

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 859 128 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.04.2000 Patentblatt 2000/14

(51) Int Cl.7: **F01D 5/08**

(21) Anmeldenummer: **98101046.5**

(22) Anmeldetag: **22.01.1998**

(54) **Turbinen-Laufradscheibe mit Kühlluftkanälen**

Turbine disc with cooling channels

Disque de turbine avec canaux refroidissement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **13.02.1997 DE 19705442**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.08.1998 Patentblatt 1998/34

(73) Patentinhaber: **BMW Rolls-Royce GmbH**
61402 Oberursel (DE)

(72) Erfinder: **Schillinger, Thomas**
12357 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Schmidt, Günter, Dipl.-Ing.**
Bayerische Motoren Werke AG
Patentabteilung AJ-3
80788 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 947 521 **DE-A- 4 428 207**
GB-A- 2 065 788

EP 0 859 128 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 Turbinen-Laufradscheibe mit von der Scheibenstirnseite ausgehenden Kühlluftkanälen, die in den Scheibennuten, in welche luftgekühlte Turbinenschaufeln eingesetzt sind, münden. Zum technischen Umfeld wird beispielshalber auf die DE 29 47 521 A1 und die DE 34 44 586 A1 verwiesen.

[0002] Bei Verwendung gekühlter Turbinenschaufeln, insbesondere in Gasturbinen, hat sich die Kühlluftzufuhr über Kanäle in den Turbinen-Laufradscheiben grundsätzlich bewährt. Auch kann auf diese Weise einer zweiten Turbinen-Laufradscheibe, die einer ersten Laufradscheibe nachgeordnet ist, Kühlluft zugeführt werden, indem ein Teil des in die Scheibennuten der ersten Laufradscheibe gelangenden Kühlluftstromes über diese Scheibennuten quasi nach hinten in den Zwischenraum zwischen der ersten und zweiten Laufradscheibe abgeführt wird. Hierzu können in den sog. Schließplatten, welche die in die Scheibennuten eingesetzten Schaufeln sichern, entsprechende Durchtrittsöffnungen vorgesehen sein.

[0003] Es kann problematisch sein, einen ausreichend großen Kühlluftstrom in die jeweilige Scheibennut zu fördern, insbesondere wenn ein Teil dieses Kühlluftstromes auch noch für die Kühlung einer nachfolgenden Turbinen-Laufradscheibe verwendet werden soll. Ein im Nutengrund der Scheibennut mündender Kühlluftkanal kann nämlich hinsichtlich seiner Querschnittsfläche nicht beliebig groß gestaltet werden, da sich in diesem Mündungsbereich die räumlichen Felder der einzelnen Spannungskonzentrationen für die Umfangsspannungen überlagern und örtlich stark überhöhte Spannungsamplituden hervorrufen können, was im Hinblick auf die Betriebs-Dauerfestigkeit unerwünscht ist.

[0004] Eine Abhilfemaßnahme für diese geschilderte Problematik aufzuzeigen, ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung. Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Scheibennut zwei jeweils von der gleichen Scheibenstirnseite ausgehende Kühlluftkanäle münden, die im wesentlichen spiegelbildlich zu sowie geneigt gegenüber einer in radialer Richtung von der Scheibenachse zur Mitte der Scheibennut führenden Symmetrieebene angeordnet sind.

[0005] Erfindungsgemäß sind anstelle eines einzigen Kühlluftkanales für jede Scheibennut nun zwei derartige Kühlluftkanäle vorgesehen, durch welche dann selbstverständlich ein betragsmäßig größerer Kühlluftstrom geführt werden kann. Alternativ wäre es grundsätzlich zwar auch möglich, anstelle dieser beiden Kühlluftkanäle einen einzigen Kanal mit gleichem Gesamt-Strömungsquerschnitt vorzusehen, jedoch würden dann insbesondere im Bereich von dessen Mündungsöffnung im Boden der Scheibennut unzulässig hohe Spannungsspitzen auftreten, wie später noch näher erläutert wird. Mit der ebenfalls in Anspruch 1 angegebenen Anordnung der beiden Kühlluftkanäle je Scheibennut wird

dabei die Laufradscheibe lediglich im geringstmöglichen Maße geschwächt. Hierdurch sind nämlich die eine Materialschwächung verursachenden Kühlluftkanäle bestmöglichst und dabei gleichmäßig über der gesamten Scheibenstruktur verteilt.

[0006] Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird auf die beigelegten Prinzipskizzen verwiesen, wobei in Fig. 1 ein Teil-Längsschnitt und in Fig. 2 eine Teil-Ansicht eines bevorzugten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Turbinen-Laufradscheibe gezeigt ist. Fig. 3 dient der Erläuterung der physikalischen Zusammenhänge und zeigt in einem Diagramm die Spannungskonzentration (aufgetragen auf der Ordinate) als Funktion des auf der Abszisse aufgetragenen dimensionslosen Lochabstandes P/D bei einer Reihenanordnung von Löchern mit dem Durchmesser D , die um das Maß P voneinander beabstandet sind.

[0007] In den Fig. 1, 2 ist mit der Bezugsziffer 1 eine Laufradscheibe insbesondere einer Gasturbine bezeichnet, die an ihrem Außenumfang wie üblich eine Vielzahl von jeweils ein Tannenbaumprofil aufweisenden Scheibennuten 2 besitzt, in welche jeweils eine Turbinenschaufel 3 eingesetzt ist. Jede Turbinenschaufel 3 ist luftgekühlt, d. h. in jeder Turbinenschaufel 3 sind nicht dargestellte Kühlluftkanäle vorgesehen, in welche von der Scheibennut 2 aus ein Kühlluftstrom eintreten kann.

[0008] In jede Scheibennut 2 gelangt dieser Kühlluftstrom über zumindest zwei Kühlluftkanäle 4, die von der Scheibenstirnseite 1a ausgehen - die entsprechende Mündungsöffnung ist mit der Bezugsziffer 7b bezeichnet - und im Inneren der Scheibe zur jeweiligen Scheibennut 2 geführt sind, wo sie im Nutengrund 2a münden (Mündungsöffnung 7a). Es liegt auf der Hand, daß über zumindest zwei Kühlluftkanäle 4, die von der gleichen Scheibenstirnseite 1a ausgehen, und die jeweils eine gewisse Querschnittsfläche Q besitzen, ein betragsmäßig größerer Kühlluftstrom herangeführt werden kann, als über einen einzigen Kühlluftkanal 4 mit der gleichen Querschnittsfläche Q , wie dies im Stand der Technik bekannt und üblich ist. Zwar wäre es grundsätzlich auch möglich, einen einzigen Kühlluftkanal 4 mit einer dementsprechend größeren Querschnittsfläche (beispielsweise $2 \times Q$) vorzusehen, jedoch würde die dementsprechend größere Mündungsöffnung 7a eines derart großen Kühlluftkanales im Nutengrund 2a erhebliche Spannungsspitzen hervorrufen, die größer sind als die von den Mündungsöffnungen 7a zweier dementsprechend kleinerer Kühlluftkanäle 4 hervorgerufenen Spannungsspitzen.

[0009] Die entsprechenden physikalisch-theoretischen Zusammenhänge seien kurz anhand von Fig. 3 erläutert:

Gezeigt ist zunächst die Aufsicht auf ein Bauteil 10, in welchem eine Reihe von Löchern 11, die jeweils den Durchmesser D besitzen, vorgesehen ist. Die einzelnen Löcher 11 sind dabei um das Maß P voneinander beabstandet. Die Hauptspannungsrichtung längs der Rei-

he von Löchern 11 ist durch den Pfeil 12 dargestellt. Im Diagramm nach Fig. 3 ist nun der Spannungskonzentrationsfaktor auf der Ordinate und auf der Abszisse der dimensionslose Lochabstand P/D aufgetragen.

[0010] Man erkennt, daß der Spannungskonzentrationsfaktor mit abnehmendem dimensionslosem Lochabstand P/D ebenfalls geringer wird.

Durch die erfindungsgemäße Aufteilung der Querschnittsfläche Q auf die doppelte Anzahl von Bohrungen 7a in den Fig. 1,2 reduziert sich der Parameter P/D gemäß Fig. 3 auf das 0,707-fache seine ursprünglichen Wertes, so daß hierdurch auch der Spannungskonzentrationsfaktor entsprechend abnimmt.

Zusätzlich kann aus der örtlichen Verlagerung der Spannungsspitzen Nutzen gezogen werden, da die Orte der relativen Spannungsmaxima der Luftlöcher und der Scheibennuten in Umfangsrichtung nun nicht mehr zusammenfallen.

Somit kann die sich aus der (potentialtheoretischen) Superpositionierung der einzelnen Spannungsfelder um Bohrung und Nut ergebende absolute Spitzenspannung in erheblichem Umfang reduziert werden, was im Hinblick auf die Dauerfestigkeit einer Turbinenlaufradscheibe anzustreben ist.

[0011] Zurückkommend auf die konstruktive Ausführung der Erfindung ergibt sich eine hinsichtlich der Größe des erzielbaren Kühlluftstromes sowie im Hinblick auf die Schwächung der Laufradscheibe 1 durch die Kühlluftkanäle 4 günstige Kühlluftkanal-Anordnung, wenn in jeder Scheibennut 2 die Mündungsöffnungen 7a der beiden Kühlluftkanäle 4 im wesentlichen in einer gemeinsamen zur Scheibenachse senkrechten Schnittebene nebeneinander liegen. Dabei ist es vorteilhaft, wenn - wie die Teil-Ansicht auf die Scheibenstirnseite 1a in Fig. 2 zeigt - für jede Scheibennut 2 die beiden Kühlluftkanäle 4 im wesentlichen spiegelbildlich zu sowie geneigt gegenüber einer in radialer Richtung von der nicht gezeigten Scheibenachse zur Mitte der Scheibennut 2 führenden Symmetrieebene 5 vorgesehen sind. Dabei können die Längsachsen sämtlicher Kühlluftkanäle 4 linear oder beliebig gebogen verlaufen, ebenso kann der Querschnitt dieser Kühlluftkanäle kreisförmig oder elliptisch oder sonstwie geeignet geformt sein.

[0012] Wie bereits eingangs erwähnt, kann ein Teil des in die Scheibennuten 2 dieser Laufradscheibe eingebrachten Kühlluftstromes dazu genutzt werden, eine dieser ersten Laufradscheibe 1 nachgeschaltete zweite Laufradscheibe (nicht gezeigt) mit Kühlluft zu versorgen. In den die Turbinenschaufeln 3 in der Laufradscheibe 1 fixierenden Schließplatten 6 können im Bereich der Scheibennuten 2 dementsprechende Durchtrittsöffnungen 9 für einen Teil-Kühlluftstrom vorgesehen sein, die jeweils über einen im Fuß der Turbinenschaufel vorgesehenen Kanal 9' mit einem sich an den Kühlluftkanal 4 anschließenden, im Schaufelfuß vorgesehenen Kühlluftkanal 4' verbunden sind.

[0013] Allgemein kann somit durch die hier gezeigte

Verdopplung bzw. Vervielfachung der in einer Scheibennut 2 mündenden Kühlluftkanäle 4 gegenüber dem bekannten Stand der Technik ein deutlich größerer Kühlluftstrom zum Fuß jeder Turbinenschaufel 3 geführt werden. Dabei führen die mehreren Mündungsöffnungen 7a der mehreren Kühlluftkanäle 4 zu deutlich geringeren mechanischen Belastungen der Laufradscheibe 1, als dies ein einziger Kühlluftkanal mit einer dementsprechend großen Querschnittsfläche und somit einer dementsprechend vergrößerten Mündungsöffnung 7a verursachen würde. Selbstverständlich sind dabei eine Vielzahl von Abwandlungen insbesondere konstruktiver Art vom gezeigten Ausführungsbeispiel möglich, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Turbinen-Laufradscheibe mit von der Scheibenstirnseite (1a) ausgehenden Kühlluftkanälen (4), die in den Scheibennuten (2), in welche luftgekühlte Turbinenschaufeln (3) eingesetzt sind, münden, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Scheibennut (2) zwei jeweils von der gleichen Scheibenstirnseite (1a) ausgehende Kühlluftkanäle (4) münden, die im wesentlichen spiegelbildlich zu sowie geneigt gegenüber einer in radialer Richtung von der Scheibenachse (8) zur Mitte der Scheibennut (2) führenden Symmetrieebene (5) angeordnet sind.
2. Turbinen-Laufradscheibe nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Mündungsöffnungen (7a) der beiden Kühlluftkanäle (4) in jeder Scheibennut (2) im wesentlichen in einer gemeinsamen zur Scheibenachse (8) senkrechten Schnittebene nebeneinander liegen.

Claims

1. A turbine rotor disc with cooling air channels (4) going out from the front side of the disc (1a), which open into the disc slots (2), in which air cooled turbine blades (3) are inserted, characterised in that two cooling air channels (4) open into each disc slot (2) each from the same disc front side (1a), which are arranged essentially as mirror images and inclined against a plane of symmetry (5) leading in a radial direction from the disc axis (8) to the centre of the disc slot (2).
2. A turbine rotor disc according to Claim 1 characterised in that the opening holes (7a) of the two cooling air channels (4) in each disc slot (2) lie alongside each other essentially on a common cutting plane perpendicular to the disc axis (8).

Revendications

1. Disque de rotor de turbine comportant des canaux d'air de refroidissement (4) partant de la face frontale (1a) du disque et débouchant dans les rainures de disque (2) recevant les aubes de turbine (3) refroidies par de l'air, caractérisé en ce que dans chaque rainure (2) du disque débouchent chaque fois deux canaux d'air de refroidissement (4) partant de la même face frontale (1a) du disque, ces canaux étant inclinés de manière essentiellement symétrique par rapport à un plan de symétrie (5) partant dans la direction radiale de l'axe de disque (8) au milieu de la rainure (2).
 - 5
 - 10
 - 15
2. Disque de rotor de turbine selon la revendication 1, caractérisé en ce que les embouchures (7a) des deux canaux d'air de refroidissement (4) se situent dans chaque rainure (2) essentiellement de manière juxtaposée dans un plan de coupe commun essentiellement perpendiculaire à l'axe (8) du disque.
 - 20

25

30

35

40

45

50

55



