

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 428 981 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.06.2004 Patentblatt 2004/25

(51) Int Cl. 7: F01D 5/28

(21) Anmeldenummer: 02027764.6

(22) Anmeldetag: 11.12.2002

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

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

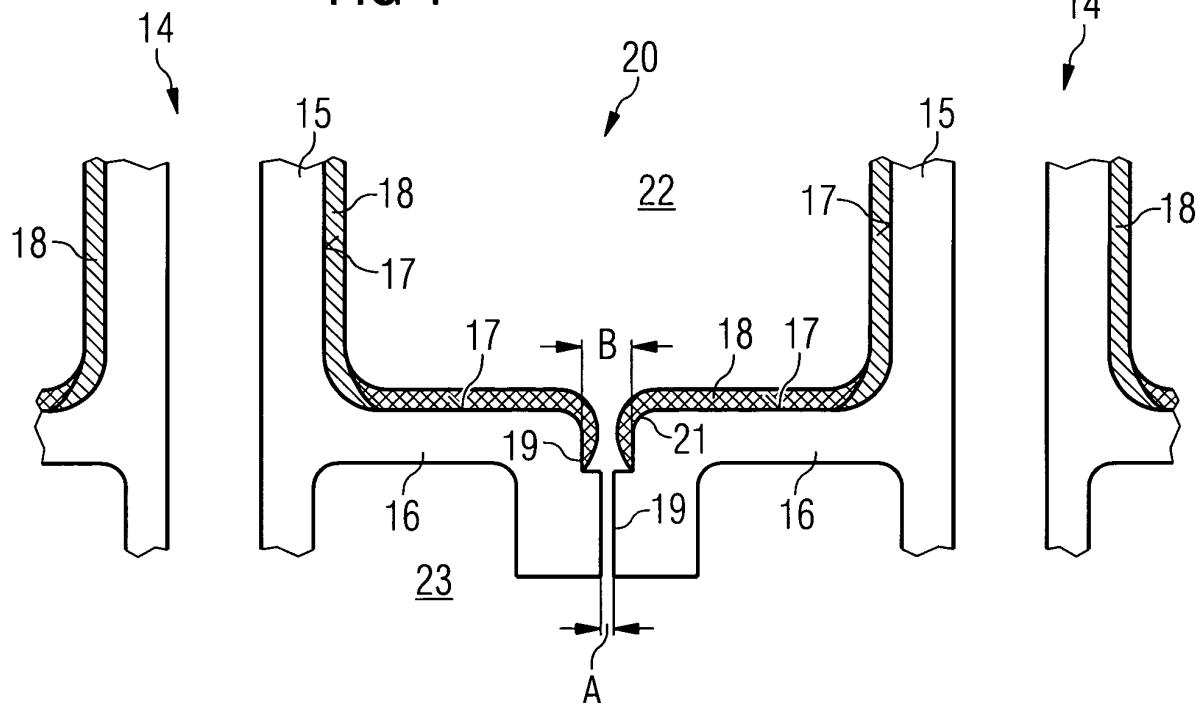
(72) Erfinder: Tiemann, Peter
58452 Witten (DE)

(54) Turbinenschaufel mit einer Schutzschicht

(57) Die Erfindung betrifft ein Turbine (1), insbesondere Gasturbine, die von einem Heißgas (9) angetrieben wird, mit ringförmig koaxial zum Rotor (4) angeordneten Turbinenschaufeln (14), die jeweils einen flügelförmigen Schaufelblatt (15) umfassen, der an zumindest einem Ende seiner Längserstreckung eine Plattform (16) aufweist, wobei das Schaufelblatt (15) und die

Plattformen (16) an ihren vom Heißgas (9) umströmten Außenseiten (17) eine Schutzschicht (18) aufweisen und wobei jeweils zwischen den Plattformen (16) zweier unmittelbar benachbarter Turbinenschaufeln (14) ein Dehnungsspalt (20) vorgesehen ist. Um eine verlustarme Gasturbine (1) anzugeben, wird vorgeschlagen, dass zumindest eine Schutzschicht (18) in den Dehnungsspalt (20) hineinragt.

FIG 1



EP 1 428 981 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbine, insbesondere eine Gasturbine, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine zugehörige Turbinenschaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass Gasturbinen zur Erzeugung elektrischer Energie eingesetzt werden. Die Gasturbine weist dazu einen Verdichter auf, der Umgebungsluft ansaugt und verdichtet. Die verdichtete Luft wird einem Brenner zugeführt, mit einem Brennmittel vermischt und unter Bildung eines Heißgases in einer Brennkammer verbrannt. Das Heißgas strömt anschließend entlang eines ringförmigen Heißgaskanals vorbei an Leit- und Laufschaufeln. Dabei wird die Energie des Heißgases mittels der an dem drehgelagerten Rotor angeordneten Laufschaufeln in Rotationsenergie umgewandelt und an einen Generator weitergegeben.

[0003] Die dem Heißgas ausgesetzten Komponenten werden mittels Kühlluft gekühlt. Besonders thermisch beanspruchte Komponenten weisen darüber hinaus an ihrer dem Heißgas ausgesetzten Oberfläche eine Schutzschicht auf, um den hohen Temperaturen Stand zu halten. Zu diesen Komponenten gehören die Leit- und Laufschaufeln der ersten Turbinenstufe. Sie weisen eine integrierte Kühlung und auf, wobei die Schutzschicht einerseits auf den Flügel und andererseits auf den Seiten der Plattform aufgetragen ist, die den Heißgaskanal begrenzen.

[0004] Die Schutzschicht wird mittels eines Beschichtungsverfahrens, insbesondere eines Plasmaspritzverfahrens, nur auf eine den Heißgaskanal begrenzende Seite der Plattform aufgetragen, nämlich auf die Außenseite. Ein Übersprühen über die Kante der Außenseite hinweg auf eine Plattformseitenwand ist nicht zulässig, da ein gegenseitiges Berühren der gegenüberliegenden Plattformseitenwände benachbarter Schaufeln, die unter Bildung eines Dehnungsspalts beabstandet zueinander angeordnet sind, ein Abplatzen der Schutzschicht verursachen könnte.

[0005] Das Beschichtungsverfahren zum Auftragen der Schutzschicht bedingt einen Auslaufbereich auf den Außenseiten, in dem die Dicke der Schutzschicht zu ihrem Rand hin zunehmend dünner wird. Die Schutzwirkung der Schutzschicht ist deshalb im Auslaufbereich geringer und wird durch den Einsatz von Kühlluft an diesen Stellen kompensiert. Daher weisen die Plattformen an ihren Außenseiten im Auslaufbereich der Schutzschicht, die im Bereich ihrer Kanten liegen, Öffnungen auf, durch die Kühlluft strömt und die Plattform kühlt.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es den Wirkungsgrad der Turbine zu erhöhen und eine dazu geeignete Turbinenschaufel anzugeben.

[0007] Die Aufgabe wird bezogen auf die Turbine durch die Merkmale des Anspruchs 1 und bezogen auf die Turbinenschaufel durch die Merkmale des Anspruchs 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gegeben.

[0008] Die Lösung sieht bezogen auf die Turbine vor, dass zumindest eine Schutzschicht in den Dehnungsspalt hineinragt. Das Auslaufen der Schutzschicht in den Dehnungsspalt hinein bedingt, dass die den

5 Heißgaskanal begrenzende Außenseite der Plattform eine gleichmäßig dicke Schutzschicht aufweist. Die im Dehnungsspalt auslaufende Schutzschicht schützt die Plattformwand ausreichend, da dort weniger Heißgas strömt. Somit entfällt die Kühlung der Außenseite der 10 Plattform im Auslaufbereich mit Kühlluft. Die eingesparte verdichtete Luft kann zur Verbrennung genutzt werden, so dass sich allgemeine Wirkungsgradsteigerung einstellt.

[0009] Wenn der Abstand zwischen zwei unmittelbar 15 benachbarten Plattformen im Bereich der in den Dehnungsspalt hineinragenden Schutzschicht entsprechend der Schutzschichtdicke vergrößert ist, so dass der Dehnungsspalt über seine Gesamttiefe eine vorgegebene Mindestspaltbreite aufweist, kann das Abplatzen der Schutzschicht verhindert werden. Der Abstand ist so gewählt, dass die während des Betriebes der Turbine auftretenden Wärmeausdehnung die gegenüberliegenden Plattformseiten benachbarter Plattformen

20 sich auch dann nicht berühren.

[0010] Ebenfalls kann ein Abplatzen der Schutzschicht an der Seitenwand und an der Außenseite der Plattform verhindert werden, wenn der Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Plattformen im Bereich der im Dehnungsspalt einander gegenüberliegenden Schutzschichten entsprechend der Schutzschichtdicke vergrößert ist, so dass der Dehnungsspalt über seine gesamte Tiefe eine vorgegebene Mindestspaltbreite aufweist.

[0011] Die einfache Herstellbarkeit eines hinreichend 35 großen Dehnungsspaltes ist gegeben, wenn dieser entlang des Dehnungsspalts an seiner dem Heißgas zugewandten Öffnung eine nutförmige Ausnehmung aufweist. Der so im Vergleich zum freien Bereich zurückverlagerte und mit der Schutzschicht zu überdeckende 40 Bereich der Plattformwand kann bereits in der Gussform vorgesehen sein, als auch durch nachträgliches Bearbeiten der gegossenen Schaufel hergestellt werden.

[0012] Die Lösung sieht bezogen auf die Turbinenschaufel vor, dass die Plattformwand teilweise mit der 45 Schutzschicht überdeckt ist, so dass die Schutzschicht in den Dehnungsspalt hineinragt.

[0013] Vorteilhaftweise ist der mit der Schutzschicht überdeckte Bereich der Plattformwand bezogen auf den nicht überdeckten Bereich im Querschnitt gesehen zumindest entsprechend der Schutzschichtdicke zurückgesetzt. Dies gewährleistet bei einer temperaturbedingten Ausdehnung der Plattform einen hinreichend großen Dehnungsspalt. Demzufolge kann eine Berührung 50 von gegenüberliegenden Plattformwänden zweier benachbarter Turbinenschaufel verhindert werden, was mit einem Abplatzen der Schutzschicht hervorrufen könnte.

[0014] Wenn die von der Außenseite der Plattform

und der Plattformwand gebildeten Kante angerundet ist, ist eine sicherere Haftung der Schutzschicht über die Kante hinweg gegeben.

[0015] Zweckmäßigerweise ist die Turbinenschaufel eine Leitschaufel und/oder eine Laufschaufel.

[0016] Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 2 zwei unmittelbar benachbarte Turbinenschaufeln im Querschnitt und

Fig. 1 eine Gasturbine in einem Längsteilschnitt.

[0017] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Gasturbine 1 in einem teilgeschnittenen Längsschnitt. Die Gasturbine 1 weist ein Gehäuse 2 auf, indem ein sich um die Rotationsachse 3 drehbar gelagerter Rotor 4 befindet. Kühlluft 5 atmosphärischen Drucks wird von einem Verdichter 6 angesaugt und verdichtet. Dem Verdichter 6 nachgeschaltet ist eine Ringbrennkammer 7, die an ihrem radial gesehen außenliegenden Ende einen Brenner 8 aufweist. Im Brenner 8 wird die verdichtete Kühlluft 5 des Verdichters 6 mit einem Brennmittel vermischt und im Brennraum der Ringbrennkammer 7 zu einem Heißgas 9 verbrannt. Das Heißgas 9 strömt entlang eines ringförmigen Heißgaskanals 10 vorbei an mehreren Turbinenstufen 11, die jeweils aus zwei aufeinander folgenden Schaufelringen gebildet werden. Dabei folgt im Heißgaskanal 10 jedem Leitschaufelring ein weiterer Laufschaufelring. Die Leitschaufeln 12 des Leitschaufelrings sind am Gehäuse 2 der Gasturbine 1 befestigt, die Laufschaufel 13 des Laufschaufelrings am Rotor 4. Mittels der Laufschaufeln 13 wird die Energie des Heißgases 9 in Rotationsenergie des Rotors 4 umgewandelt. Der Rotor 4 treibt dabei neben einem nicht dargestellten Generator auch den Verdichter 6 an.

[0018] Fig. 1 zeigt zwei unmittelbar benachbarte Turbinenschaufeln 14 im Querschnitt. Jede Turbinenschaufel 14 umfasst einen Flügel 15 und eine sich quer zur Längserstreckung des Flügels 15 erstreckende Plattform 16.

[0019] Jede Plattform 16 weist seitlich angeordnet eine sich quer zur Außenwand 18 erstreckende Plattformwand 19 auf, wobei die Außenwand 18 und die Plattformwand 19 über eine abgerundete äußere Kante 21 verbunden sind. Zwischen den gegenüberliegenden Plattformwände 19 zweier benachbarter Turbinenschaufeln 14 ist ein Dehnungsspalt 20 vorhanden, der zwischen der Heißgasseite 22 und einer Kaltseite 23 verläuft.

[0020] Der in den Heißgaskanal 10 hineinragende Flügel 15 weist eine Außenseite 17 auf, die mit einer Schutzschicht 18 abgedeckt ist. Ferner ist die den Heißgaskanal 10 begrenzende Außenseite 17 der Plattform 16 mit der Schutzschicht 18 versehen. Sie schützt die Turbinenschaufel 14 sowohl vor der thermischen Belastung als auch vor Korrosion.

[0021] Die Schutzschicht 18 ragt über die Kante 21

der Außenseite 17 hinaus in den Dehnungsspalt 20 hinein. Die Bereiche der Plattformwände 19, die mit der Schutzschicht 18 abgedeckt sind, sind bezogen auf den Schutzschicht-freien Bereich zurückverlagert, so dass sich abgestufte Plattformwände 19 ergeben. Im beschichteten Bereich zweier unmittelbar benachbarter Plattformwände 19 sind diese zueinander beabstandet (Abstand B). Dagegen weisen die beiden im unbeschichteten Bereich des Dehnungsspalts 20 gegenüberliegenden Plattformwände 19 einen Abstand A auf,

der so gewählt ist, dass der Dehnungsspalt 20 während des Betriebes der Gasturbine 1 aufgrund der Wärmeausdehnungen der Plattformen 16 annähernd geschlossen ist. Die Breite B des Dehnungsspaltes 20 ist größer als der Abstand A und ist dabei so gewählt, dass während des Betriebs der Gasturbine 1 die in diesem Bereich hineinragenden und sich gegenüberliegenden Schutzschichten 18 sich trotz der Wärmeausdehnungen nicht berühren. Die kleinste Breite B bestimmt sich aus dem Abstand A zuzüglich der zweifachen Schutzschichtdicke.

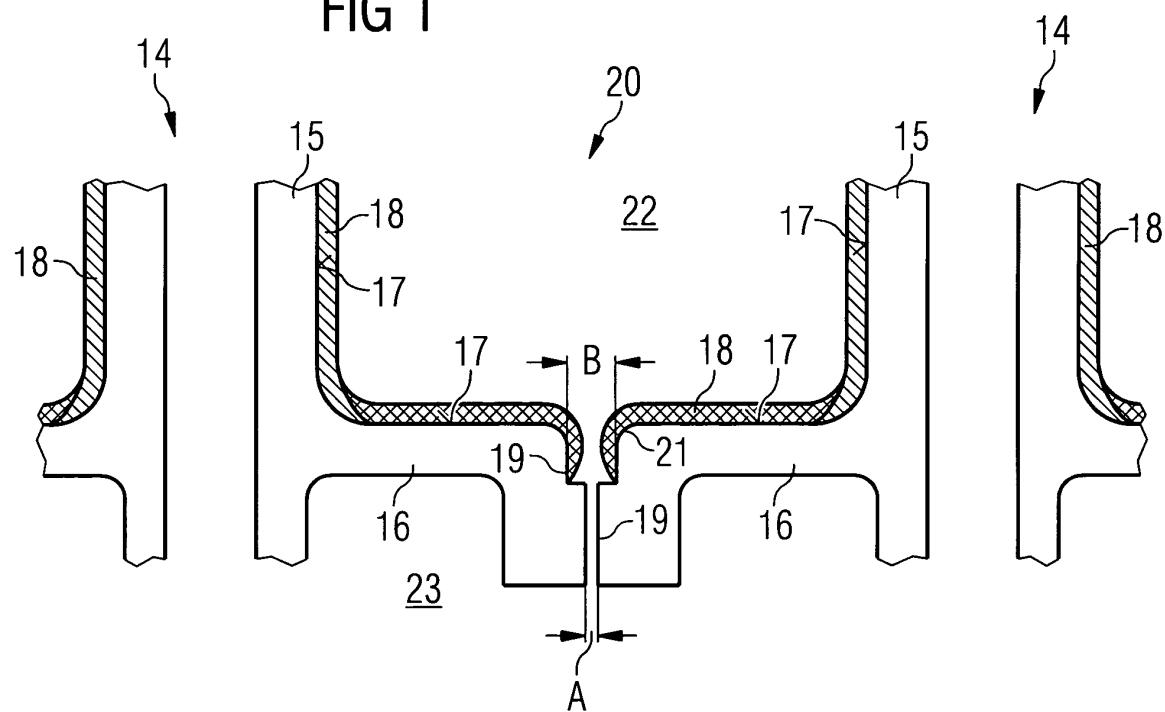
[0022] Der Auslaufbereich der Schutzschicht 18 ist ein Mehrfaches der Schutzschichtdicke lang. Die sich von der Heißgasseite 22 zur Kaltseite 23 erstreckende Tiefe der nutförmigen Ausnehmung im Dehnungsspalt 20 ist so gewählt, dass der Auslaufbereich der Schutzschicht 18 vollständig im Dehnungsspalt 20 liegt. Demzufolge ist der Bereich der Kante 21, an der die Außenseite 17 angrenzt, mit der vorgesehenen Schutzschichtdicke überzogen.

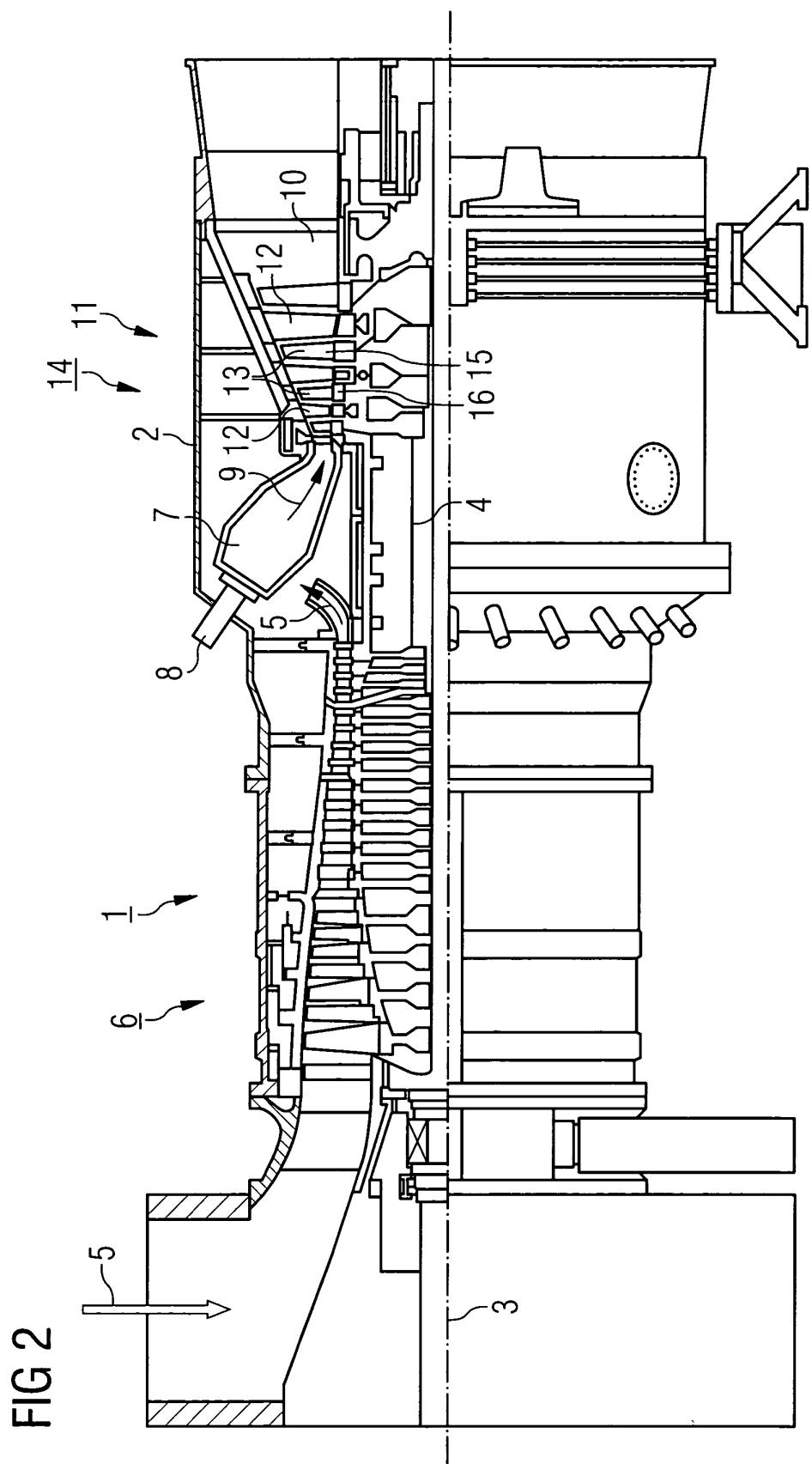
Patentansprüche

1. Turbine, insbesondere Gasturbine (1), die von einem Heißgas (9) angetrieben wird, mit ringförmig koaxial zum Rotor (4) angeordneten Turbinenschaufeln (14), die jeweils einen Flügel (15) umfassen, der an zumindest einem Ende seiner Längserstreckung eine Plattform (16) aufweist, wobei die Flügel (15) und die Plattformen (16) an ihren vom Heißgas (9) umströmten Außenseiten (17) eine Schutzschicht (18) aufweisen und wobei jeweils zwischen den Plattformen (16) zweier unmittelbar benachbarter Turbinenschaufeln (14) ein Dehnungsspalt (20) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** zumindest eine Schutzschicht (18) in den Dehnungsspalt (20) hineinragt.
2. Turbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Plattformen (16) im Bereich der in den Dehnungsspalt (20) hineinragenden Schutzschicht (18) entsprechend der Schutzschichtdicke vergrößert ist, so dass der Dehnungsspalt (20) über seine

- gesamte Tiefe eine vorgegebene Mindestspaltbreite aufweist.
3. Turbine (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Abstand zwischen zwei unmittelbar benachbarten Plattformen (16) im Bereich der im Dehnungsspalt (20) einander gegenüberliegenden Schutzschichten (18) entsprechend der Schutzschichtdicke vergrößert ist, so dass der Dehnungsspalt (20) über seine gesamte Tiefe eine vorgegebene Mindestspaltbreite aufweist.
4. Turbine (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass entlang der Längsausdehnung des Dehnungsspalts (20) an seiner dem Heißgas (9) zugewandten Öffnung eine nutförmige Vertiefung aufweist.
5. Turbinenschaufel (14), insbesondere für eine Gasturbine (1),
mit einem Flügel (15), der an zumindest einem Ende seiner Längserstreckung eine Plattform (16) mit einer seitlichen Plattformwand (19) aufweist,
wobei die Flügel (15) und die Plattformen (16) an ihren vom Heißgas (9) umströmten Außenseiten (17) eine Schutzschicht (18) aufweisen und
wobei die Plattformwand (19) bei montierter Turbinenschaufel (14) der Plattformwand (19) der unmittelbar benachbarten Turbinenschaufel (14) unter Belassung eines Dehnungsspalts (20) gegenüberliegt,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Plattformwand (16) teilweise mit der Schutzschicht (18) überdeckt ist, so dass die Schutzschicht (18) in den Dehnungsspalt (20) hineinragt.
6. Turbinenschaufel (14) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der mit der Schutzschicht (18) überdeckte Bereich der Plattformwand (19) bezogen auf den nicht überdeckten Bereich im Querschnitt gesehen zumindest entsprechend der Schutzschichtdicke zurückverlagert ist.
7. Turbinenschaufel (14) nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die von der Außenseite (17) der Plattform (16) und der Plattformwand (19) gebildete Kante (21) abgerundet ist.
8. Turbinenschaufel (14) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Turbinenschaufel (14) eine Leitschaufel (12) ist.
9. Turbinenschaufel (14) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Turbinenschaufel (14) eine Laufschaufel (13) ist.

FIG 1







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 02 7764

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Bereit Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 1 239 058 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 11. September 2002 (2002-09-11)	1,5,8,9	F01D5/28
Y	* Absatz '0007! * * Absatz '0012! - Absatz '0031!; Abbildungen 4,5 *	2,3,6	
X	GB 535 566 A (OERLIKON MASCHF) 11. April 1941 (1941-04-11) * Ansprüche 1,9; Abbildung 1 *	1,5	
X	FR 1 005 997 A (SNECMA) 17. April 1952 (1952-04-17) * Seite 2, Absatz 6 - Seite 3, Absatz 1; Abbildung 1 *	1,5	
Y	US 5 941 686 A (GUPTA BHUPENDRA K ET AL) 24. August 1999 (1999-08-24) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Spalte 3, Zeile 22 - Spalte 3, Zeile 47 *	2,3,6	
A	US 3 143 383 A (BAMBERGER ERIC N ET AL) 4. August 1964 (1964-08-04) * Spalte 1, Zeile 9 - Spalte 1, Zeile 46; Abbildungen *	1,5	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.7) F01D
A	JP 2001 152803 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 5. Juni 2001 (2001-06-05) * Zusammenfassung *	1,5,9	
A	EP 0 999 009 A (GEN ELECTRIC) 10. Mai 2000 (2000-05-10) * Absatz '0023! - Absatz '0024!; Abbildungen 1,2 *	1,5	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	25. August 2003	de Rooij, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum 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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 02 7764

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	<p>WO 00 53896 A (KANNEFASS RALF ; SIEMENS AG (DE); TACKE MARKUS (DE)) 14. September 2000 (2000-09-14) * das ganze Dokument *</p> <p>-----</p>	1,5	
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.7)			
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p>			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	25. August 2003	de Rooij, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldeatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	
<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p>			

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

EP 02 02 7764

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.

25-08-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1239058	A	11-09-2002	JP CA EP US	2002266603 A 2372016 A1 1239058 A2 2002127111 A1		18-09-2002 06-09-2002 11-09-2002 12-09-2002
GB 535566	A	11-04-1941		KEINE		
FR 1005997	A	17-04-1952		KEINE		
US 5941686	A	24-08-1999	US EP JP SG	5771577 A 0807744 A2 10054202 A 55270 A1		30-06-1998 19-11-1997 24-02-1998 21-12-1998
US 3143383	A	04-08-1964	DE FR GB	1294028 B 1326848 A 958309 A		30-04-1969 10-05-1963 21-05-1964
JP 2001152803	A	05-06-2001		KEINE		
EP 0999009	A	10-05-2000	US EP JP KR TW	6164916 A 0999009 A1 2000225475 A 2000035121 A 445191 B		26-12-2000 10-05-2000 15-08-2000 26-06-2000 11-07-2001
WO 0053896	A	14-09-2000	CA WO EP JP	2366842 A1 0053896 A1 1173657 A1 2002539350 T		14-09-2000 14-09-2000 23-01-2002 19-11-2002