

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG
(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
24. Mai 2012 (24.05.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/065595 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01D 5/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2011/001964

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. November 2011 (05.11.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 051 529.9
16. November 2010 (16.11.2010) DE
111 53 621 8. Februar 2011 (08.02.2011) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE];
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HARTUNG, Andreas** [DE/DE];
Helsinkistr. 76, 81829 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

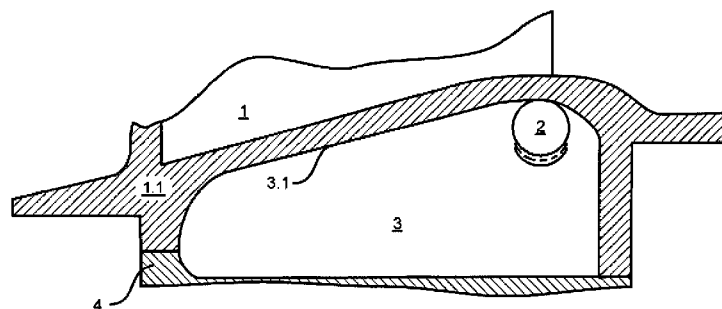
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: ROTOR BLADE ARRANGEMENT FOR A TURBO MACHINE

(54) Bezeichnung : LAUFSCHAUFELANORDNUNG FÜR EINE TURBOMASCHINE

Fig. 1



(57) Abstract: According to the invention, in a rotor blade arrangement for a turbo machine, in particular a gas turbine, having at least one rotor blade (1), wherein the rotor blade arrangement has at least one cavity (3) in which at least one tuning mass (2) is arranged in a movable manner, the tuning mass and/or the cavity are/is adapted such that the tuning mass bears against an inner wall (3.1) of the cavity in a predefined first operating state of the turbo machine, and moves away from the inner wall at least intermittently in a second predefined operating state of the turbo machine.

(57) Zusammenfassung: Erfindungsgemäß sind bei einer Laufschaufelanordnung für eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit wenigstens einer Laufschaufel (1), wobei die Laufschaufelanordnung wenigstens einen Hohlraum (3) aufweist, in dem wenigstens eine Stimmmasse (2) beweglich angeordnet ist, die Stimmmasse und/oder der Hohlraum derart abgestimmt, dass die Stimmmasse in einem vorgegebenen ersten Betriebszustand der Turbomaschine an einer Innenwandung (3.1) des Hohlraums anliegt und sich in einem zweiten vorgegebenen Betriebszustand der Turbomaschine, wenigstens zeitweise, von der Innenwandung löst.



WO 2012/065595 A1

Laufschaufelanordnung für eine Turbomaschine

Die Erfindung betrifft eine Laufschaufelanordnung für eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit einem Hohlraum, in dem eine bewegliche Masse angeordnet ist, eine Turbomaschine mit sowie ein Verfahren zur Auslegung einer solchen
5 Laufschaufelanordnung.

Laufschaufeln von Turbomaschinen, insbesondere von Gasturbinen, neigen aufgrund ihrer Elastizität und Anregung, insbesondere durch das sie durchströmende Arbeitsfluid sowie mechanische Vibrationen, zu Schwingungen. Werden dabei Eigenfrequenzen der Laufschaufeln angeregt, kann die Resonanz zur Beschädigung der
10 Turbomaschine, insbesondere der Laufschaufeln, führen und verringert so die Lebensdauer.

Die US 2,862,686 schlägt daher vor, bewegliche Kugeln im Inneren hohler Schaufeln vorzusehen. Während des gesamten Betriebs presst die Zentrifugalkraft die Kugeln in ihrer Keilführung radial nach außen, wo sie eine Rippe bilden und so die
15 Schaufel versteifen. Dehnt sich die Schaufel infolge Erwärmung aus, rutschen die Kugeln auf der Innenwandung des Schaufelhohlraumes nach und passen sich so an. Die Kugeln sind ausschließlich in Hinblick auf die Versteifungswirkung ausgelegt.

Aus der DE 10 2009 010 185 A1 der Anmelderin ist eine Schaufelanordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt. Dabei führen scheibenförmige Dämpfungskörper, die frei beweglich in Hohlräumen der Schaufelanordnung angeordnet
20 sind, reibungsbehaftete Stöße miteinander und mit der Innenwandung aus und dissipieren auf diese Weise Schwingungsenergie aus dem System. Die Dämpfungskörper sind hier in Hinblick auf ihre Dämpfungswirkung ausgelegt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Schwingungsverhalten von Turbomaschinen zu verbessern.
25

Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Schaufelanordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch dessen kennzeichnende Merkmale weitergebildet. Anspruch 7 stellt eine Turbomaschine mit einer erfindungsgemäßen Laufschaufelanordnung unter Schutz, Anspruch 8 ein Verfahren zur Auslegung einer solchen Laufschaufelanordnung. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die vorliegende Erfindung basiert auf der Tatsache, dass die Eigenfrequenzen eines System insbesondere durch dessen Masse bzw. Massenverteilung bestimmt werden. Koppelt man daher bei einem System kurz vor Erreichen einer Eigenfrequenz miteinander gekoppelter Massen eine oder mehrere dieser Massen ab oder umgekehrt eine oder mehrere Massen hinzu, verändern sich schlagartig die Eigenfrequenzen des solcherart in seiner Struktur veränderten Systems, so dass die Eigenfrequenz des ursprünglichen Systems ohne Resonanz durchfahren werden kann. Nach Durchfahren dieser Frequenz können die Massen, die zur Verstimmung der Eigenfrequenzen ab- bzw. angekoppelt wurden, wieder an- bzw. abgekoppelt und das System in einem über seiner durchfahrenen Eigenfrequenz liegenden Betriebszustand betrieben werden.

Eine Laufschaufelanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine oder mehrere miteinander lösbar oder unlösbar, insbesondere integral verbundene Laufschaufel auf. Zur kompakteren Darstellung wird vorliegend auch eine einzige Laufschaufel verallgemeinernd als Laufschaufelanordnung im Sinne der vorliegenden Erfindung bezeichnet. Auch sogenannte Laufschaufelcluster, d.h. zwei oder mehr miteinander verbundene Laufschaufeln, sowie komplette Laufgitter, insbesondere sogenannte BLISKs („Blade integrated disks“) werden als Laufschaufelanordnung bezeichnet.

Die Laufschaufelanordnung weist einen oder mehrere Hohlräume auf, die offen oder geschlossen ausgebildet sein können. Insbesondere können in einem Schaufelblatt einer Laufschaufel oder in einem, mehreren oder allen Schaufelblättern miteinander verbundener Laufschaufeln je ein oder mehrere Hohlräume ausgebildet sein. Zusätzlich oder alternativ können in einem Innen- und/oder einem Außenring einer Schaufel oder mehrerer miteinander verbundener Schaufeln ein oder mehrere Hohlräume ausgebildet sein. Mit besonderem Vorteil sind ein oder mehrere, vorzugsweise mit-

einander kommunizierende, Hohlräume, wenigstens teilweise, in und/oder unter der sogenannten Plattform einer oder mehrerer miteinander verbundener Schaufeln ausgebildet. In diesem Sinne kann eine Laufschaufelanordnung im Sinne der vorliegenden Erfindung auch einen Teil eines Rotors umfassen, an dem die Laufschaufelanordnung befestigt ist, und in dem ein oder mehrere der Hohlräume, wenigstens teilweise, ausgebildet sind. Die Anordnung eines oder mehrerer Hohlräume wenigstens zum Teil unter der Plattform einer oder mehrerer Schaufeln kann insbesondere in Hinblick auf die Fertigung und Wartung vorteilhaft sein.

In einem oder mehreren der vorgenannten Hohlräume sind jeweils eine oder mehrere Stimm Massen beweglich angeordnet. Dabei können Stimm Massen ungebunden, d.h. frei beweglich und lose, in dem jeweiligen Hohlraum angeordnet sein. Gleichermaßen können sie in wenigstens einer Richtung, vorzugsweise in axialer und/oder Umfangsrichtung geführt sein, so dass sie sich beispielsweise nur in radialer Richtung bewegen können. Eine Führung kann insbesondere formschlüssig, etwa durch einen bzw. mehrere, insbesondere radiale, Kanäle, ausgebildet sein, in denen Stimm Massen verschieblich geführt sind. Gleichermaßen können eine oder mehrere Stimm Massen auch elastisch in dem jeweiligen Hohlraum gelagert sein, etwa, indem sie durch eine oder mehrere elastische Strukturen, zum Beispiel Blattfedern, an dem Hohlraum ange bunden, d.h. lösbar oder unlösbar befestigt sind. In einer bevorzugten Weiterbildung sind zwei oder mehr der vorgenannten Aspekte kombiniert, indem etwa eine Stimm Masse, die in einem radialen Kanal formschlüssig geführt ist, zusätzlich durch eine druck- oder zugfederartige Struktur in radialer Richtung elastisch gelagert bzw. gefesselt ist.

Erfindungsgemäß ist nun, wie einleitend erläutert, nach einem ersten Aspekt vorgesehen, dass sich eine oder mehrere dieser Stimm Massen, die im Betrieb der Turbomaschine infolge der Zentrifugalkraft an einer Innenwandung des jeweiligen Hohlraumes anliegen, kurz vor Erreichen einer vorgegebenen Eigenfrequenz der Schaufelanordnung mit anliegender Stimm Masse bzw. anliegenden Stimm Massen, wenigstens kurzzeitig und insbesondere stoßartig, von der Innenwandung lösen und so die Eigenfrequenz der Schaufelanordnung, wenigstens bis zur Wideranlage an der Innenwandung, verstimmen. Zusätzlich oder alternativ ist nach einem zweiten Aspekt

vorgesehen, dass sich eine oder mehrere dieser Stimm Massen, die im Betrieb der Turbomaschine, insbesondere durch ihre elastische Lagerung, von der Innenwandung des jeweiligen Hohlraumes beabstandet sind, sich kurz vor Erreichen einer vorgegebenen Eigenfrequenz der Schaufelanordnung mit beabstandeter Stimm Masse bzw. beabstandeten Stimm Massen infolge der Zentrifugalkraft, wenigstens kurzzeitig und insbesondere stoßartig, an die Innenwandung anlegen, und so wiederum die Eigenfrequenz der Schaufelanordnung, wenigstens bis zur Lösung von der Innenwandung, verstimmen.

Hierzu sind die Stimm Masse(n), der Hohlraum und/oder eine elastische Lagerung der Stimm Masse(n) derart abgestimmt, dass die Stimm Masse in einem vorgegebenen ersten Betriebszustand der Turbomaschine an einer Innenwandung des Hohlraums anliegt und sich in einem zweiten vorgegebenen Betriebszustand der Turbomaschine, wenigstens zeitweise, von der Innenwandung löst. Der erste oder zweite Betriebszustand ist vorzugsweise einer Eigenfrequenz der Laufschaufelanordnung mit an der Innenwandung anliegender oder von dieser beabstandeten Stimm Masse bzw. Stimm Massen benachbart. Dabei wird unter einem benachbarten Betriebszustand insbesondere ein Betrieb der Turbomaschine verstanden, der im Bereich des 0,9fachen bis 0,99fachen der entsprechenden Eigenfrequenz liegt.

Um eine Stimm Masse erfindungsgemäß abzustimmen, kann insbesondere ihre Masse, ihre Form, ihre Oberfläche, insbesondere ihr Reibbeiwert und/oder ihre Oberflächenhärte und/oder -steifigkeit, ihr Schwerpunkt und/oder ihr Trägheitstensor geeignet vorgegeben werden. In einer bevorzugten Ausführung weist eine Stimm Masse eine Kugelform auf. Die Innenwandung eines Hohlraums kann insbesondere in ihrer Form und/oder Oberfläche abgestimmt werden, wobei es vorteilhaft ist, Stimm Masse und Innenwandung in ihrer Form und/oder Oberfläche aufeinander abzustimmen. Ist eine Stimm Masse elastisch in dem Hohlraum gelagert bzw. gefesselt, ist vorzugsweise auch diese Lagerung bzw. Fesselung entsprechend abgestimmt.

Die Abstimmung von Stimm Masse, Innenwandung und gegebenenfalls elastischer Lagerung auf die Laufschaufelanordnung, insbesondere deren Eigenfrequenzen, und auf die Betriebszustände der Turbomaschine kann sowohl numerisch, insbesondere

durch Simulation, als auch empirisch durch Versuche erfolgen. In einer bevorzugten Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens werden dabei nacheinander verschiedene Stimm Massen in einen Hohlraum eingebracht und im Betrieb der Turbomaschine getestet, ob sie die gewünschte Eigenfrequenzverstimmung leisten. Insbesondere hierzu ist es vorteilhaft, wenn in einer bevorzugten Ausführung die Stimm-

5 masse(n) zerstörungsfrei, beispielsweise nach Entfernen der Schaufelplattform vom Rotor aus einem zwischen Rotor und Plattform gebildeten Hohlraum, entnommen werden können.

Ein Lösen einer Stimm Masse kann insbesondere durch Vibrationen erfolgen, die im

10 Betrieb kurz vor Erreichen einer Eigenfrequenz der Laufschaufelanordnung mit anliegender Stimm Masse auftreten. In einem solchen Fall treibt die Zentrifugalkraft die Stimm Masse wieder an die Innenwandung zurück, die sie in einem oder mehreren vollelastischen oder teilplastischen Stößen kontaktiert. In einer bevorzugten Ausführung sind die Stimm Masse und der Hohlraum entsprechend abgestimmt, insbesondere

15 re durch entsprechende Gestaltung der Oberfläche.

Eine erfindungsgemäße Laufschaufel kann insbesondere in einer Turbine(nstufe) oder einem Verdichter bzw. einer Verdichterstufe einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerkes, eingesetzt werden. Vorzugsweise wird sie in Niederdruckstufen eingesetzt.

20 Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen und dem Ausführungsbeispiel. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert, die einzige:

Fig. 1 die Plattform einer Laufschaufel mit einer Stimm Masse nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung im Axialschnitt.

Fig. 1 zeigt die Plattform 1.1 einer nur teilweise dargestellten Laufschaufel 1 nach

25 einer Ausführung der vorliegenden Erfindung im Axialschnitt. Diese ist in nicht näher dargestellter Weise an einem ebenfalls nur teilweise dargestellten Rotor 4 befestigt. Zwischen Plattform 1.1 und Rotor 4, d.h. an dem durch die Plattform 1.1 gebildeten Innenring der Laufschaufel, ist ein geschlossener Hohlraum 3 ausgebildet. Die-

ser wird durch die Außenseite des Rotors 4 und die Unterseite der Plattform 1.1 definiert und kann durch Entfernen der Schaufel 1 vom Rotor 4 geöffnet werden.

In dem Hohlraum 3 ist eine kugelförmige Stimmmasse 2 frei beweglich angeordnet. Der Hohlraum 3 und die Stimmmasse 2 sind in ihrer Form derart aufeinander abgestimmt, dass die Stimmmasse im Betrieb der Turbomaschine, d.h. bei Drehung des Rotors 4, durch die Zentrifugalkraft an die radial außenliegende Innenwandung 3.1 des Hohlraums 3 gepresst wird und dort infolge der keilförmigen Innenwandung axial an deren eines Ende (rechts in Fig. 1) wandert.

Nähert sich die Rotordrehzahl einer bestimmten Eigenfrequenz der Laufschaufel 1 mit an deren Plattformunterseite 3.1 infolge der Zentrifugalkraft anliegender Stimmmasse 2, beispielsweise der ersten Biege- oder Torsionseigenfrequenz, so treten Vibrationen der Schaufel 2 auf. Die Masse der Stimmmasse 2 ist nun gerade so abgestimmt bzw. vorgegeben bzw. gewählt, dass sich die Stimmmasse infolge dieser Vibrationen stoßartig, d.h. jeweils kurzzeitig, von der Plattformunterseite 3.1 der Schaufel 1 löst, bevor die Zentrifugalkraft sie wieder dahin zurücktreibt. Durch das Lösen der Stimmmasse wird diese von der Schaufel 1 entkoppelt, so dass die Eigenfrequenzen der Schaufel – nun ohne anliegende bzw. gekoppelte Stimmmasse – sich schlagartig ändern. Auf diese Weise kann die Eigenfrequenz der Laufschaufel 1 mit anliegender Stimmmasse 2 durchfahren werden, ohne dass andauernde und somit gefährliche Resonanz auftritt. Dabei ist es für die vorliegende Erfindung unschädlich, wenn zeitweise Resonanz auftritt, im vorstehenden Ausführungsbeispiel etwa immer dann, wenn die Stimmmasse 2 nach Stoßkontakt wieder an der Plattformunterseite 3.1 anliegt, da sie sich von dort durch die Vibrationen infolge ihrer entsprechend gewählten Masse wieder, wenigstens kurzzeitig, löst und so jedenfalls ein übermäßiges Aufschaukeln bzw. Anfachen der Resonanz verhindert.

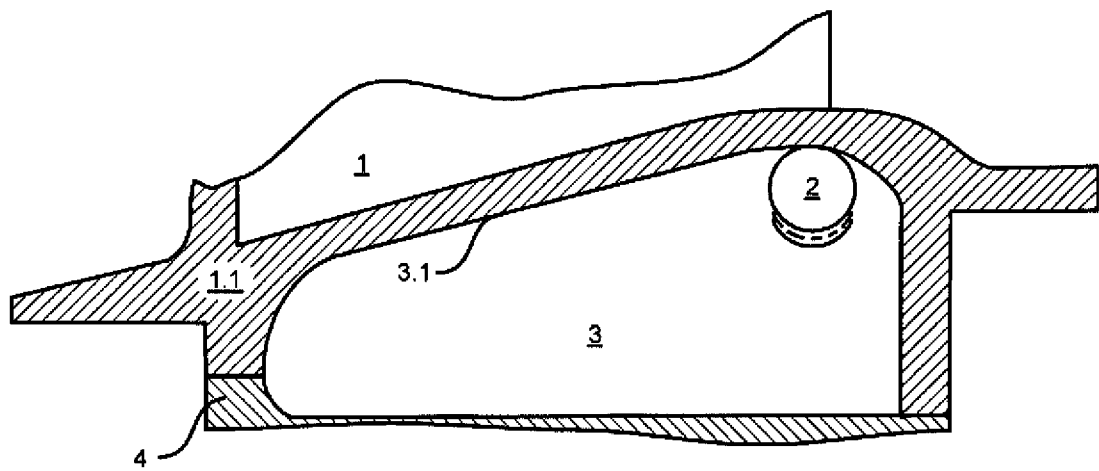
Patentansprüche

1. Laufschaufelanordnung für eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit wenigstens einer Laufschaufel (1), wobei die Laufschaufelanordnung wenigstens einen Hohlraum (3) aufweist, in dem wenigstens eine Stimmmasse (2)
5 beweglich angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Stimmmasse und/oder der Hohlraum derart abgestimmt ist, dass die Stimmmasse in einem vorgegebenen ersten Betriebszustand der Turbomaschine an einer Innenwandung (3.1) des Hohlraums anliegt und sich in einem zweiten vorgegebenen Betriebszustand der Turbomaschine, wenigstens zeitweise, von der Innenwandung
10 löst.
2. Laufschaufelanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Masse, Form, Oberfläche, ein Schwerpunkt und/oder Trägheitstensor der Stimmmasse und/oder eine Form und/oder Oberfläche der Innenwandung des Hohlraums derart abgestimmt ist, dass die Stimmmasse in dem ersten Betriebszustand an der Innenwandung anliegt und sich in dem zweiten Betriebszustand,
15 wenigstens zeitweise, von der Innenwandung löst.
3. Laufschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stimmmasse elastisch in dem Hohlraum gelagert ist, wobei die Stimmmasse und ihre elastische Lagerung derart abgestimmt sind,
20 dass die Stimmmasse in dem ersten Betriebszustand an der Innenwandung anliegt und in dem zweiten Betriebszustand, wenigstens zeitweise, von der Innenwandung beabstandet ist.
4. Laufschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einer von dem ersten und dem zweiten vorgegebenen Betriebszustand einer Eigenfrequenz der Laufschaufelanordnung mit an der Innenwandung anliegender oder von dieser beabstandeten Stimmmasse benachbart ist.
25
5. Laufschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stimmmasse und/oder der Hohlraum derart abgestimmt

ist, dass die Stimmmasse in dem vorgegebenen Betriebszustand der Turbomaschine Stöße mit der Innenwandung ausführt.

- 5 6. Laufschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hohlraum (3) in oder an einem Innen- oder Außenring wenigstens einer Schaufel der Schaufelanordnung, insbesondere unter einer Plattform (1.1) wenigstens einer Schaufel (1) der Schaufelanordnung, ausgebildet ist.
- 10 7. Laufschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hohlraum in einem Schaufelblatt einer Schaufel der Schaufelanordnung ausgebildet ist.
8. Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit wenigstens einer Laufschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
- 15 9. Verfahren zur Auslegung einer Laufschaufelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Stimmmasse (2) und/oder der sie aufnehmende Hohlraum (3) derart abgestimmt ist, dass die Stimmmasse in dem vorgegebenen ersten Betriebszustand der Turbomaschine an der Innenwandung (3.1) anliegt und sich in dem zweiten, wenigstens zeitweise, von der Innenwandung löst.

Fig. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2011/001964

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01D5/16
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 1 263 677 A (HAVILLAND ENGINE CO LTD) 9 June 1961 (1961-06-09) page 3, right-hand column, paragraph 4 - page 4, left-hand column, paragraph 3; figures 1-10	1-6,8,9
X	EP 1 892 377 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27 February 2008 (2008-02-27) paragraph [0035]; figure 3	1-6,8,9
X	GB 2 223 277 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 4 April 1990 (1990-04-04) page 4, line 1 - page 5, line 12; figures 2-4	1-6,8,9
X	US 2 828 941 A (FOLEY JOHN R) 1 April 1958 (1958-04-01) column 3, lines 10-27; figure 5	1-5,7-9
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 13 March 2012	Date of mailing of the international search report 26/03/2012
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Steinhauser, Udo
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2011/001964

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2 349 187 A (MEYER CHARLES A) 16 May 1944 (1944-05-16) page 1, left-hand column, line 54 - right-hand column, line 37; figures 1,5,6,7 -----	1-6,8,9
X	CH 660 207 A5 (BBC BROWN BOVERI & CIE) 31 March 1987 (1987-03-31) page 2, right-hand column, line 66 - page 3, left-hand column, line 35; figures 1,2 -----	1,9
X	US 2 862 686 A (BARTLETT KENNETH M) 2 December 1958 (1958-12-02) column 2, line 37 - column 3, line 33; figures 3,4,5,6 -----	1,7,9
X	US 2 997 274 A (HANSON MORGAN P) 22 August 1961 (1961-08-22) column 1, line 38 - column 2, line 21; figures 1,2 -----	1-6,8,9
A	US 1 833 751 A (KIMBALL ARTHUR L) 24 November 1931 (1931-11-24) page 1, line 67 - column 2, line 5; figures 1-3 -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2011/001964

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 1263677	A	09-06-1961	NONE
EP 1892377	A1	27-02-2008	NONE
GB 2223277	A	04-04-1990	GB 2223277 A US 4917574 A
US 2828941	A	01-04-1958	NONE
US 2349187	A	16-05-1944	NONE
CH 660207	A5	31-03-1987	NONE
US 2862686	A	02-12-1958	NONE
US 2997274	A	22-08-1961	NONE
US 1833751	A	24-11-1931	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2011/001964

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01D5/16
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F01D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
 EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 1 263 677 A (HAVILLAND ENGINE CO LTD) 9. Juni 1961 (1961-06-09) Seite 3, rechte Spalte, Absatz 4 - Seite 4, linke Spalte, Absatz 3; Abbildungen 1-10	1-6,8,9
X	EP 1 892 377 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27. Februar 2008 (2008-02-27) Absatz [0035]; Abbildung 3	1-6,8,9
X	GB 2 223 277 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 4. April 1990 (1990-04-04) Seite 4, Zeile 1 - Seite 5, Zeile 12; Abbildungen 2-4	1-6,8,9
X	US 2 828 941 A (FOLEY JOHN R) 1. April 1958 (1958-04-01) Spalte 3, Zeilen 10-27; Abbildung 5	1-5,7-9
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
13. März 2012	26/03/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Steinhauser, Udo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2 349 187 A (MEYER CHARLES A) 16. Mai 1944 (1944-05-16) Seite 1, linke Spalte, Zeile 54 - rechte Spalte, Zeile 37; Abbildungen 1,5,6,7 -----	1-6,8,9
X	CH 660 207 A5 (BBC BROWN BOVERI & CIE) 31. März 1987 (1987-03-31) Seite 2, rechte Spalte, Zeile 66 - Seite 3, linke Spalte, Zeile 35; Abbildungen 1,2 -----	1,9
X	US 2 862 686 A (BARTLETT KENNETH M) 2. Dezember 1958 (1958-12-02) Spalte 2, Zeile 37 - Spalte 3, Zeile 33; Abbildungen 3,4,5,6 -----	1,7,9
X	US 2 997 274 A (HANSON MORGAN P) 22. August 1961 (1961-08-22) Spalte 1, Zeile 38 - Spalte 2, Zeile 21; Abbildungen 1,2 -----	1-6,8,9
A	US 1 833 751 A (KIMBALL ARTHUR L) 24. November 1931 (1931-11-24) Seite 1, Zeile 67 - Spalte 2, Zeile 5; Abbildungen 1-3 -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2011/001964

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 1263677	A	09-06-1961	KEINE
EP 1892377	A1	27-02-2008	KEINE
GB 2223277	A	04-04-1990	GB 2223277 A 04-04-1990 US 4917574 A 17-04-1990
US 2828941	A	01-04-1958	KEINE
US 2349187	A	16-05-1944	KEINE
CH 660207	A5	31-03-1987	KEINE
US 2862686	A	02-12-1958	KEINE
US 2997274	A	22-08-1961	KEINE
US 1833751	A	24-11-1931	KEINE