh- kupplung mit der in der Zeichnung nicht dargestellten Versorgungseinheit verbindet.

[0038] Die Druckleitungen 6 sind an den Kreuzungs- punkten mit den Ringelementen 1, 2 an diesen Ringele- menten fixiert und somit Teil der Tragstruktur der gesam- ten Düseneinrichtung.

[0039] Zur Befestigung der Düseneinrichtung an der Wellennabe des Fans sind bei 11 angedeutete Spann- seile vorgesehen, die mittels Haken 12 an den Hinter- kanten des Fanblades eingehakt werden. Wie in Figur 5 zu erkennen, werden die Spannseile 11 über an der Drehkupplung befestigte Spannseilführungen 17 zu der Drehkupplung geführt und dort an einem axial verschieb- lichen Spannring 13 befestigt. Druckfedern 14 stützen sich an einer Ringschulter 15 der Drehkupplung ab und bringen auf den Spannring 13 eine in Richtung weg von der Ringschulter 15 wirkende Kraft auf. Im aufgesetzten Zustand bringen die Druckfedern 14 auf die Spannseile 1.1 eine Vorspannung auf und sorgen damit für eine Fi- xierung der Düseneinrichtung mit der Nabe des Fans. Durch eine Spannmutter 16, welche auf einem Gewinde des Kupplungsgehäuses 18 sitzt, wird der Spannring 13 stromaufwärts bewegt. Dadurch wird eine Spannkraft auf die Spannseile 11 übertragen und somit eine sichere Ver- bindung der Düseneinrichtung mit der Nabe des Fans hergestellt.

[0040] Zum Reinigen der Core Engine eines Turbofan- Strahltriebwerks wird die Düseneinrichtung in der insbe- sondere aus den Figuren 2 und 3 erkennbaren Weise auf die Wellennabe des Fans aufgesetzt und an den Fan- blades mittels der Haken 12 fixiert. Das Triebwerk wird in Drehung versetzt (dry-cranking). Über die Verbin-

dungsleitung 10, die Drehkupplung 5 und die Druckleitungen 6 werden die Flachstrahldüsen 7 mit Reinigungsmedium aus der nicht dargestellten Versorgungseinrichtung gespeist. Dieses Reinigungsmedium überstreicht den Einlass der Core Engine über deren gesamten Umfang und führt so die Reinigung aus.

[0041] In Fig. 6 ist zu erkennen, dass die Austrittsebene der Düsen 7 in Axialrichtung des Triebwerks hinter der bei 18 angedeuteten Radialebene des Turbofans 19 liegt. Daher ist ein definiertes und ungestörtes Einsprühen in die Core Engine 20 möglich. Erfindungsgemäß können daher wesentlich geringere Mengen an Reinigungsmedium (insbesondere Waschflüssigkeit) verwendet werden als im Stand der Technik. Durch diese Verminderung der Flüssigkeitsmenge wird vermieden, dass Flüssigkeit in die Steuerleitungen des Triebwerks eintritt, die Luftdruck aus dem Kompressorbereich zur Ansteuerung des Kraftstoffreglers übertragen. Ferner wird eine Kontamination des Motoröls mit Reinigungsflüssigkeit vermieden.

[0042] Erfindungsgemäß müssen diese Steuerleitungen - anders als im Stand der Technik - vor Beginn der Triebwerkswäsche nicht getrennt bzw. geöffnet werden. Ein Standlauf des Triebwerks nach einer Wäsche und anschließender Wiederverbindung der Steuerleitungen ist daher nicht erforderlich.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks, mit einer Versorgungseinrichtung, die Reinigungsmedium zur Verfügung stellt, einer Düseneinrichtung, die zum Einbringen des Reinigungsmediums in die Core Engine ausgebildet ist, und mit einer Leitungsverbindung (10) zwischen der Versorgungseinrichtung und der Düseneinrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düseneinrichtung Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks aufweist, und dass eine Drehkupplung (5) zwischen der Düseneinrichtung und der Leitungsverbindung (10) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Massenverteilung der Düseneinrichtung rotationssymmetrisch um deren Drehachse ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düseneinrichtung wenigstens zwei Düsen (7) aufweist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsöffnungen der Düsen (7) im von der Drehkupplung (5) wegweisenden axialen Endbereich der Düseneinrichtung angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düsen (7) Flachstrahldüsen sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlebene im Bereich der Austrittsöffnungen der Düsen (7) im Wesentlichen in Radialrichtung weist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlebene einen Anstellwinkel mit der Drehachse (7) einschließt.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks Befestigungsmittel (12) zur Befestigung an den Fanblades aufweisen.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks eine Einrichtung (1, 2) zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennabe des Fans aufweisen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennabe des Fans wenigstens ein Ringteil (1, 2) und Spannseile (11) umfasst.
11. Anordnung aus einem Strahltriebwerk und einer daran zur Vornahme einer Reinigung der Core Engine angebrachten Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
 - a. die Düseneinrichtung ist drehfest mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks verbunden;
 - b. die Drehachsen des Fans des Strahltriebwerks und der Düseneinrichtung sind im wesentlichen konzentrisch angeordnet;
 - c. die Düsen (7) der Düseneinrichtung weisen einen radialen Abstand von der gemeinsamen Drehachse des Strahltriebwerks und der Vorrichtung auf, der kleiner ist als der Radius der Eintrittsöffnung der Core Engine;
 - d. die Austrittsöffnungen der Düsen (7) sind in Axialrichtung hinter der Ebene des Fans angeordnet und/oder die Düsen sind in Zwischenräumen der Fanblades angeordnet oder auf Zwischenräumen der Fanblades ausgerichtet, so dass die Düsenstrahlen im Wesentlichen ungehindert durch die Ebene des Fans hindurchtreten können.
12. Anordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, dass die Strahlebene der Düsen (7) einen Anstellwinkel mit der Drehachse einschließt, der im Wesentlichen dem Anstellwinkel der in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine entspricht.

13. Verfahren zum Reinigen der Core Engine eines Strahltriebwerks unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit den Schritten:

- a. Anbringen der Düseneinrichtung an der Nabe (3) des Fans, so dass die Austrittsöffnungen der Düsen (7) auf die in Strömungsrichtung des Triebwerks vorderen Blades der Core Engine gerichtet sind;
- b. Rotierenlassen des Strahltriebwerks;
- c. Beaufschlagen der Düseneinrichtung mit Reinigungsmedium und Reinigen der Core Engine.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Reinigungsmedium eine Dispersion einer Flüssigkeit in einem gasförmigen Medium verwendet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchsatz an flüssigem Reinigungsmedium 10 bis 200 l/min, vorzugsweise 20 bis 150 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 100 l/min, weiter vorzugsweise 20 bis 60 l/min beträgt.

Claims

1. Device for cleaning the core engine of a jet power plant with a supply unit which provides cleaning medium, a nozzle unit which is designed for introducing the cleaning medium into the core engine, and with a line connection (10) between the supply unit and the nozzle unit, **characterized in that** the nozzle unit has means for the rotationally fixed connection to the shaft of the fan of the jet power plant, and **in that** a rotary joint (5) is provided between the nozzle unit and the line connection (10).
2. Device according to Claim 1, **characterized in that** the mass distribution of the nozzle unit is axially symmetrical around its rotational axis.
3. Device according to either of Claims 1 or 2, **characterized in that** the nozzle unit has at least two nozzles (7).
4. Device according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the discharge openings of the nozzles (7) are arranged in the axial end section of the nozzle unit which points away from the rotary joint (5).

5. Device according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the nozzles (7) are flat-jet nozzles.

6. Device according to Claim 5, **characterized in that** the jet plane in the region of the discharge openings of the nozzles (7) point essentially in the radial direction.

7. Device according to either of Claims 5 or 6, **characterized in that** the jet plane with the rotational axis (7) includes an incidence angle.

8. Device according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the means for the rotationally fixed connection to the shaft of the fan of the jet power plant have fastening means (12) for the fastening on the fan blades.

9. Device according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the means for the rotationally fixed connection to the shaft of the fan of the jet power plant have a device (1, 2) for the essentially form-fitting seating on the shaft hub of the fan.

10. Device according to Claim 9, **characterized in that** the device (1, 2) for the essentially form-fitting seating on the shaft hub of the fan comprises at least one ring component (1, 2) and tensioning cables (11).

11. Arrangement consisting of a jet power plant and a device which is attached to it for undertaking a cleaning of the core engine, according to one of claims 1 to 10, **characterized by** the following features:

- a. The nozzle unit is connected in a rotationally fixed manner to the shaft of the fan of the jet power plant;
- b. The rotational axes of the fan of the jet power plant and of the nozzle unit are arranged essentially concentrically;
- c. The nozzles (7) of the nozzle unit have a radial distance from the common rotational axis of the jet power plant and of the device, which is less than the radius of the intake opening of the core engine;
- d. The discharge openings of the nozzles (7) are arranged in the axial direction behind the plane of the fan, and/or the nozzles are arranged in interspaces of the fan blades or oriented towards interspaces of the fan blades so that the nozzle jets can pass through the plane of the fans essentially unhindered.

12. An arrangement according to Claim 11, **characterized in that** the jet plane of the nozzles (7) with the rotational axis includes an incidence angle, which essentially corresponds to the incidence angle of the front blades of the core engine in the flow direction

of the power plant.

- 13.** Method for cleaning the core engine of a jet power plant, using a device according to one of Claims 1 to 10, with the steps:

- a. Attaching the nozzle unit to the hub (3) of the fan so that the discharge openings of the nozzles (7) are oriented towards the front blades of the core engine in the flow direction of the power plant;
- b. Allowing the jet power plant to rotate;
- c. Pressurizing the nozzle unit with cleaning medium and cleaning the core engine.

- 14.** Method as claimed Claims 13, **characterized in that** a dispersion of a liquid is a gaseous medium is used as cleaning medium.

- 15.** Method according to either of Claims 13 or 14, **characterized in that** the throughput of liquid cleaning medium is 10 to 200 l/min, preferably 20 to 150 l/min, more preferably 20 to 100 l/min, more preferably 20 to 60 l/min.

Revendications

- 1.** Dispositif pour le nettoyage du réacteur de base d'un moteur à réaction, comportant un dispositif d'alimentation, qui met à disposition le fluide de nettoyage, un dispositif d'injection, qui est réalisé pour injecter le fluide de nettoyage dans le réacteur de base, et comportant un raccordement de conduites (10) entre le dispositif d'alimentation et le dispositif d'injection, **caractérisé en ce que** le dispositif d'injection comporte des moyens pour le raccordement solidaire en rotation avec l'arbre de la soufflante du moteur à réaction, et **en ce qu'il** est prévu un couplage rotatif (5) entre le dispositif d'injection et le raccordement de conduites (10).
- 2.** Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la répartition des masses du dispositif d'injection est réalisée par symétrie de révolution autour de l'axe de rotation de celui-ci.
- 3.** Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif d'injection comporte au moins deux buses (7).
- 4.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les orifices de sortie des buses (7) sont agencés dans la zone d'extrémité axiale du dispositif d'injection, à distance du couplage rotatif (5).
- 5.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications

1 à 4, **caractérisé en ce que** les buses (7) sont des buses à jet plan.

- 6.** Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le plan de projection dans la zone des orifices de sortie des buses (7) est orienté sensiblement dans la direction radiale.

- 7.** Dispositif selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** le plan de projection forme un angle d'incidence avec l'axe de rotation (7).

- 8.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens pour le raccordement solidaire en rotation avec l'arbre de la soufflante du moteur à réaction comportent des moyens de fixation (12) pour la fixation aux aubes de la soufflante.

- 9.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens pour le raccordement solidaire en rotation avec l'arbre de la soufflante du moteur à réaction comportent un dispositif (1, 2) pour la pose sensiblement par conjugaison de forme sur le moyeu de l'arbre de la soufflante.

- 10.** Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le dispositif pour la pose sensiblement par conjugaison de forme sur le moyeu de l'arbre de la soufflante comporte au moins un élément annulaire (1, 2) et des câbles tendeurs (11).

- 11.** Système formé par un moteur à réaction et un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, monté sur celui-ci pour effectuer un nettoyage du réacteur de base, **caractérisé par** les caractéristiques suivantes :

- a. le dispositif d'injection est relié solidaire en rotation avec l'arbre de la soufflante du moteur à réaction ;
- b. les axes de rotation de la soufflante du moteur à réaction et du dispositif d'injection sont disposés sensiblement concentriquement ;
- c. les buses (7) du dispositif sont situées à une distance radiale de l'axe de rotation commun du moteur à réaction et du dispositif, ladite distance étant inférieure au rayon de l'ouverture d'admission du réacteur de base ;
- d. les orifices de sortie des buses (7) sont disposés dans la direction axiale en arrière du plan de la soufflante et/ou les buses sont disposées dans des espaces intermédiaires entre les aubes de la soufflante ou sur les espaces intermédiaires entre les aubes de la soufflante, de telle sorte que les jets des buses peuvent traverser le plan de la soufflante sensiblement sans

obstacle.

- 12.** Système selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le plan de projection des buses (7) forme un angle d'incidence avec l'axe de rotation, lequel correspond sensiblement à l'angle d'incidence des aubes avant du réacteur de base, par référence au sens d'écoulement du moteur à réaction. 5
- 13.** Procédé de nettoyage du réacteur de base d'un moteur à réaction moyennant l'utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, avec les étapes de : 10
- a. montage du dispositif d'injection sur le moyeu (3) de la soufflante, de telle sorte que les orifices de sortie des buses (7) sont dirigés vers les aubes avant du réacteur de base, par référence au sens d'écoulement du moteur à réaction ; 15
 - b. rotation du moteur à réaction ; 20
 - c. alimentation du dispositif d'injection avec le fluide de nettoyage et nettoyage du réacteur de base.
- 14.** Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le fluide de nettoyage utilisé est une dispersion d'un liquide dans un fluide gazeux. 25
- 15.** Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** le débit du fluide de nettoyage liquide est de 10 à 200 l/min, de préférence 20 à 150 l/min, encore mieux de 20 à 100 l/min, encore mieux de 20 à 60 l/min. 30

35

40

45

50

55

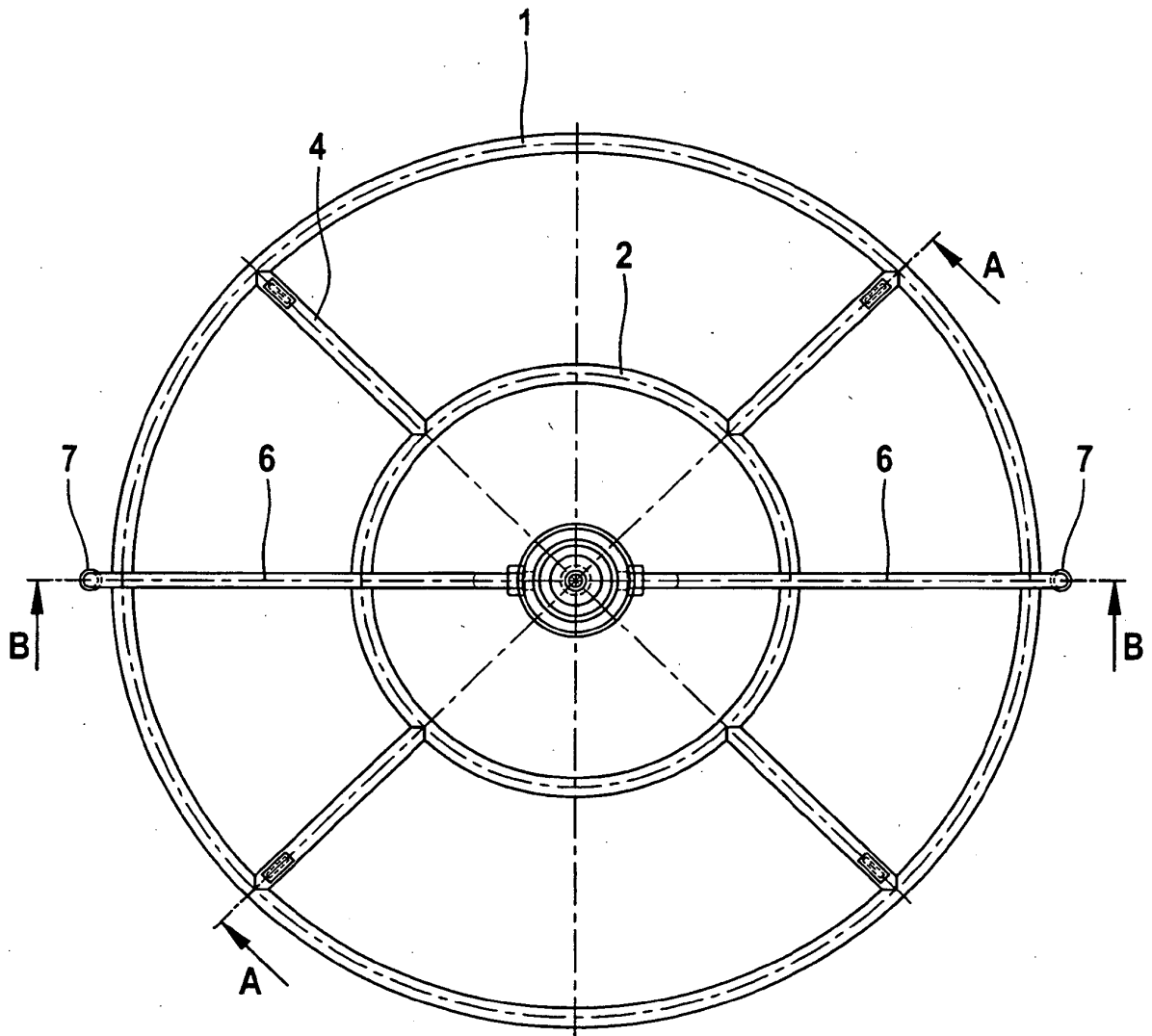


Fig. 1

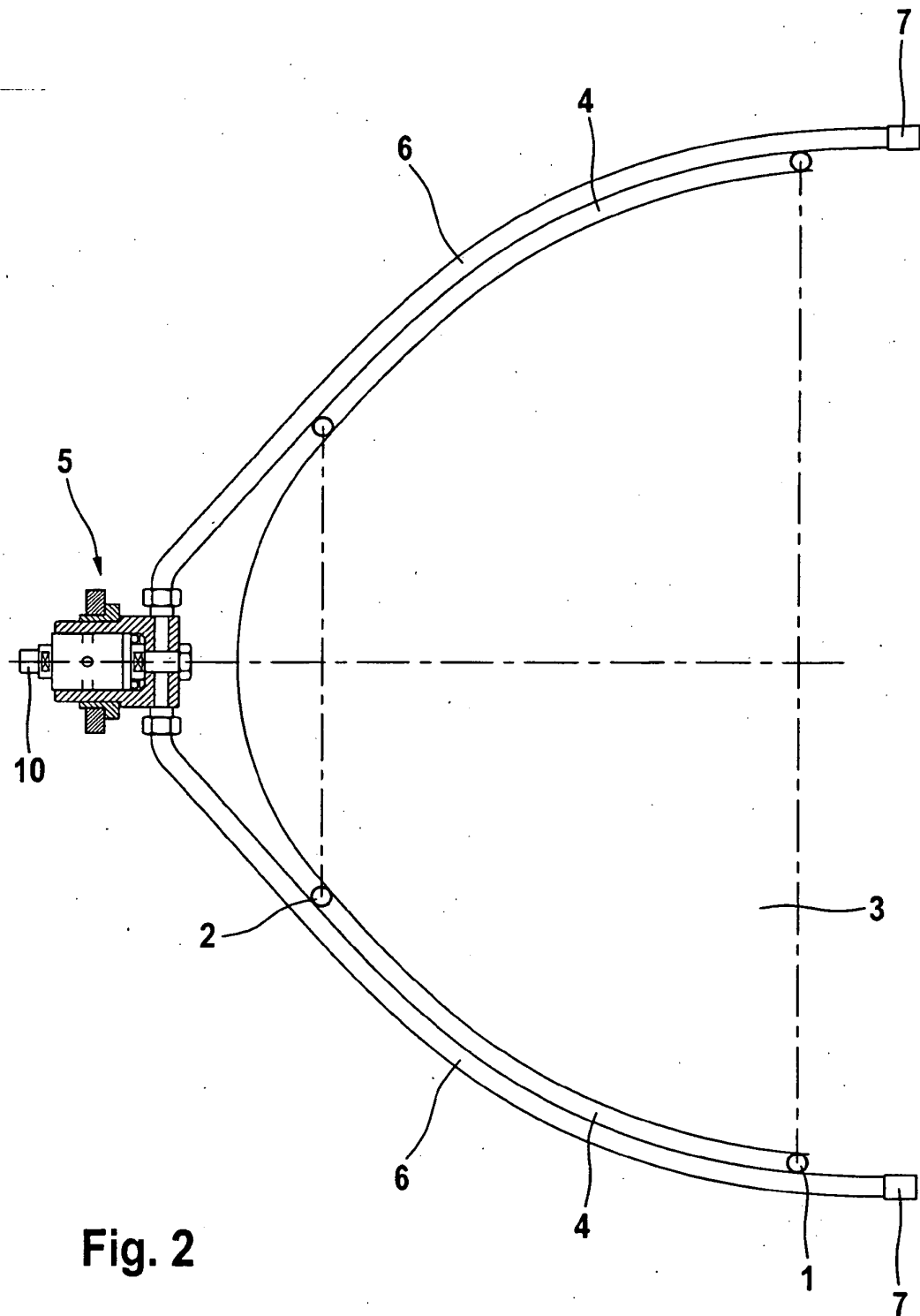


Fig. 2

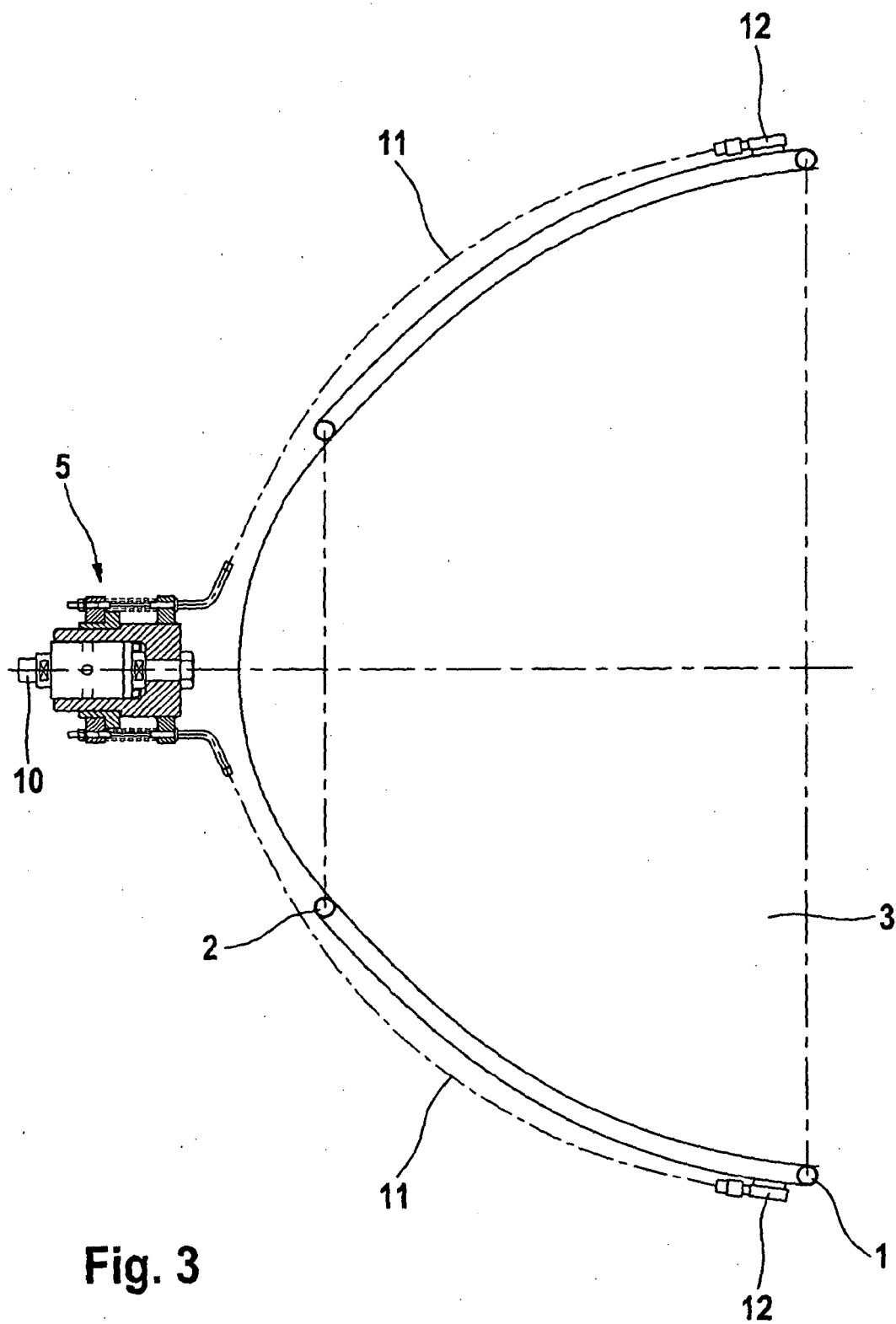


Fig. 3

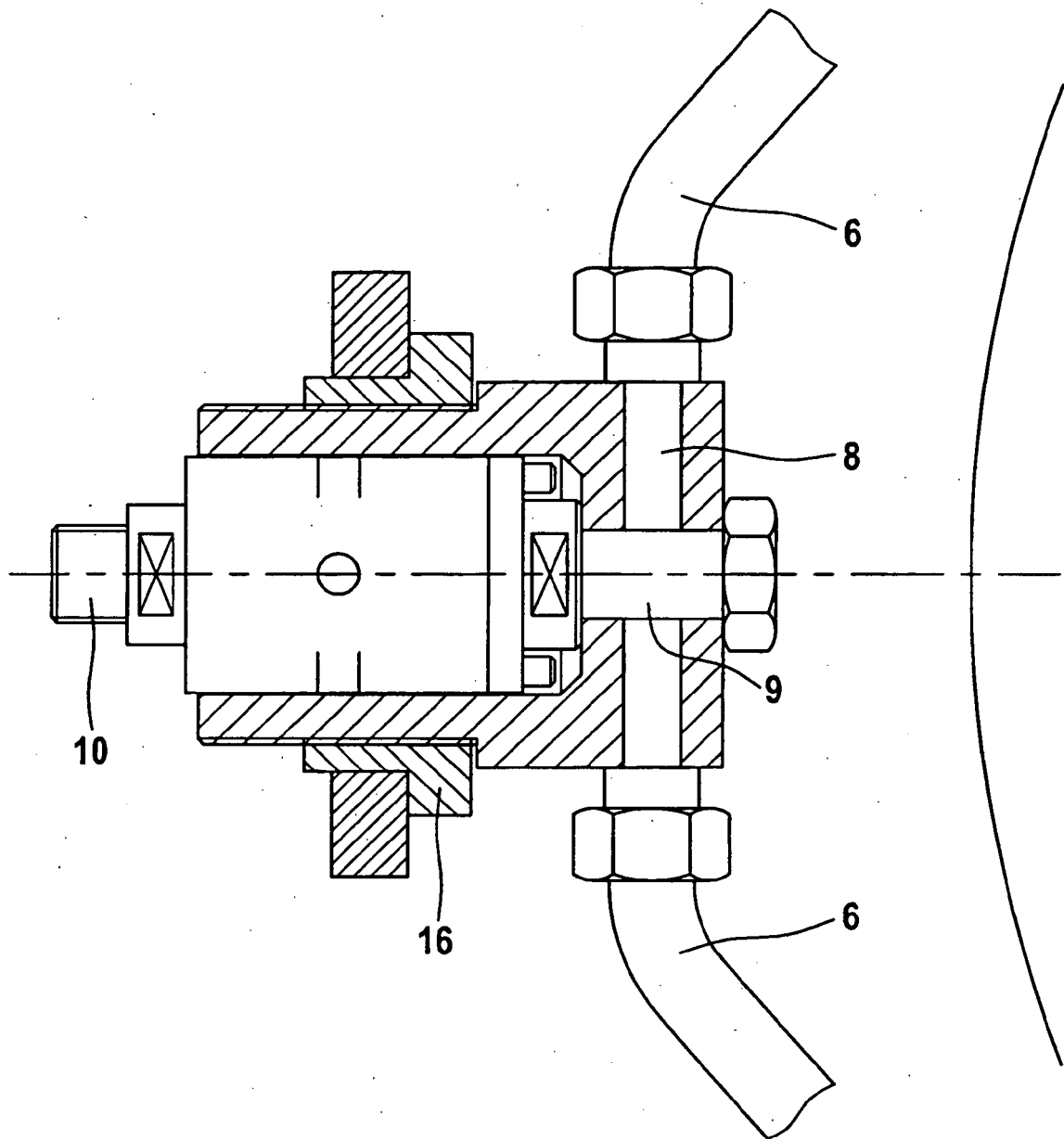


Fig. 4

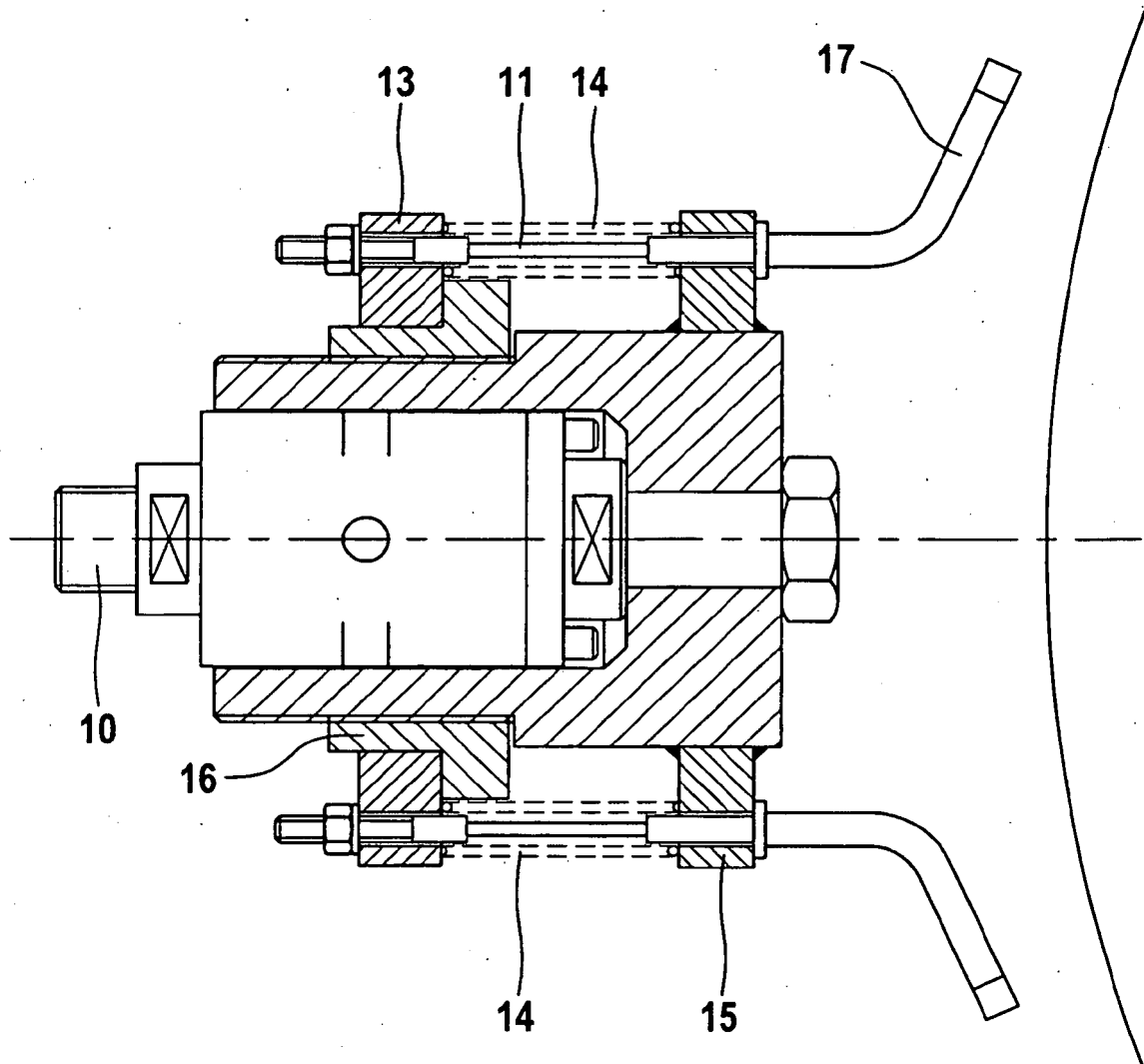


Fig. 5

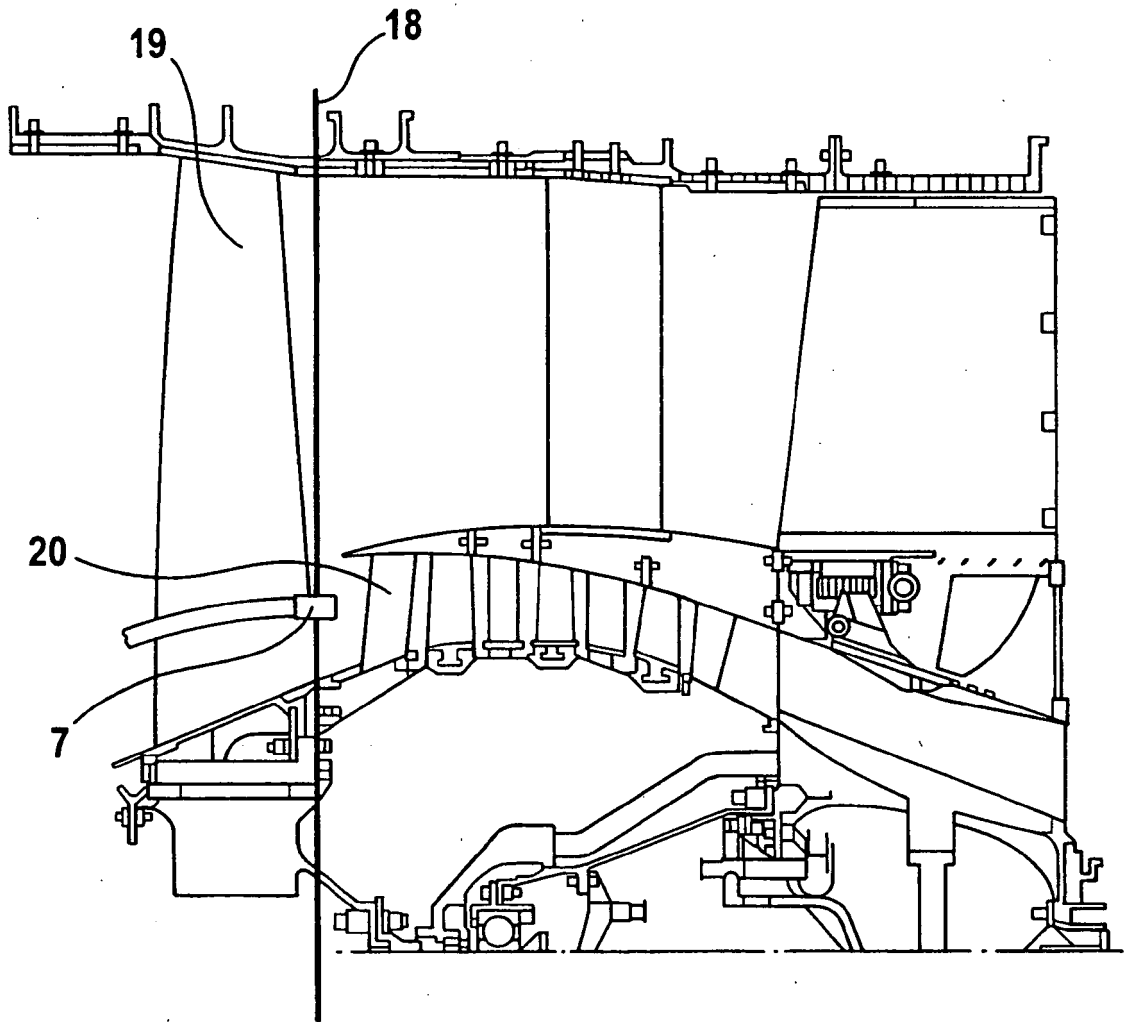


Fig. 6

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

- WO 2005077554 A1 [0004]
- WO 2005120953 A [0004]
- WO 9640453 A [0004]