



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 496 203 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.02.2006 Patentblatt 2006/06

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04090262.9**

(22) Anmeldetag: **28.06.2004**

(54) Turbinenschaufel mit Prallkühlung

Turbine blade with impingement cooling

Aube de turbine à gaz avec refroidissement par impact

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **11.07.2003 DE 10332563**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.01.2005 Patentblatt 2005/02

(73) Patentinhaber: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co
KG**
15827 Dahlewitz (DE)

(72) Erfinder:
• **Davison, Peter**
15838 Wünsdorf (DE)

• **Blume, Barbara**
14165 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Wablat, Wolfgang**
Patentanwalt,
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 001 135 **EP-A- 1 022 434**
US-A- 5 660 524 **US-A- 5 674 050**
US-B1- 6 206 638

EP 1 496 203 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 Turbinenschaufel mit einer Prallkühlung der thermisch hoch belasteten Außenwandabschnitte, wobei im Innern der hohlen Turbinenschaufel mindestens eine Trennwand zur Ausbildung einer mit Kühlluft versorgten Kühlluftkammer und in der Trennwand eine Vielzahl Prallluftkanäle zum Beaufschlagen der unter Bildung einer Prallluftkühlkammer im Abstand benachbarten Innenfläche der heißen Außenwandabschnitte mit Kühlluft vorgesehen ist.

[0002] Der Wirkungsgrad von Gasturbinen kann durch eine Erhöhung der in der Brennkammer erzielten Verbrennungstemperaturen verbessert werden. Einer derartigen Temperaturerhöhung sind jedoch insofern Grenzen gesetzt, als die thermische Belastbarkeit der den Heißgasen ausgesetzten Bauteile, insbesondere der auch mechanisch hoch belasteten Leit- und Laufschaufeln in der der Brennkammer nachgeschalteten Turbinenstufe, begrenzt ist. Um die materialbedingten Temperaturgrenzen nicht zu überschreiten, werden die betreffenden Bauteile und insbesondere deren thermisch hoch belastete Bereiche bekanntermaßen mit vom Verdichter abgezweigter Kühlluft gekühlt.

[0003] Bei einer beispielsweise aus der EP 1 001 135 A2 bekannten Prallkühlung für eine Turbinenschaufel sind im Inneren einer durch zwei Seitenwände begrenzten hohlen Schaufel in Längsrichtung verlaufende Trennwände angeordnet, die jeweils mit einem Seitenwandabschnitt eine langgestreckte Kühlluftzuführungs- und -verteilungskammer (Kühlluftkammer) und mehrere an diese angrenzende Prallluftkühlkammern bilden. Über die Prallluftkanäle gelangt die in die Kühlluftkammer eingeführte Kühlluft nacheinander - in anderen Fällen auch gleichzeitig - in die benachbarten Prallluftkühlkammern, um dadurch die Innenflächen der thermisch hoch belasteten Bereiche der Außenwände der Turbinenschaufel von innen intensiv zu kühlen und somit die Gasturbine bei möglichst hohen Verbrennungstemperaturen mit hohem Wirkungsgrad und ohne Materialschäden betreiben zu können. Die Prallluftkanäle sind in der Trennwand geradlinig, aber schräg ausgerichtet, um einen günstigen Winkel für das Auftreffen der Prallkühlluft auf die Innenflächen der Außenwände zu gewährleisten. Die aus den Prallluftkühlkammern über Luftkanäle in den Seitenwänden der Turbinenschaufel austretende Luft schafft darüber hinaus eine Dämmschicht zwischen dem Schaufelwerkstoff und dem heißen Gas, die die thermische Belastung der Turbinenschaufel weiter verringert.

[0004] Durch die Prallluftkanäle wird einerseits die lasttragende Fläche der Trennwände, die die Außenwände tragen, verringert, und andererseits treten im Bereich der Prallluftkanäle mit einer hohen örtlichen mechanischen Belastung verbundene Spannungsspitzen auf, die eine Verringerung der Lebensdauer der Turbinenschaufel zur Folge haben. Zudem kann aus Gründen der Gewichtszunahme und der damit verbundenen Belastungen die Stärke der Trennwände, die bei entsprechend

großer Dimensionierung zu einer Reduzierung der örtlichen Spannungsspitzen führen würde, nicht beliebig erhöht werden.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Turbinenschaufel der eingangs erwähnten Art so auszubilden, dass bei im Wesentlichen unverändertem Gewicht die Spannungsspitzen im Bereich der Prallluftkanäle abgebaut und somit die Zeitschwing- und Kriechfestigkeit und letztlich die Lebensdauer erhöht werden.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildeten Turbinenschaufel gelöst. Aus dem Unteranspruch ergeben sich weitere Merkmale der Erfindung.

[0007] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass die Trennwände im mittleren Bereich am kältesten sind und einen Bereich höchster Zugspannung darstellen. In diesem Bereich befinden sich bei den nach dem Stand der Technik ausgebildeten Turbinenschaufeln die Eintrittsöffnungen der geradlinig ausgebildeten und zur Erzielung eines bestimmten Luftaufprallwinkels schräg ausgerichteten Prallluftkanäle, so dass dort die Spannungskonzentration besonders hoch ist. Gemäß der Erfindung sind die Prallluftkanäle nun gebogen ausgebildet, und zwar derart, dass der Prallluftaustrittsort- und -winkel unverändert bleibt und die Prallluft in einem vorgegebenen Winkel auf die Innenfläche des betreffenden Außenwandabschnitts gerichtet ist, aber die Lufteintrittsöffnung und damit der gesamte Prallluftkanal in eine wärmere Randzone der Trennwand mit geringeren Zugspannungen verlegt wird. Der Prallluftkanal ist mit Bezug auf die Außenwand konkav gekrümmt und verläuft als Ganzes in der Nähe der heißen Außenwand und quasi parallel zu dieser. Diese Ausbildung und Anordnung der Prallluftkanäle vermindert die Kerbwirkung und erhöht die Kriechfestigkeit und die Zeitschwingfestigkeit, so dass die Lebensdauer der Turbinenschaufel erhöht wird. Auf der anderen Seite lässt die so erzielte Verminderung der Spannungskonzentration im Bereich der Prallluftkanäle geringere Wandstärken der Trennwände zu, so dass das Gewicht der Turbinenschaufel verringert werden kann.

[0008] Nach einem weiteren wichtigen Merkmal der Erfindung hat die Querschnittsfläche der Prallluftkanäle die Form eines Langlochs oder Ovals, wobei sich die Längsachse des Ovals bzw. Langlochs in Längsrichtung des Kühlluftkammer erstreckt. Durch diese Querschnittsform und deren radiale Ausrichtung und den dadurch bedingten niedrigen Kerbfaktor wird das Kriech- und Zeitschwingverhalten ebenfalls verbessert und die Lebensdauer der Turbinenschaufel erhöht. Andererseits kann wiederum die Wandstärke der Trennwände verringert und damit das Gewicht der Turbinenschaufel reduziert werden. Es wurde festgestellt, dass insbesondere die kombinatorische Wirkung der gekrümmten und damit vollständig in den warmen Bereich der Trennwand verlegten Prallluftkanäle in Verbindung mit der zuvor beschriebenen Querschnittsform und -ausrichtung zu einer unerwarteten Erhöhung der Kriech- und Zeitschwingfe-

stigkeit und letztlich einer hohen Lebensdauer führt.

[0009] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht einer Turbinenschaufel; und

Fig. 2 einen Schnitt längs der Linie AA in Fig. 1.

[0010] Das Schaufelprofil 1 einer Hochdruckturbinenschaufel ist aus einer dünnwandigen Außenwand 2 und tragenden inneren Trennwänden 3 bis 5 gebildet. Die ersten und zweiten tragenden Trennwände 3 und 4 begrenzen gemeinsam mit einem Außenwandabschnitt 2a eine Kühlluftkammer 6, in die kontinuierlich vom Verdichter der Gasturbine abgezweigte Kühlluft eingeleitet wird. Im Randbereich der ersten und zweiten Trennwand 3 und 4, das heißt, in der Nähe der Außenwand, befinden sich mit Bezug auf die Außenwand konkav gekrümmte Prallluftkanäle 7, die - ausgehend von der Kühlluftkammer 6 - in erste bzw. zweite Prallluftkühlkammern 8 und 9 münden. Die Prallluftkühlkammer 8 ist von der ersten Trennwand 3 und einem Außenwandabschnitt 2b begrenzt, und die zweite Prallluftkühlkammer 9 ist von der zweiten Trennwand 4, zwei Außenwandabschnitten 2c, 2d und der dritten Trennwand 5 gebildet. Die dritte Trennwand 5 und zwei Außenwandabschnitte 2e, 2f schließen eine weitere Kühlkammer 10 ein. Die der Kühlluftkammer 6 zugeführte Kühlluft strömt über die aufgrund ihrer Krümmung durchgängig in einem heißen, vergleichsweise spannungsarmen Bereich nahe der Außenwand 2 in der ersten und zweiten Trennwand 3, 4 verlaufenden Prallluftkanäle 7 in die erste bzw. in die zweite Prallluftkühlkammer 8 und 9, in der die Kühlluft auf die Innenflächen der benachbarten Außenwandabschnitte 2b sowie 2c und 2d prallt und diese dabei intensiv kühlt. Die in die erste Prallluftkühlkammer 8 eingebracht Kühlluft gelangt über Luftkanäle 11a im Außenwandabschnitt 2b an die Außenfläche, um dort eine Luftschicht zur äußeren Abschirmung des Materials gegenüber der Heißluft zu bilden. Die Kühlluft in der zweiten Prallluftkühlkammer 9 strömt über die Kühlkammer 10 und Kühlkanäle 11b oder unmittelbar über die Kühlkanäle 11c nach außen. Durch die gebogene Ausbildung der Prallluftkanäle 7 und deren dadurch mögliche Verlegung an den der Außenwand 2 nahen Rand der betreffenden Trennwand 3 und 4, und zwar ohne dass die Richtung der aus den Prallluftkanälen 7 austretenden Kühlluft gegenüber der bei schräg angeordneten Prallluftkanälen bekannten Austrittsrichtung verändert wird, werden die Spannungen in den Trennwänden 3 und 4 im Bereich der Prallluftkanäle 7 deutlich verringert.

[0011] Die Spannungskonzentration an diesen Stellen wird weiterhin dadurch reduziert, dass die Querschnittsfläche der Prallluftkanäle 7, wie Fig. 2 zeigt, die Form eines Langlochs hat und die Längsachse der Querschnittsfläche mit der Längsachse des Schaufelprofils 1 oder dessen radialer Ausrichtung übereinstimmt. Die

Querschnittsfläche der Prallluftkanäle kann gleichermaßen die einer Ellipse haben. Durch die elliptische oder langlochförmige Ausbildung der Prallluftkanäle in Verbindung mit der Ausrichtung der Längsachse der Querschnittsfläche zum dominanten Belastungsvektor wird zum einen die Zeitschwingfestigkeit erhöht und zum anderen die Kerbwirkung vermindert, so dass eine längere Lebensdauer der Hochdruckturbinenschaufel erreicht werden kann.

Bezugszeichenliste

[0012]

1	Schaufelprofil
2	Außenwand
2a -2f	Außenwandabschnitte
3	erste Trennwand
4	zweite Trennwand
5	dritte Trennwand
6	Kühlluftkammer
7	Prallluftkanal
8	erste Prallluftkühlkammer
9	zweite Prallluftkühlkammer
10	Kühlkammer
11a-11c	Luftkanäle

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel mit einer Prallkühlung der thermisch hoch belasteten Außenwandabschnitte, wobei im Innern der hohlen Turbinenschaufel mindestens eine Trennwand zur Ausbildung einer mit Kühlluft versorgten Kühlluftkammer und in der Trennwand eine Vielzahl Prallluftkanäle zum Beaufschlagen der unter Bildung einer Prallluftkühlkammer im Abstand benachbarten Innenfläche der(des) heißen Außenwandabschnitte(s) mit Prallkühlluft vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prallluftkanäle (7) mit Bezug auf die nahe Außenwand (2) konkav gekrümmt und im Wesentlichen parallel zu dieser sowie vollständig in dem außenwandnahen heißen Bereich angeordnet sind.
2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prallluftkanäle (7) eine langlochartige oder elliptische Querschnittsfläche aufweisen, deren Ausrichtung der Längsachse mit der radialen Schaufelausrichtung übereinstimmt.

Claims

1. Turbine blade with an impingement cooling of the thermally highly loaded outer wall sections, comprising: at least one partition positioned in the hollow interior to divide the hollow interior into a cooling

chamber, supplied with cooling air, and the partition including a plurality of impingement air channels to supply impingement cooling air from the cooling air chamber to remotely adjacent inner surfaces of the hot outer wall sections positioned in the impingement air cooling chamber, **characterized in that** the impingement air channels (7) are concave in relation to and arranged essentially in parallel to the adjacent outer wall (2) and positioned entirely in the hot area near the outer wall.

2. Turbine blade according to claim 1, **characterised in that** the impingement air channels (7) have one of an oblong or elliptical cross-sectional area, whose longitudinal axes are aligned with the radial axis of the blade.

Revendications

1. Aube de turbine avec refroidissement par impact des sections de paroi extérieure soumises à une forte contrainte thermique, sachant qu'à l'intérieur de l'aube de turbine creuse sont prévus au moins une cloison pour former une chambre d'air de refroidissement alimentée en air de refroidissement et dans la cloison plusieurs canaux d'air d'impact destinés à alimenter en air de refroidissement d'impact la surface intérieure de la (des) section(s) de paroi extérieure chaude(s) voisine à une certaine distance par formation d'une chambre de refroidissement à air d'impact, **caractérisée en ce que** les canaux d'air d'impact (7) sont incurvés de manière concave par rapport à la paroi extérieure proche (2) et pour l'essentiel parallèles à celle-ci et entièrement disposés dans la zone chaude proche de la paroi extérieure.
2. Aube de turbine selon la revendication n^o 1, **caractérisée en ce que** les canaux d'air d'impact (7) présentent une surface de section transversale de forme oblongue ou elliptique, avec un axe longitudinal dont l'orientation correspond à l'orientation radiale de l'aube.

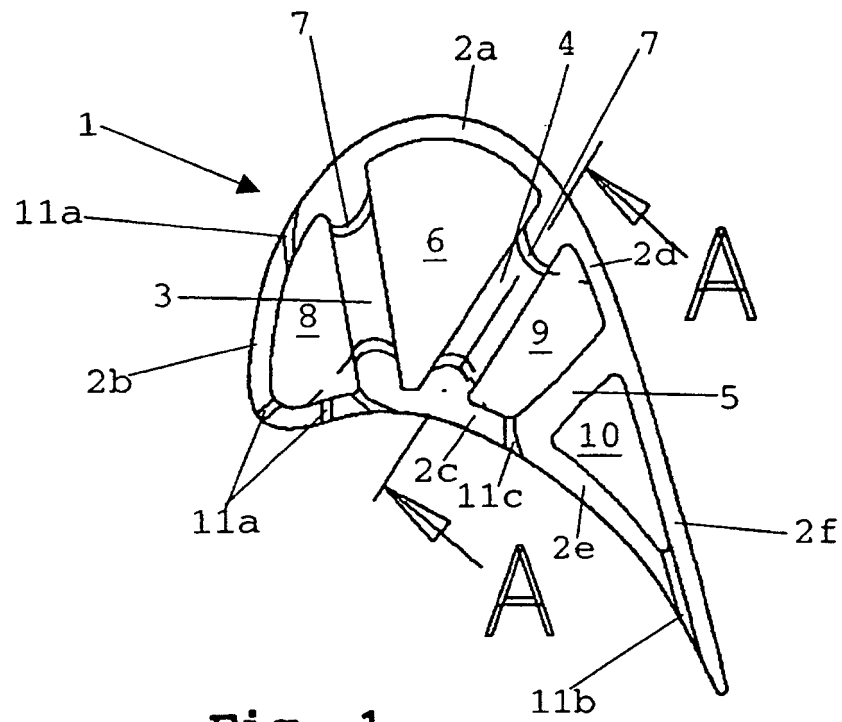


Fig. 1

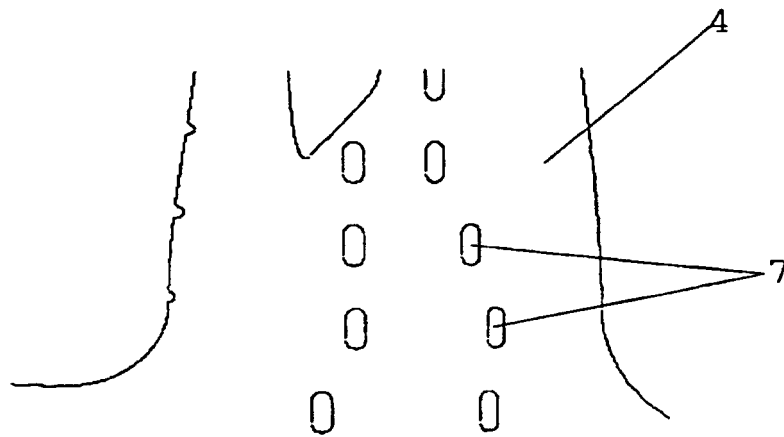


Fig. 2