



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.01.2005 Patentblatt 2005/02

(51) Int Cl.⁷: **F01D 5/18**

(21) Anmeldenummer: **04090262.9**

(22) Anmeldetag: **28.06.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(72) Erfinder:

- **Davison, Peter**
15838 Wünsdorf (DE)
- **Blume, Barbara**
14165 Berlin (DE)

(30) Priorität: 11.07.2003 DE 10332563

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

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Dahlewitz (DE)

(54) **Turbinenschaufel mit Prallkühlung**

(57) Eine mit Verdichterluft gekühlte hohle Turbinenschaufel ist durch innere tragende Trennwände (3, 4) in eine Kühlluftkammer (6) und Prallluftkühlkammern (8, 9) aufgeteilt. Der Kühllufttransport von der Kühlluftkammer in die Prallluftkühlkammer erfolgt über in den Trennwänden ausgebildete Prallluftkanäle (7). Die Prallluftkanäle sind mit Bezug auf die benachbarte Außenwand (2) des Schaufelprofils (1) konkav gekrümmt

und vollständig in dem heißen Bereich nahe der Außenwand angeordnet und haben darüber hinaus einen langlochartigen oder elliptischen Querschnitt, dessen Längsachse mit der radialen Ausrichtung der Turbinenschaufel übereinstimmt. Durch verminderte Spannungskonzentration im Bereich der Prallluftkanäle wird das Zeitschwing- und Kriechverhalten verbessert und die Lebensdauer erhöht.

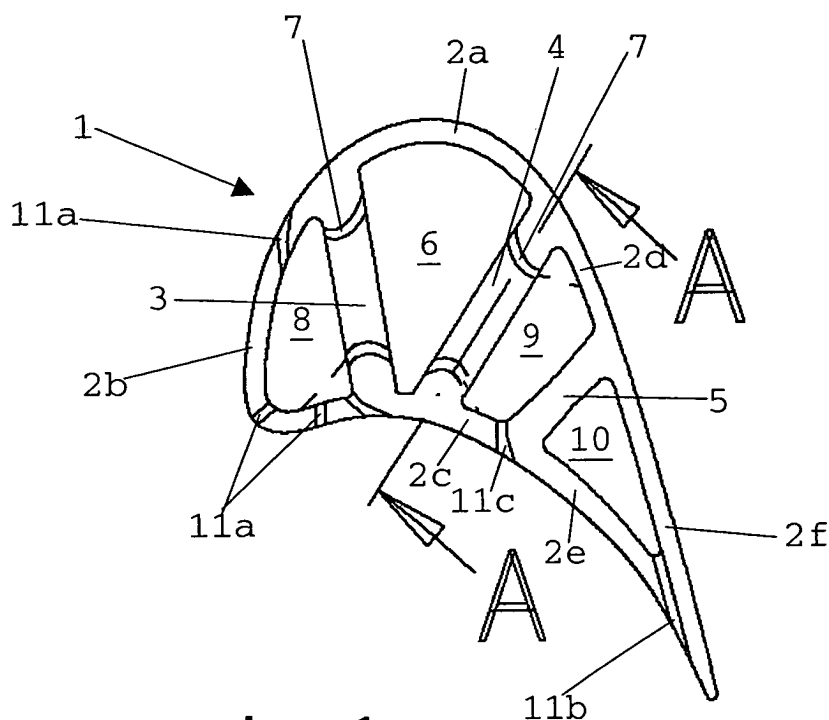


Fig. 1

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 kühlpsten 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 Luft Eintrittsöffnung 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 ei-

ner unerwarteten Erhöhung der Kriech- und Zeitschwingfestigkeit 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 Prallluftkammern 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 eingebrachte 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.

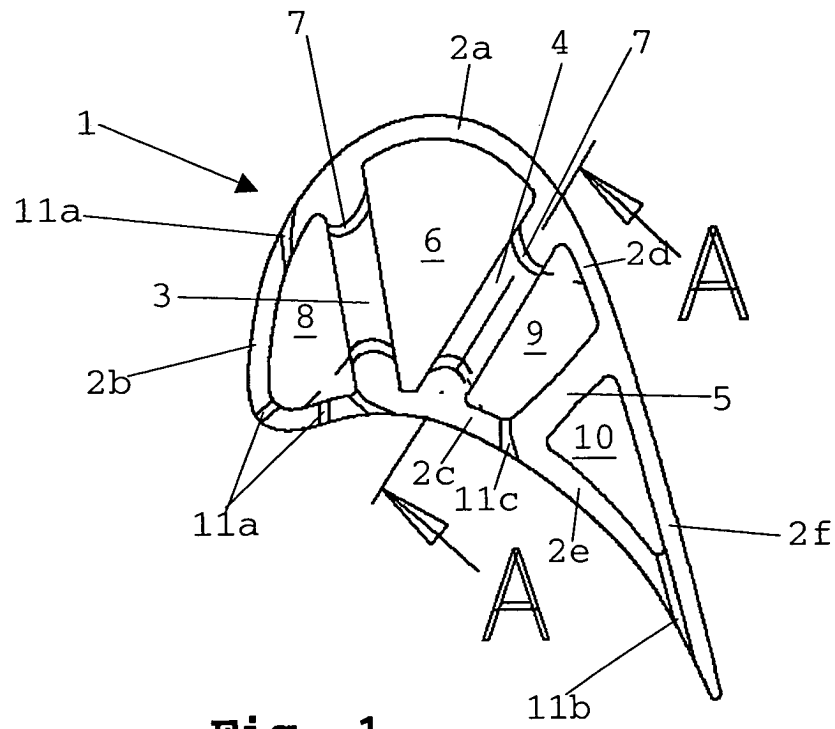


Fig. 1

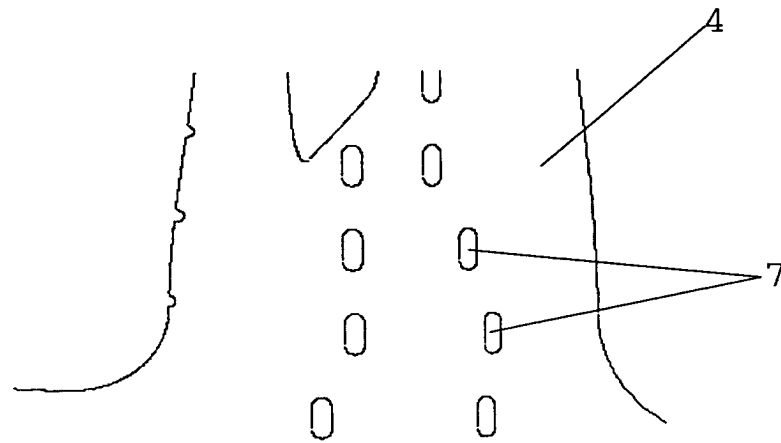


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 09 0262

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A,D	EP 1 022 434 A (GEN ELECTRIC) 26. Juli 2000 (2000-07-26) * Spalte 4, Zeile 44 - Spalte 4, Zeile 49; Abbildung 2 *	1	F01D5/18
A	US 5 660 524 A (LEE CHING-PANG ET AL) 26. August 1997 (1997-08-26) * Spalte 4, Zeile 21 - Spalte 4, Zeile 29; Abbildung 3 *	1	
A	US 5 674 050 A (AUXIER THOMAS A ET AL) 7. Oktober 1997 (1997-10-07) * Spalte 7, Zeile 4 - Spalte 7, Zeile 13; Abbildungen 2,13 *	1	
A	US 6 206 638 B1 (GLYNN CHRISTOPHER C ET AL) 27. März 2001 (2001-03-27) * Spalte 2, Zeile 32 - Spalte 2, Zeile 51; Abbildungen 2,5 *	2	
A	EP 1 001 135 A (GEN ELECTRIC) 17. Mai 2000 (2000-05-17) * Spalte 3, Zeile 9 - Spalte 3, Zeile 31; Abbildungen 1-3 *	2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F01D
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
MÜNCHEN	30. Juli 2004	Rau, G	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 04 09 0262

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

30-07-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1022434 A	26-07-2000	EP 1022434 A2	26-07-2000
		JP 2000265802 A	26-09-2000
		KR 2000052372 A	25-08-2000
US 5660524 A	26-08-1997	KEINE	
US 5674050 A	07-10-1997	KEINE	
US 6206638 B1	27-03-2001	KEINE	
EP 1001135 A	17-05-2000	US 6036441 A	14-03-2000
		EP 1001135 A2	17-05-2000
		JP 2000161003 A	13-06-2000

EPO FORM P0461

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