

(19)



(11)

EP 2 604 799 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

19.06.2013 Patentblatt 2013/25

(51) Int Cl.:

F01D 5/30 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11193229.9**

(22) Anmeldetag: **13.12.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(72) Erfinder: **Ramm, Günter, Dr.**
82223 Eichenau (DE)

(54) **Rotor einer Strömungsmaschine**

(57) Rotor einer Strömungsmaschine, mit mindestens einer Scheibe und mit mehreren lösbar mit der Scheibe verbundenen Laufschaufeln, wobei die Schaufel-Scheiben-Verbindung eine formschlüssige Profilierung am Schaufelfuß und am Scheibenrand aufweist und durch eine axiale oder vorwiegend axiale Relativbewegung von Laufschaufel und Scheibe herstellbar und lösbar ist.

Die profilierten Schaufelfüße und/oder der profilierte Scheibenrand weisen/weist im axial mittleren Bereich Aussparungen auf.

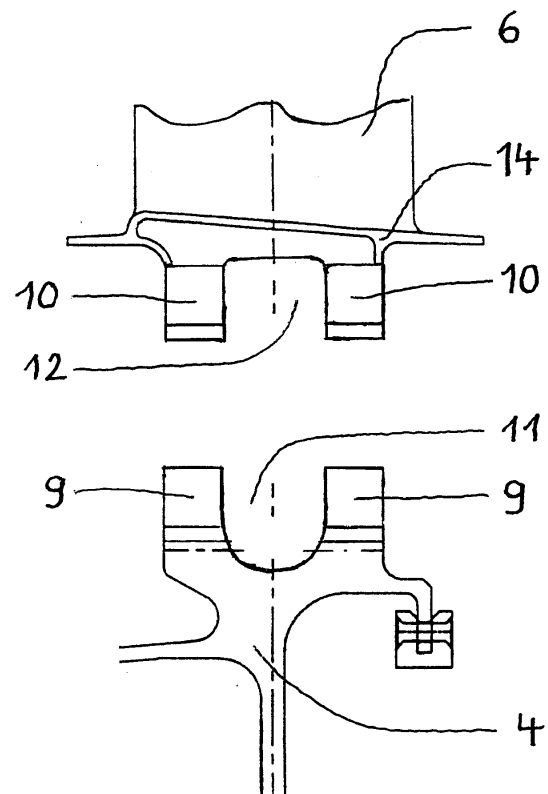


Fig. 2

EP 2 604 799 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor einer Strömungsmaschine mit mindestens einer Scheibe und mit mehreren lösbar mit der Scheibe verbundenen Laufschaufeln, wobei die Schaufel-Scheiben-Verbindung eine formschlüssige Profilierung aufweist und durch eine axiale oder vorwiegend axiale Relativbewegung von Laufschaufel und Scheibe herstellbar und lösbar ist, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Rotoren mit einer derartigen Schaufel-Scheiben-Verbindung entsprechen dem Stand der Technik und werden bei Gasturbinentriebwerken regelmäßig eingesetzt. Diese Technik hat den Vorteil, dass einzelne Schaufeln im Beschädigungsfall leicht und schnell ausgetauscht werden können, im Gegensatz zur sogenannten Bliskbauweise. Die lastübertragenden Flächen der formschlüssigen Verbindung sind bevorzugt in Schwalbenschwanzform (dovetail) oder in Tannenbaumform (fir tree) profiliert, wobei die erste Form hauptsächlich im Verdichterbereich, die zweite Form hauptsächlich im Turbinenbereich zur Anwendung kommt.

[0003] Fig. 1 zeigt einen solchen Rotor 1 gemäß dem Stand der Technik, welcher eine Scheibe 3 und Laufschaufeln 5 umfasst. Die Schaufel-Scheiben-Verbindung 7 erstreckt sich über die volle axiale Länge des Schaufelfußes und des Scheibenrandes. Zum besseren Verständnis ist die tannenbaumförmige Profilierung von Schaufelfuß und Scheibenrand - um 90° um die Vertikale gedreht - zusätzlich eingezeichnet, welche de facto bei axialer Blickrichtung auf die Scheibe sichtbar wäre. Ergänzend zeigt Fig. 1 über den Rotor 1 hinaus noch eine Leitschaufel 15 sowie eine zwischen Letzterer und dem Rotor 1 vorhandene Labyrinthdichtung. Die gezeigten Bauteile sollen zu einer Stufe einer Niederdruckturbine eines Gasturbinentriebwerks gehören und einer sogenannten Cutoff-Auslegung entsprechen. Diese Auslegung zielt auf eine Lärmreduktion am Turbinenaustritt ab und basiert auf dem Prinzip, dass die Anzahl der stromaufwärtigen Leitschaufeln 15 im Schaufelkranz deutlich höher ist, als die Anzahl der stromabwärtigen Laufschaufeln 5 im Schaufelkranz. Ein optimales Schaufelzahlverhältnis liegt etwa bei 1,5. Somit ist die Zahl der Leitschaufeln 15 um ca. 50 % größer, als die Zahl der Laufschaufeln 5 am Umfang. Dies hat zur Folge, dass die Laufschaufeln 5 in Axial- und in Umfangsrichtung relativ große Abmessungen aufweisen. Für die Schaufel-Scheiben-Verbindung 7 bedeutet dies, dass sie u. a. im Hinblick auf Torsionsschwingungen der Schaufel in Axialrichtung relativ lang und insgesamt voluminös und schwer wird. Je nach Schaufelwerkstoff und Schaufelbelastung kann sich eine festigkeitsmäßig deutlich überdimensionierte Schaufel-Scheiben-Verbindung 7 ergeben.

[0004] Demgegenüber besteht die Aufgabe der Erfindung darin, einen Rotor mit einer lösbaren Schaufel-Scheiben-Verbindung vorzuschlagen, wobei Letztere festigkeits- und gewichtsmäßig optimiert ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 ge-

kennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff. Erfindungsgemäß weisen die profilierten Schaufelfüße und/oder der profilierte Scheibenrand im axial mittleren Bereich Aussparungen auf. Dadurch wird im mechanisch weniger belasteten Bereich der Schaufel-Scheiben-Verbindung in erheblichem Maße Material und somit Gewicht eingespart, ohne das Verformungsverhalten, Schwingungsverhalten und die Lebensdauer des Rotors negativ zu beeinflussen. Durch das verringerte Massenträgheitsmoment ist der Rotor leichter zu beschleunigen und zu verzögern. Ggf. können die Scheibe als solche, angrenzende Wellen etc. filigraner und leichter ausgefüllt werden.

[0006] Bevorzugt weisen die profilierten Schaufelfüße und der profilierte Scheibenrand im axial mittleren Bereich korrespondierende Aussparungen auf, welche einen in Umfangsrichtung um den Scheibenrand herum verlaufenden, torusartigen Hohlraum bilden.

[0007] Diese und weitere bevorzugte Ausgestaltungen des Rotors sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0008] Die Erfindung wird anschließend anhand der Figur 2 noch näher erläutert. Diese zeigt den Fußbereich einer Laufschaufel 6 und den Randbereich einer Scheibe 4 in radial-axialen Teilschnitten sowie in demontiertem Zustand.

[0009] Im oberen Bereich der Figur ist der Fußbereich einer Laufschaufel 6 mit sogenannter Cutoff-Auslegung dargestellt. Das Schaufelblatt geht nach unten in eine innere Plattform 14 über, mit deren Unterseite der profilierte Schaufelfuß 10 verbunden ist. Erfindungsgemäß weist der Schaufelfuß 10 im axial mittleren Bereich eine gewichtsreduzierende Aussparung 12 auf. Die axiale Erstreckung des Schaufelfußes 10 kann, wie dargestellt, stromaufwärts und stromabwärts der Aussparung 12 etwa gleich sein. Ebenso ist es möglich, den in Betrieb stärker belasteten Bereich des Schaufelfußes axial länger, d. h. mit mehr tragender Fläche, auszuführen. In letzterem Fall wird die Aussparung 12 entsprechend aus der axialen Mitte näher zu einem axialen Ende des Schaufelfußes 10 verschoben.

[0010] Im unteren Bereich der Figur ist der Randbereich einer korrespondierenden Scheibe 4 mit einem profilierten und erleichterten Scheibenrand 9 dargestellt. Die Aussparung 11 teilt den profilierten Scheibenrand 9 in einen stromaufwärtigen und einen stromabwärtigen Bereich. Bezüglich der axialen Erstreckung dieser beiden Bereiche gelten die obigen Aussagen zum Schaufelfuß 10 entsprechend. Ausgehend vom rechten Bereich des Scheibenrandes 9 erstreckt sich ein ringförmiger Flansch mit seinem Querschnitt vorwiegend vertikal nach unten, wobei ein Wuchtgewicht an diesem befestigt ist.

[0011] Zur Montage der Laufschaufel 6 an der Scheibe 4 wird der Schaufelfuß 10 in axialer bzw. vorwiegend axialer Richtung von stromaufwärts oder stromabwärts in den komplementär profilierten Scheibenrand 9 eingeschoben. Falls die axiale Erstreckung der Aussparungen

11 und 12 ausreichend groß ist, kann die Laufschaufel 6 zur Montage beispielsweise mit dem rechten Bereich ihres Schaufelfußes 10 zunächst radial in die Aussparung 11 gesteckt werden, wobei sich der linke Bereich des Scheibenrandes 9 in die Aussparung 12 bewegt. Danach genügt eine relativ kleine, axiale Relativbewegung zwischen Laufschaufel 6 und Scheibe 4, um die Montage-Sollposition zu erreichen. Eine dann erforderliche, axiale Fixierung, z. B. mittels Blechen, Nieten, Schrauben etc. ist dem Fachmann geläufig und der Einfachheit halber nicht dargestellt. Im montierten Zustand bilden die in Umfangsrichtung zumindest annähernd fluchtenden Aussparungen 11 und 12 einen torusartigen Hohlraum, welcher erhebliche Gewichtseinsparungen ermöglicht.

[0012] Es sei erwähnt, dass es auch möglich ist, Aussparungen nur am Scheibenfuß oder nur am Scheibenrand vorzusehen, wobei die Gewichtseinsparung dann aber deutlich geringer ausfällt.

[0013] Zur Herstellung der Aussparungen 11, 12 sei gesagt, dass diese spanabhebend, z. B. durch Bohren, Drehen, Fräsen, Räumen und/oder Schleifen, und/oder elektrisch, z. B. durch Funkenerosion, und/oder elektrochemisch, z. B. durch ECM und/oder PECM, gefertigt werden können. Eine Oberflächenverfestigung der Aussparungen 11, 12 ist beispielsweise durch Festwalzen und/oder Kugelstrahlen möglich. Zum Schutz gegen Korrosion, Oxidation und/oder Sulfidation sind entsprechende Beschichtungen der Aussparungen 11, 12 anwendbar.

Patentansprüche

1. Rotor (2) einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Niederdruckturbine eines Gasturbinentriebwerks, mit mindestens einer Scheibe (4) und mit mehreren lösbar mit der Scheibe (4) verbundenen Laufschaufeln (6), wobei die Schaufel-Scheiben-Verbindung (8) eine formschlüssige Profilierung, vorzugsweise eine schwalbenschwanz- oder tan-
nenbaumförmige Profilierung, am Schaufelfuß (10) und am Scheibenrand (9) aufweist und durch eine axiale oder vorwiegend axiale Relativbewegung von Laufschaufel (6) und Scheibe (6) herstellbar und lösbar ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die profilierten Schaufelfüße (10) und/oder der profilierte Scheibenrand (9) im axial mittleren Bereich Aussparungen (11, 12) aufweisen/aufweist.
2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die profilierten Schaufelfüße (10) und der profilierte Scheibenrand (9) im axial mittleren Bereich korrespondierende Aussparungen (11, 12) aufweisen, welche - im montierten Zustand der Laufschaufeln (6) - einen in Umfangsrichtung um den Scheibenrand (9) herum verlaufenden, torusartigen Hohlraum bilden.

3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Last aufnehmenden Flächen der formschlüssig profilierten Schaufel-Scheiben-Verbindung (8) stromaufwärts und stromabwärts der Aussparungen (11, 12) mittels ihrer axialen Länge an die im Betrieb vorherrschende Lastverteilung angepasst sind.
4. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparungen (11, 12) spanabhebend bearbeitet sind, z. B. durch Bohren, Drehen, Fräsen, Räumen und/oder Schleifen.
5. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparungen (11, 12) elektrisch und/oder elektrochemisch bearbeitet sind, z. B. durch Funkenerosion, ECM und/oder PECM.
6. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparungen (11, 12) oberflächenverfestigt sind, z. B. durch Festwalzen und/oder Kugelstrahlen.
7. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparungen (11, 12) beschichtet sind, z. B. mit einer Korrosions-, Oxidations- und/oder Sulfidationsschutzschicht.
8. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** er Teil einer lärmreduzierten Niederdruckturbinstufe mit sogenannter Cutoff-Auslegung eines Gasturbinentriebwerks ist.

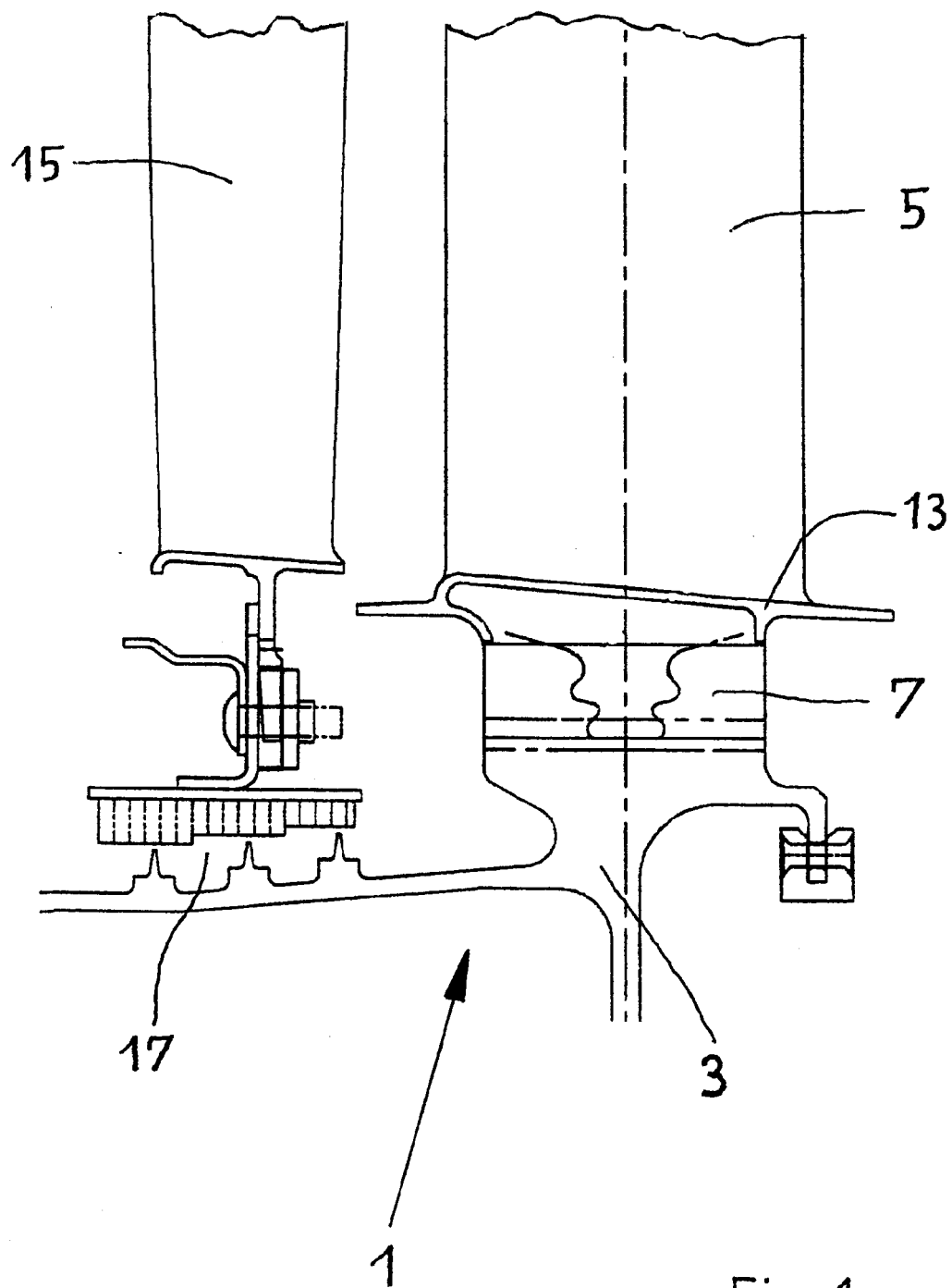


Fig.1
(St.d.T.)

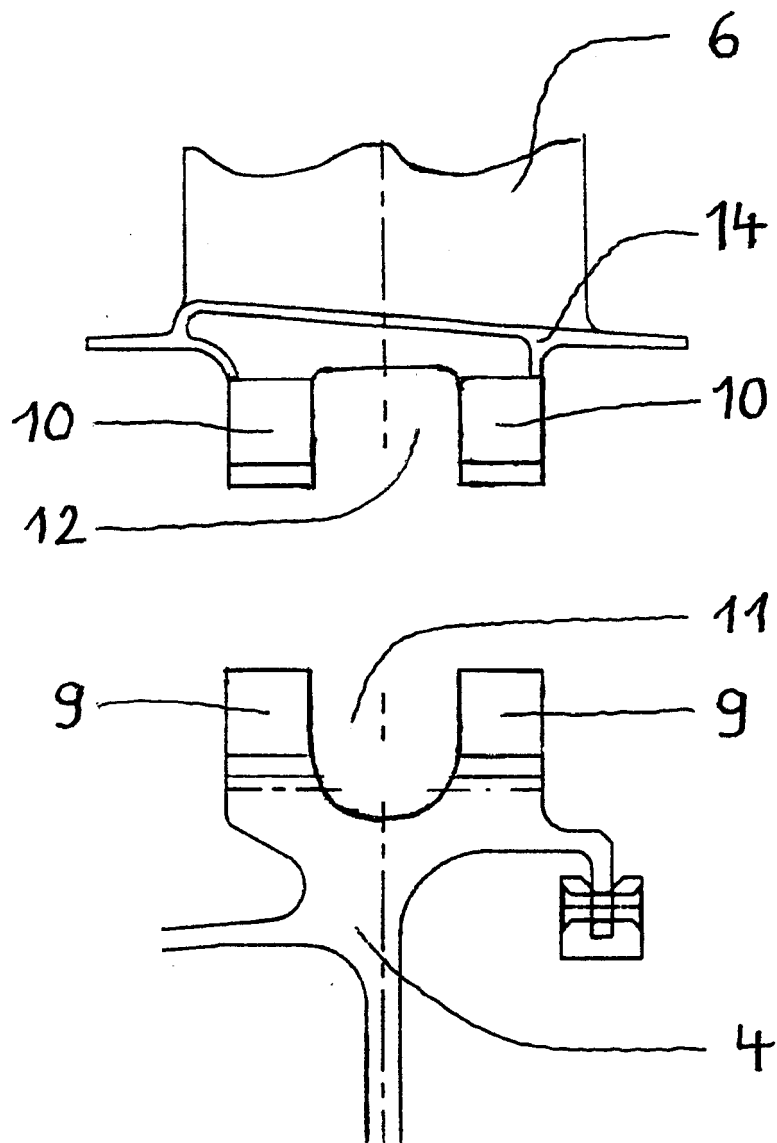


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 19 3229

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 14 28 230 A1 (ROLLS ROYCE) 9. Januar 1969 (1969-01-09) * Seite 3, Absatz 5 - Seite 4, Absatz 2; Abbildung 2 *	1-8	INV. F01D5/30
X	US 2 751 189 A (LEDWITH WALTER A) 19. Juni 1956 (1956-06-19) * Seite 1, Spalte 2, Zeile 14 - Zeile 32; Abbildung 2 *	1-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. März 2012	Prüfer Delaitre, Maxime
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

6

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 11 19 3229

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-03-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 1428230	A1	09-01-1969	DE	1428230 A1	09-01-1969
			GB	987839 A	31-03-1965

US 2751189	A	19-06-1956	KEINE		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82