

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 402 151 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.06.2006 Patentblatt 2006/25

(21) Anmeldenummer: **02732401.1**

(22) Anmeldetag: **25.04.2002**

(51) Int Cl.:
F01D 5/30 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/001509

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/103166 (27.12.2002 Gazette 2002/52)

(54) **BEFESTIGUNG VON LAUFSCHAUFELN**

FASTENING OF BLADES

FIXATION D'AUBES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **14.06.2001 DE 10128505**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.03.2004 Patentblatt 2004/14

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(72) Erfinder: **BRÜCKNER, Gerhard**
85250 Altomünster (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 148 984 DE-A- 3 148 985

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 004, no. 049
(M-007), 15. April 1980 (1980-04-15) & JP 55
017616 A (HITACHI LTD), 7. Februar 1980
(1980-02-07)

EP 1 402 151 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Befestigung von Laufschaufeln an einer Scheibe eines Turbomaschinenrotors, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Es ist üblich, Turbinenlaufschaufeln von Gasturbinen mit gezahnten bzw. gewellten Füßen, häufig als "Tannenbaumfüße" bezeichnet, zu versehen und diese in axialen Scheibennuten formschlüssig zu halten. Die Kontaktflächen von Fuß und Nut nehmen die radialen Fliehkräfte sowie strömungs- und beschleunigungsinduzierte Umfangskräfte und Biegemomente auf. Die Axialkräfte müssen durch zusätzliche Elemente übertragen werden. Hierfür gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, wie z.B. Anschlagflächen an einer Seite der Schaufelfüße und formschlüssig in Nuten auf der anderen Seite der Schaufelfüße einrastende Bleche, Ringe, Drähte etc.. Auch Schraubbefestigungen sind bekannt, wobei Schraubenlöcher und Gewinde in den hochbelasteten Scheiben festigkeitstechnisch sehr kritisch sind.

[0003] Aus der DE 195 16 694 A1 ist eine gattungsgemäße Befestigung bekannt, die eine Nietverbindung zur Aufnahme der Axialkräfte vorsieht. Pro Laufschaufel ist ein Niet vorhanden, der axial zwischen Laufschaufelfuß und Scheibennutgrund von einer bis zur gegenüberliegenden Scheibenstirnseite geführt ist. Die beiden Nietköpfe liegen auf Sitzplatten auf, die kleine Maßtoleranzen zwischen Schaufel und Scheibe ausgleichen können. Beim Schaufeltausch können die Nietköpfe z.B. durch Bohren entfernt werden, ohne die Gefahr, die Scheibe oder die Schaufel zu beschädigen. Die relativ billigen Sitzplatten werden ohnehin erneuert, so dass deren Beschädigung beim Entfernen des Niets keine Rolle spielt. Es wird zugestanden, dass diese Lösung relativ einfach, preiswert sowie montage- und reparaturfreundlich ist. Ein Nachteil ist jedoch, dass die Scheibennuten in Relation zum Schaufelfuß tiefer sein müssen als ohne Niet bzw. dass nur ein Niet mit relativ kleinem Querschnitt Platz findet. Ein weiterer, gravierender Nachteil liegt darin, dass die Axialkräfte im Bereich der Sitzplatten in die Nietköpfe eingeleitet werden, wobei der gesamte Nieten unter Zugspannung steht. Durch die Kerbwirkung an den Übergängen Schaft/Kopf besteht unter Zugspannung akute Bruchgefahr. Zumindest können plastische Verformungen auftreten, die die Verbindung zunehmend lockern.

[0004] Aus den DE-A-3 148 985 ist eine Befestigung mittels Verriegelungsstifte bekannt. Demgegenüber besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Laufschaufelbefestigung mit Nietverbindung bereitzustellen, die bei mäßigem konstruktivem Aufwand und hoher Montage- und Reparaturfreundlichkeit sowie geringem Platzbedarf festigkeitstechnisch deutlich besser und somit sicherer und zuverlässiger ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff.

Das Wesen der Erfindung liegt darin, dass jeder Niet in einer Radialebene bezüglich der Rotationsachse der Scheibe und somit quer zu den auftretenden Axialkräften angeordnet ist. Somit wird nur noch der Nieten auf Scherung belastet, die Nietköpfe sind weitestgehend lastfrei. Zugspannungen treten, falls überhaupt, nur noch in unproblematischer Größe auf, da sie nur aus Beschleunigungskräften und Fliehkräften aus der geringen Nietmasse resultieren. Es können Nieten mit relativ großem Schaftdurchmesser, d.h. großer Dicke verwendet werden mit dem Vorteil geringer Oberflächenpressung und kleiner Scherspannungen im Schaft. Die "Bohrungshälften" in den Laufschaufelfuß- und Scheibenfortsätzen umschließen die Nieten weitestgehend und sorgen für eine günstige Krafteinleitung.

[0006] In den Unteransprüchen sind bevorzugte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Befestigung gekennzeichnet.

[0007] Die Erfindung wird anschließend anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Dabei zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

Figur 1 eine räumliche Teilansicht des Befestigungsbereiches dreier Laufschaufeln an einer Scheibe, und

Figur 2 eine Teilansicht des Bereiches der Nietbefestigung in Längsrichtung des Niets.

[0008] Figur 1 ist die Kopie einer räumlichen Computergrafik, welche am Beispiel dreier Laufschaufeln 1 an einer Scheibe 6 die erfindungsgemäße Befestigung darstellt. Von den Laufschaufeln 1 sind jeweils nur die scheibennahe Plattform, d.h. die innere Ringraumbegrenzung, und der Laufschaufelfuß 2 erkennbar. Das jeweilige Schaufelblatt liegt oberhalb der Darstellung. Jeder Laufschaufelfuß 2 ist im Querschnitt tannenbaumähnlich mit zwei spiegelsymmetrischen Vorsprüngen 3,4 auf jeder Seite ausgeführt und wird von einer Scheibennut 7 formschlüssig gehalten. Die Scheibennuten 7 verlaufen in der Regel axial, sie können aber auch durch definierte Drehung um eine gedachte Radialachse, z.B. die Auffädelachse der Schaufelprofile, in einem kleinen Winkel zur Axialrichtung stehen. Dies ist für das Prinzip der Erfindung jedoch unerheblich.

Die Laufschaufelfüße 2 und die Scheibe 6 weisen axiale Fortsätze 5,8 auf, welche sich jeweils paarweise gegenüberstehen. In ein Paar von Fortsätzen 5,8 ist eine gemeinsame Bohrung 9 eingeformt, in die ein Niet 10 gesteckt und durch plastische Verformung fixiert wird. In Figur 1 sind als Beispiel Nieten 10 mit Senkkopf 11 in noch unverformtem Zustand dargestellt. Die Achsen X der Bohrungen 9 und somit der Nieten 10 liegen tangential an einem gedachten, zur Rotationsachse der Scheibe 6 konzentrischen, nicht dargestellten Kreis. Der kleinste Abstand A in Umfangsrichtung zwischen den Fortsätzen 8 an benachbarten Schaufelpositionen ist größer als die Länge L eines unverformten Niets 10, um letzteren montieren und vernieten zu können. Hierbei ist auch der

Platzbedarf des Nietwerkzeugs zu berücksichtigen. Abweichend von der dargestellten, tangentialen Orientierung der Bohrungs- und Nietachsen X können diese in ihrer gemeinsamen Radialebene auch in jeder beliebigen Winkelposition zwischen tangential und radial sowie in rein radialer Position orientiert sein. Dabei müssten ggf. auch die Fortsätze in ihrer Lage angepasst werden. Schräge bis radiale Anordnungen können montage-technische Vorteile bringen, allerdings wirken dann auch Fliehkräftkomponenten in Nietlängsrichtung sowie Seitenkräfte auf die Laufschaufelfüße. Entscheidend für die Aufnahme der axialen Schaufelkräfte ist aber letztlich, dass die Bohrungs- und Nietachsen in einer gemeinsamen Radialebene bezüglich der Scheibenachse verbleiben. Natürlich soll die Achsorientierung relativ zur örtlichen Tangential- bzw. Radialrichtung bei jedem Niet am Scheibenumfang gleich sein.

[0009] Figur 2 zeigt zur weiteren Verdeutlichung eine Teilansicht in Richtung der Achse X der Bohrung 9 und somit des Niets 10. Vertikal strichpunktiert ist die Radialebene R angedeutet, welche quer zur Rotationsachse der Scheibe 6 steht, und in der die Achsen X aller Bohrungen 9 und Niete 10 liegen sollen, hier wie in Figur 1 mit tangentialer Orientierung. Man erkennt, dass sich der axiale Fortsatz 5 des Laufschaufelfußes 2 und der axiale Fortsatz 8 der Scheibe 6 in geringem radialem Abstand gegenüberstehen. Man erkennt auch, dass die Bohrung 9 etwa je zur Hälfte in beide Fortsätze 5 und 8 eingeformt ist, wobei der Niet 10 weitestgehend umschlossen wird. Der Senkkopf 11 des Niets 10 ist hier strichpunktiert angedeutet. Es wurde bereits erwähnt, dass Niete mit verschiedenen Kopfformen verwendbar sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Niete entfernbar/austauschbar sein müssen, ohne Schaufeln und Scheibe zu beschädigen. Senkkopfähnlich Nietenden sind dabei wahrscheinlich leichter zu greifen und abzutrennen als Köpfe mit großen, ebenen Auflageflächen.

Patentansprüche

1. Befestigung von Laufschaufeln an einer Scheibe eines Turbomaschinenrotors, insbesondere von Turbinenlaufschaufeln an einer Scheibe eines Gasturbinenrotors, mit Laufschaufelfüßen, die zumindest über den Großteil ihrer axialen Länge einen konstanten Querschnitt mit spiegelsymmetrischen, zahn- oder wellenartigen Vorsprüngen aufweisen, mit die Laufschaufelfüße in Radial- und in Umfangsrichtung formschlüssig haltenden, zumindest vorwiegend axial verlaufenden Scheibennuten sowie mit jeweils einer Nietverbindung pro Laufschaufel für deren axiale Fixierung an der Scheibe, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl jeder Laufschaufelfuß (2) als auch die Scheibe (6) im Bereich jedes Laufschaufelfußes (2) jeweils einen axialen, integralen Fortsatz (5,8) aufweisen,

dass sich die Fortsätze (5,8) von Laufschaufel (1) und Scheibe (6) in geringem Abstand oder in gegenseitigem Kontakt paarweise gegenüberstehen, **dass** jeweils eine mit ihrer Achse (X) in einer Radialebene (R), d.h. in einer Querebene zur Rotationsachse der Scheibe (6) liegende Bohrung (9) etwa zur Hälfte in den Fortsatz (5) des Laufschaufelfußes (2) und etwa zur Hälfte in den Fortsatz (8) der Scheibe (6) eingeformt ist, und **dass** in jede Bohrung (9) ein Niet (10) eingesetzt und durch plastische Verformung fixiert ist.

2. Befestigung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle in die Fortsätze (5) der Laufschaufelfüße (2) und in die Fortsätze (8) der Scheibe (6) eingeformten Bohrungen (9) mit ihren Achsen (X) bezüglich der Rotationsachse der Scheibe (6) in gleicher Weise entweder tangential oder definiert schräg mit tangentialer und radialer Komponente oder radial ausgerichtet sind.
3. Befestigung nach Anspruch 2 mit tangential ausgerichteten Bohrungen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die paarweise angeordneten Fortsätze (5,8) der Laufschaufelfüße (2) und der Scheibe (6) von einer Schaufelposition zu einer benachbarten Schaufelposition einen minimalen Abstand (A) in Umfangsrichtung aufweisen, der definiert größer ist als die Länge (L) eines unverformten Nietes (10).
4. Befestigung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Niete mit Halbrundkopf und ebener Kopfauflagefläche oder Niete (10) mit Senkkopf (11) verwendet werden, wobei in letzterem Fall die Bohrungen (9) nietkopfseitig mit einer passenden Ansenkung versehen sein können.
5. Befestigung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** handelsübliche Standardniete zur Anwendung kommen.
6. Befestigung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nietwerkstoff eine geringere mechanische Festigkeit und Härte aufweist als der Laufschaufelwerkstoff und der Scheibenwerkstoff jeweils im Bereich der Fortsätze (5,8).

Claims

1. Fastening of rotor blades to a disc of a turbo-engine rotor, in particular turbine rotor blades to a disc of a gas turbine rotor, having rotor blade bases which at least over most of their axial length have a constant cross section with toothed or corrugated projections

with mirror symmetry, having disc grooves which hold the rotor blade bases in a form-locking manner in the radial and circumferential direction and at least in the main extend axially, and also having one respective riveted joint per rotor blade for the axial fixation thereof to the disc, **characterised in that** not only each rotor blade base (2), but also the disc (6) in the region of each rotor blade base (2) has a respective axial integral extension (5, 8),

in that the extensions (5, 8) of the rotor blade (1) and disc (6) stand opposite each other in pairs at a small distance from each other or in mutual contact, **in that** a respective bore (9) lying with its axis (X) in a radial plane (R), that is, in a transverse plane in relation to the rotational axis of the disc (6), is formed so that it is approximately half in the extension (5) of the rotor blade base (2) and approximately half in the extension (8) of the disc (6), and **in that** a rivet (10) is inserted into each bore (9) and is fixed by means of plastic deformation.

2. Fastening in accordance with claim 1, **characterised in that** all the bores (9) that are formed in the extensions (5) of the rotor blade bases (2) and in the extensions (8) of the disc (6) are aligned in the same way with their axes (X) with regard to the rotational axis of the disc (6), either tangentially or in a defined oblique manner with a tangential and radial component or radially.
3. Fastening according to claim 2 having tangentially aligned bores, **characterised in that** the extensions (5, 8) of the rotor blade bases (2) and the disc (6) that are arranged in pairs have, from one blade position to an adjacent blade position, a minimum spacing (A) in the circumferential direction that is greater in a defined way than the length (L) of a non-deformed rivet (10).
4. Fastening according to one or more of claims 1 to 3, **characterised in that** rivets with a half-round head and a planar head-supporting surface or rivets (10) with a countersunk head (11) are used, with in the latter case it being possible to provide the bores (9) with a suitable countersink on the rivet head side.
5. Fastening according to one or more of claims 1 to 4, **characterised in that** commercially available standard rivets are used.
6. Fastening according to one or more of claims 1 to 5, **characterised in that** the rivet material has a lower mechanical strength and hardness than the rotor blade material and the disc material in the respective region of the extensions (5, 8).

Revendications

1. Fixation d'ailettes sur un disque d'un rotor de turbomachine, en particulier, d'ailettes de turbine sur un disque d'un rotor de turbine à gaz avec des emplantures d'ailette, qui présentent au moins sur la plus grande partie de leur longueur axiale une section constante avec des parties saillantes à plan de symétrie, en forme de dent ou d'ondulation, avec des rainures de disque agencées au moins principalement dans le sens axial, maintenant les emplantures d'ailette dans le sens radial et dans le sens périphérique par complémentarité de forme, et avec respectivement un assemblage rivé par ailettes pour sa fixation axiale sur le disque, **caractérisée en ce que**, aussi bien chaque emplanture d'ailette (2) que le disque (6) présentent dans la zone de chaque emplanture d'ailette (2) respectivement un prolongement (5, 8) axial et intégral, **en ce que** les prolongements (5, 8) de l'ailette (1) et du disque (6) se font face par paires à faible distance ou dans un contact réciproque, **en ce que** respectivement un perçage (9) situé avec son axe (X) dans un plan radial (R), c'est-à-dire dans un plan transversal à l'axe de rotation du disque (6) est formé à peu près pour moitié dans le prolongement (5) de l'emplanture d'ailette (2) et à peu près pour moitié dans le prolongement (8) du disque (6), et **en ce qu'un** rivet (10) est inséré dans chaque perçage (9) et est fixé par déformation plastique.
2. Fixation selon la revendication 1 **caractérisée en ce que** tous les perçages (9) formés dans les prolongements (5) des emplantures d'ailette (2) et dans les prolongements (8) du disque (6) sont orientés avec leurs axes (X) par rapport à l'axe de rotation du disque (6) de façon identique soit tangentiellement soit de façon définie en biais avec une composante tangentielle et une composante radiale ou radialement.
3. Fixation selon la revendication 2 avec des perçages orientés tangentiellement, **caractérisée en ce que** les prolongements (5, 8), disposés par paires, des emplantures d'ailette (2) et du disque (6) présentent entre une position de l'ailette et une position d'ailette voisine une distance (A) minimum dans le sens périphérique, qui est de façon définie supérieure à la longueur (L) d'un rivet (10) non déformé.
4. Fixation selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** les rivets avec une tête demi-ronde et une surface d'appui de tête plane ou des rivets (10) à tête fraisée (11) sont utilisés, les perçages (9) pouvant être dotés dans ce dernier cas côté tête de rivet d'un chanfreinage

adapté.

5. Fixation selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** des rivets standard classiques d'usage dans le commerce sont utilisés. 5
6. Fixation selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** le matériau à river présente une résistance mécanique et une dureté plus faibles que le matériau d'ailette et que le matériau de disque respectivement dans la zone des prolongements (5, 8). 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

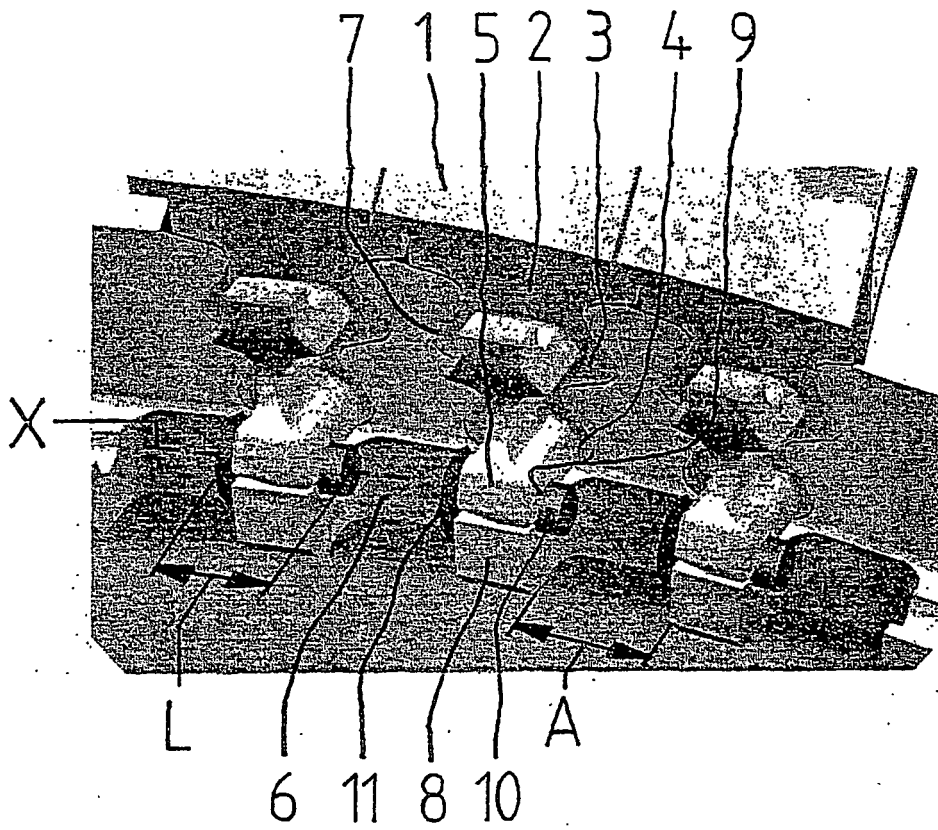


Fig. 1

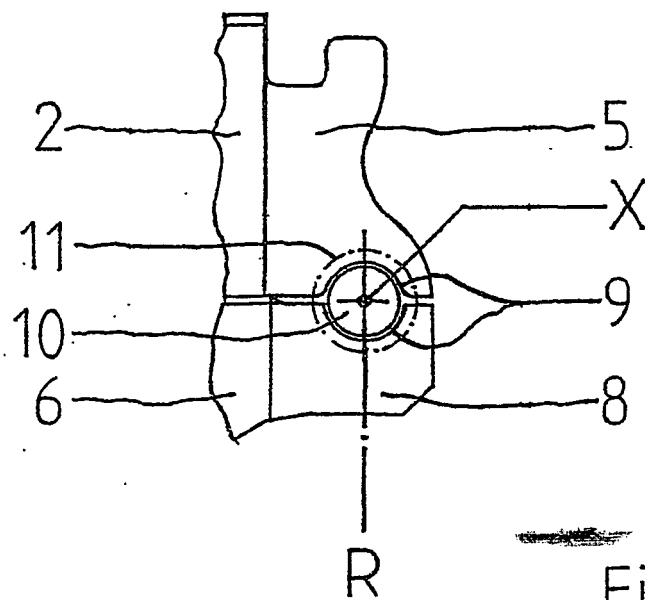


Fig. 2