

(19)



(11)

EP 1 953 342 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

06.08.2008 Patentblatt 2008/32

(51) Int Cl.:

F01D 5/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07002215.7**

(22) Anmeldetag: **01.02.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK RS

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**

80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- **Ahmad, Fathi**
41564 Kaarst (DE)

- **Fajardo-Reina, Scarlett**

40882 Ratingen (DE)

- **Gill, Markus**

49479 Ibbenbüren (DE)

- **Kiliani, Stefan Werner, Dr.**

45133 Essen (DE)

- **Martin, Silvio-Ulrich, Dr.**

46049 Oberhausen (DE)

- **Müsgen, Ralf**

45147 Essen (DE)

- **Schneider, Oliver, Dr.**

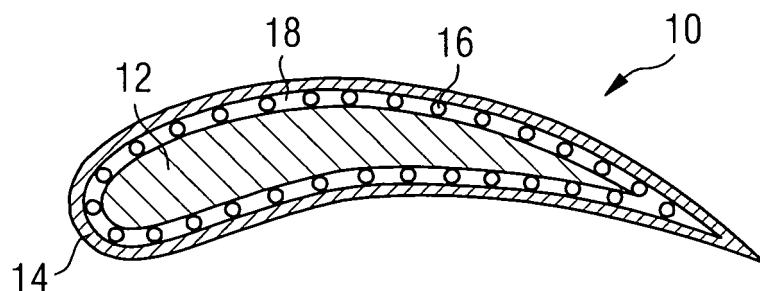
46487 Wesel (DE)

(54) **Turbinenschaufel**

(57) Turbinenschaufel (10) mit einer Trägerstruktur (12) und einer die Trägerstruktur (12) umgebenden Ummantelung (14), die mit der Trägerstruktur (12) durch wenigstens ein Abstandselement (16) beabstandet verbunden ist, um zwischen der Trägerstruktur (12) und der Ummantelung (14) einen Zwischenraum (18) auszubilden, der von einem Kühlmedium durchströmbar ist. Verfahren

zur Herstellung einer Turbinenschaufel (10), die eine Trägerstruktur (12) und eine die Trägerstruktur (12) umgebende Ummantelung (14) aufweist, die mit der Trägerstruktur (12) beabstandet verbunden ist, bei dem die Ummantelung (14) an wenigstens einer Stelle der Trägerstruktur (12) auf die Trägerstruktur (12) gelötet wird, um die Ummantelung (14) beabstandet mit der Trägerstruktur (12) zu verbinden.

FIG 1



EP 1 953 342 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel.

[0002] Turbinenschaufeln, insbesondere Turbinenschaufeln für Gasturbinen, werden während des Betriebs hohen Temperaturen ausgesetzt, welche unter Umständen auch die Grenze der Materialbeanspruchung überschreiten. Dies gilt insbesondere für die Bereiche in Umgebung der Strömungseintrittskante der Turbinenschaufeln. Um Turbinenschaufeln auch bei hohen Temperaturen nutzen zu können, ist es schon seit langem bekannt, Turbinenschaufeln geeignet zu kühlen, so dass sie eine höhere Temperaturbeständigkeit aufweisen, wobei die Bedeutung der Schaufelkühlung insbesondere bei Gasturbinen aufgrund der zunehmenden Gasturbinen-Eintrittstemperaturen stetig zunimmt. Mit Turbinenschaufeln, die eine höhere Temperaturbeständigkeit aufweisen, lassen sich insbesondere höhere energetische Wirkungsgrade erzielen.

[0003] Bekannte Kühlarten sind unter anderem die Konvektionskühlung, die Prallkühlung ("Impingement"-Kühlung) und die Filmkühlung. Bei der Konvektionskühlung handelt es sich wohl um die am weitesten verbreitete Art der Schaufelkühlung. Bei dieser Kühlungsart führt man Kühlluft durch Kanäle im Schaufelinneren und nutzt den konvektiven Effekt, um die Wärme abzuführen. Bei der Prallkühlung prallt ein Kühlluftstrom von innen auf die Schaufeloberfläche. Auf diese Weise wird im Auftreffpunkt eine sehr gute Kühlwirkung ermöglicht, die allerdings nur auf den engen Bereich des Auftreffpunkts und die nähere Umgebung beschränkt ist. Diese Art der Kühlung wird deshalb meist zur Kühlung der Strömungseintrittskante einer Turbinenschaufel verwendet, die lokal hohen Temperaturbelastungen ausgesetzt ist. Bei der Filmkühlung wird Kühlluft über Öffnungen in der Turbinenschaufel vom Inneren der Turbinenschaufel nach außen geführt. Diese Kühlluft umströmt die Turbinenschaufel und bildet eine isolierende Schicht zwischen dem heißen Prozessgas und der Schaufeloberfläche aus. Die beschriebenen Kühlarten werden je nach Anwendungsfall geeignet kombiniert, um eine möglichst wirksame Schaufelkühlung zu erzielen.

[0004] Zur Realisierung einer Konvektionskühlung wird bei zurzeit bekannten Turbinenschaufeln-Designs die Schaufel einschließlich einer Ummantelung, beispielsweise in Form eines Schaufelhemds, und Kühlkanälen gegossen. Zusätzliche Beschichtungen werden durch Beschichtungsverfahren aufgebracht. Hierbei ist insbesondere die mittels eines Gießverfahrens vorgenommene Herstellung der in bekannten Turbinenschaufeln ausgebildeten Kühlkanäle sehr aufwendig und kostenintensiv.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Turbinenschaufel anzugeben, mit der eine sehr wirksame Konvektionskühlung möglich ist, und die zudem im Vergleich zu bekannten Turbinenschaufeln einfacher und kostengünstiger hergestellt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einer

Turbinenschaufel gelöst, die eine Trägerstruktur und eine die Trägerstruktur umgebende Ummantelung aufweist, die mit der Trägerstruktur durch wenigstens ein Abstandselement beabstandet verbunden ist, um zwischen der Trägerstruktur und der Ummantelung einen Zwischenraum auszubilden, der von einem Kühlmedium durchströmbar ist.

[0007] Bei der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel wird die Ummantelung, vorzugsweise in Form eines Schaufelhemds, nur zur Übertragung der aerodynamischen Kräfte bei Umströmung bzw. Anströmung der Turbinenschaufel in eine darunter liegende Trägerstruktur über die erfindungsgemäßen Abstandselemente genutzt. Die Trägerstruktur trägt im Wesentlichen die Ummantelung und übernimmt auch die Fliehkraftwirkung durch Rotation, sofern die erfindungsgemäße Turbinenschaufel als Laufschaufel zum Einsatz kommt.

[0008] Der sich durch die Beabstandung ausbildende Zwischenraum ist erfindungsgemäß mit einem Kühlmedium, vorzugsweise in Form eines Gases bzw. Fluids, durchströmbar, um bei Einsatz der Turbinenschaufel eine wirksame Kühlung der Ummantelung durch Konvektionskühlung zu erzielen. Wärmeenergie der Ummantelung wird erfindungsgemäß lediglich über die Abstandselemente in die Trägerstruktur überführt. Dies hat den Vorteil, dass eine übermäßige Erwärmung der Trägerstruktur als Folge der Erwärmung der Ummantelung erfindungsgemäß vermieden wird.

[0009] Durch die erfindungsgemäße Turbinenschaufel kann gegenüber bekannten Lösungen eine bessere Trennung der Aufgaben Strömungsumlenkung und Übertragung der Kräfte in eine Läuferstruktur bereitgestellt werden, so dass die Komplexität der Aufgaben abnimmt. Durch die thermische und mechanische Entkopplung wird es möglich, auch ungewöhnliche Materialkombinationen effektiv zu verbinden, was bei bekannten Turbinenschaufeln, die einschließlich Ummantelung und Kühlkanälen gegossen sind, nicht ohne weiteres einfach möglich ist.

[0010] Insbesondere kann die erfindungsgemäße Turbinenschaufel im Vergleich zu bekannten Turbinenschaufeln einfacher hergestellt werden, da keine zur Ausbildung von Kühlkanälen entsprechend aufwendig gestaltete Gießform bereitgestellt werden muss. Es ist lediglich erforderlich, über die erfindungsgemäßen Abstandselemente eine Verbindung zwischen der Trägerstruktur und der Ummantelung zu schaffen, um einen durchströmbaren Kühlkanal in Form des erfindungsgemäßen Zwischenraums auszubilden.

[0011] Erfindungsgemäß wird eine zur Konvektionskühlung ausgebildete Turbinenschaufel bereitgestellt, die neben einer einfachen Herstellung insbesondere den Vorteil einer deutlichen Verbesserung der Wärmeabfuhr und Wärmeübertragung an das Kühlmedium aufweist.

[0012] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das wenigstens eine Abstandselement in Form einer Lotkugel ausgebildet, die durch Löten, insbesondere Auflöten, mit der Trägerstruktur und der Ummante-

lung verbunden ist. Erfindungsgemäß erfolgt also eine Verbindung der Ummantelung mit der Trägerstruktur durch Löten, und zwar bevorzugt an einzelnen Stellen. Das Lot besteht erfindungsgemäß aus kleinen Lotkugeln, die beim Lötvorgang nicht vollständig aufschmelzen. Diese Lotkugeln werden in der Elektrotechnik häufig mit dem Begriff "Ball-Grid" bezeichnet. Auf diese Weise kann ein Zwischenraum in Form eines engen Spalts zwischen der Ummantelung und der Trägerstruktur ausgebildet werden, wobei Wärme nur an den so gebildeten Lötstellen in die Trägerstruktur überführt werden kann. Die Lotkugeln bilden erfindungsgemäß eine große Oberfläche, so dass Wärme direkt an das den Zwischenraum durchströmende Kühlmedium übertragen werden kann.

[0013] Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die Turbinenschaufel einen Schaufelfuß auf, der derart ausgebildet ist, dass der Zwischenraum ausgehend von dem Schaufelfuß mit Kühlmedium durchströmbar ist. So kann auf praktische Weise eine Durchströmung des erfindungsgemäßen Zwischenraums bereitgestellt werden.

[0014] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel, die eine Trägerstruktur und eine die Trägerstruktur umgebende Ummantelung aufweist, die mit der Trägerstruktur beabstandet verbunden ist, bei dem die Ummantelung an wenigstens einer Stelle der Trägerstruktur auf die Trägerstruktur aufgelötet wird, um die Ummantelung beabstandet mit der Trägerstruktur zu verbinden.

[0015] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert, wobei

FIG 1 eine Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel,

FIG 2 eine perspektivische Teilansicht einer Ummantelung der Turbinenschaufel in Form eines Schaufelhemds zusammen mit verbindenden Lotkugeln, und

FIG 3 eine vergrößerte Schnittdarstellung einer Verbindung zwischen Ummantelung und Trägerstruktur durch erfindungsgemäße Lotkugeln zeigt.

[0016] Die FIG 1 zeigt eine Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel 10. Die Turbinenschaufel 10 umfasst eine Trägerstruktur 12, eine Ummantelung in Form eines Schaufelhemds 14, das durch Lotkugeln 16 mit der Trägerstruktur 12 beabstandet verbunden ist, um einen Zwischenraum 18 in Form eines engen Spalts auszubilden, der von einem Kühlmedium durchströmbar ist. Das Schaufelhemd 14 dient dazu, die sich bei Anströmung des Schaufelhemds 14 ausbildenden aerodynamischen Kräfte auf die Trägerstruktur 12 zu übertragen. Die Verbindung über die Lotkugeln 16,

die im Fachjargon der Elektrotechnik auch als "Ball-Grid" bezeichnet werden, erfolgt durch entsprechendes Auflöten an einzelnen Punkten der Trägerstruktur 12 bzw. des Schaufelhemds 14, wobei die Lotkugeln 16 beim Lötvorgang nicht vollständig aufschmelzen.

[0017] Beim Durchströmen des Zwischenraums 18 mit einem Kühlmedium kann das Schaufelhemd 14 wirksam konvektiv gekühlt werden, indem Wärmeenergie des Schaufelhemds 14 über das strömende Kühlmedium abgeführt wird. Da ein Wärmeübergang zwischen dem Schaufelhemd 14 und der Trägerstruktur 12 nur über die Lotkugeln 16 erfolgen kann, wird die Trägerstruktur 12 durch ein erwärmtes Schaufelhemd 14 nur geringfügig erwärmt. Der größte Teil der Wärmeenergie des Schaufelhemds 14 wird über das Kühlmedium abgeführt, wobei die Lotkugeln 16 eine große Oberfläche bilden, die Wärmeenergie direkt an das Kühlmedium überträgt.

[0018] Die FIG 2 zeigt eine Ummantelung der Turbinenschaufel 10 in Form eines Schaufelhemds 14 zusammen mit den verbindenden Lotkugeln 16. Wie ersichtlich, sind die Lotkugeln 16 nur an einzelnen, voneinander beabstandeten Stellen vorgesehen, um eine möglichst wirksame Verbindung zwischen der Trägerstruktur 12 und dem Schaufelhemd 14 bereitzustellen, und zwar einhergehend mit einem möglichst strömungsgünstig ausgebildeten Zwischenraum 18.

[0019] Die FIG 3 zeigt schließlich eine vergrößerte Schnittdarstellung einer Verbindung zwischen dem Schaufelhemd 14 und der Trägerstruktur 12 durch Lotkugeln 16, wobei das Schaufelhemd 14 ferner Durchgangslöcher 20 aufweist, die ergänzend zur Konvektionskühlung der Bereitstellung einer Filmkühlung dienen, derart, dass Kühlmedium über die Durchgangslöcher 20 nach außen strömen kann.

[0020] Gleichfalls ist es möglich, mit einer hohlen Trägerstruktur 12 eine Prallkühlung des Schaufelhemdes 14 zu erzielen, wobei der im Inneren der Trägerstruktur 12 vorhandene Hohlraum über geeignete Prallkühlöffnungen mit dem Zwischenraum 18 in Verbindung ist.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (10),
mit einer Trägerstruktur (12) und einer die Trägerstruktur (12) umgebenden Ummantelung (14),
die mit der Trägerstruktur (12) durch wenigstens ein Abstandselement (16) beabstandet verbunden ist,
um zwischen der Trägerstruktur (12) und der Ummantelung (14) einen Zwischenraum (18) auszubilden,
der von einem Kühlmedium durchströmbar ist.
2. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das wenigstens eine Abstandselement in Form einer Lotkugel (16) ausgebildet ist, die durch Löten mit der Trägerstruktur (12) und der Ummantelung (14) ver-

bunden ist.

3. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Turbinenschaufel (10) einen Schaufelfuß auf- 5
weist, der derart ausgebildet ist,
dass der Zwischenraum (18) ausgehend von dem
Schaufelfuß mit Kühlmedium durchströmbar ist.
4. Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel 10
(10), die eine Trägerstruktur (12) und eine die Trä-
gerstruktur (12) umgebende Ummantelung (14) auf-
weist,
die mit der Trägerstruktur (12) beabstandet verbun- 15
den ist, bei dem die Ummantelung (14) an wenig-
stens einer Stelle der Trägerstruktur (12) auf die Trä-
gerstruktur (12) aufgelötet wird, um die Ummante-
lung (14) beabstandet mit der Trägerstruktur (12) zu
verbinden.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

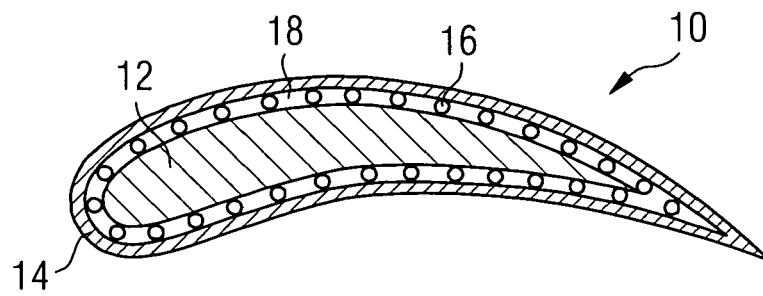


FIG 2

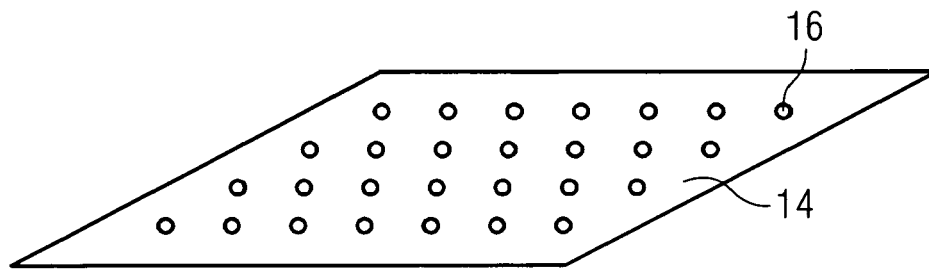
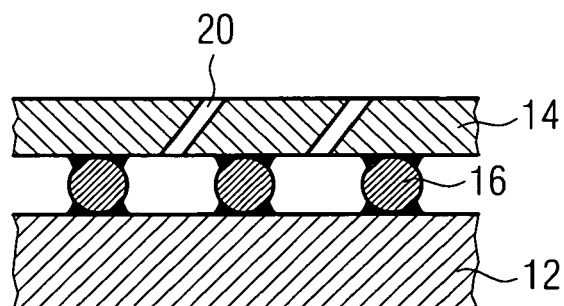


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 00 2215

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 238 182 B1 (MAYER ED [US]) 29. Mai 2001 (2001-05-29) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeilen 45-67 * * Spalte 2, Zeilen 1-22 * * Spalte 3, Zeilen 55-62 * * Abbildungen * -----	1,3,4	INV. F01D5/18
X	US 2 906 495 A (SCHUM EUGENE F ET AL) 29. September 1959 (1959-09-29) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeilen 58-70 * * Abbildungen 1,2 * -----	1,3,4	
X	US 2 642 263 A (THORP ARTHUR G) 16. Juni 1953 (1953-06-16) * Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeilen 43-55 * * Spalte 3, Zeilen 1-6 * -----	1,3,4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 5. Juli 2007	Prüfer Rini, Pietro
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 07 00 2215

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.

05-07-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6238182	B1	29-05-2001	KEINE	
US 2906495	A	29-09-1959	KEINE	
US 2642263	A	16-06-1953	KEINE	

EPO FORM P0461

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