



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.04.2015 Patentblatt 2015/17

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

(21) Anmeldenummer: **13189517.9**

(22) Anmeldetag: **21.10.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

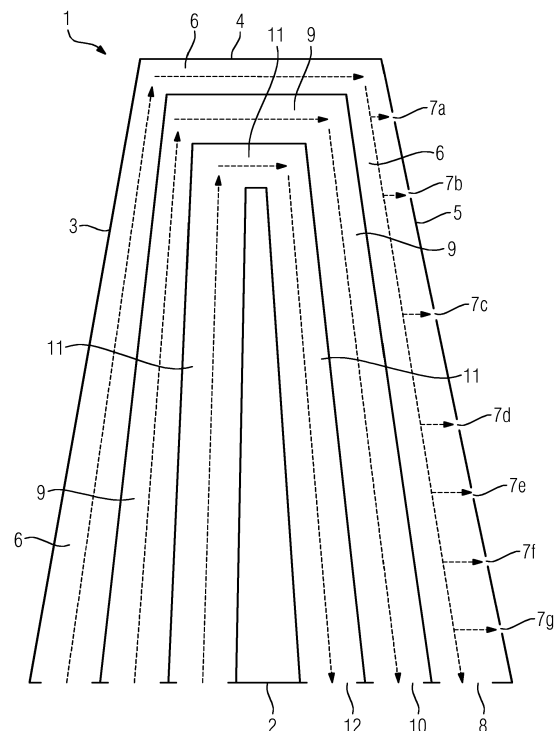
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Ahmad, Fathi**
41564 Kaarst (DE)

- **Burzych, Thomas**
45127 Essen (DE)
- **Hummel, Eugen**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Kunze, Gordon Emanuel**
47506 Neukirchen-Vluyn (DE)
- **Preuten, Frank**
46562 Voerde (DE)
- **Schneider, Thomas Alexis**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Teuber, Hannes**
45468 Mülheim (DE)

(54) **Anordnung von Kühlkanälen in einer Turbinenschaufel in einer Bogenstruktur**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung (1) von mehreren Kühlkanälen (6, 9, 11) zur Förderung von Kühlfluid innerhalb einer Turbinenschaufel, welche einen Schaufelfuß (2), eine Schaufelblattspitze (4), eine Eintrittskante (3) und eine Austrittskante (5) aufweist, wobei die Kühlkanäle (6, 9, 11) jeweils einen Kühlfluideinlass aufweisen und durch die Turbinenschaufel zu einem oder mehreren Kühlfluidausslässen (7a-g, 8, 10, 12) führen, wobei die Kühlkanäle (6, 9, 11) so voneinander getrennt verlaufen, dass bei einer Beschädigung der Turbinenschaufel im Bereich eines Kühlkanals (6, 9, 11) die Kühlung durch die anderen Kühlkanäle (6, 9, 11) weitgehend unbeeinträchtigt bleibt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung von Kühlkanälen in einer Turbinenschaufel.

[0002] Turbinenschaufeln, insbesondere Schaufeln von Gasturbinen, sind hochbelastete Bauteile. Die Rotation erfolgt im Betrieb mit einer hohen Umdrehungszahl. Daher ist eine hohe mechanische Belastbarkeit erforderlich. Darüber hinaus treten vor allem bei Gasturbinenschaufeln im Betrieb hohe Temperaturen auf. Dabei gilt generell, dass höhere Temperaturen des die Turbinenschaufeln antreibenden Gasgemischs sich günstig auf den Wirkungsgrad der Gasturbine auswirken. Um dennoch zu hohe Temperaturen der Turbinenschaufeln zu verhindern, werden die Turbinenschaufeln gekühlt. Dazu sind im Inneren der Turbinenschaufeln oft Kühlkanäle angeordnet.

[0003] Bisweilen werden die Turbinenschaufeln durch auftreffende Fremdkörper beschädigt. Dies kann dazu führen, dass Luft aus den Kühlkanälen austritt und die Kühlung der Turbinenschaufel mitunter erheblich beeinträchtigt. Dies führt häufig dazu, dass die beschädigte Schaufel rasch ausgewechselt werden muss. Aufgabe der Erfindung ist es diesen Nachteil abzumildern.

[0004] Diese Aufgabe wird durch den unabhängigen Anspruch gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen.

[0005] Es wird eine Anordnung von mehreren Kühlkanälen, das heißt mindestens zwei Kühlkanälen, innerhalb einer Turbinenschaufel zur Förderung von Kühlfluid vorgeschlagen. Beim Kühlfluid handelt es sich im Regelfall um Luft.

[0006] Die Kühlkanäle führen durch die Turbinenschaufel zu einem oder mehreren Kühlfluidauslässen.

[0007] Die Turbinenschaufel weist dabei regelmäßig einen Schaufelfuß, eine Schaufelblattspitze, eine Eintrittskante und eine Austrittskante auf.

[0008] Die Kühlkanäle verlaufen dabei so voneinander getrennt, dass bei einer Beschädigung der Turbinenschaufel im Bereich eines Kühlkanals die Kühlung durch die anderen Kühlkanäle weitgehend unbeeinträchtigt bleibt.

[0009] Im Stand der Technik verläuft in der Regel ein Kühlkanal vom Schaufelfuß zur Schaufelblattspitze längs der Eintrittskante. Von dort soll das Kühlfluid weiter durch die Turbinenschaufel mäandrieren und für Kühlung sorgen. Im Falle eines Lecks fällt diese Kühlung der Turbinenschaufel dann weitgehend aus.

[0010] Durch das oben vorgestellte Konzept, wonach mehrere Kühlkanäle vorhanden sind, die voneinander getrennt verlaufen, kann dieses Problem reduziert werden. Sollte in einem der Kühlkanäle ein Leck auftreten, kann durch die verbleibenden intakten Kühlkanäle eine Kühlung erfolgen.

[0011] Freilich ist in Kauf zu nehmen, dass stromabwärts von einem Leck auch mit der vorliegenden Erfindung die Kühlung ausfällt.

[0012] Insgesamt aber wird der Kühlfluidverlust deut-

lich reduziert und im intakten Schaufelbereich ist die Kühlung überwiegend gewährleistet. Damit bleiben die mechanische Stabilität und die Festigkeit weitgehend uneinträchtig. Damit kann die beschädigte Turbinenschaufel weiter betrieben werden.

[0013] Auch wenn es langfristig notwendig bleiben sollte die Turbinenschaufel auszutauschen, ist es ein großer Vorteil, wenn dies erst bei der nächsten regulären größeren Wartung der Turbine erfolgen muss. Die erhöhte Temperatur führt oft nicht sofort zu einer nicht mehr hinnehmbaren Beschädigung der Turbinenschaufel sondern erst nach längerem Betrieb bei Überhitzung.

[0014] Es ist eine Vielzahl von Anordnungen denkbar, wie die Kühlkanäle verlaufen können. Entscheidend sind mehrere getrennte Kühlkanäle.

[0015] Es soll nicht übersehen werden, dass es durchaus möglich sein kann, dass die Kühlkanäle an ausgewählten Stellen Verbindungen aufweisen. Wichtig ist vor allem, dass nicht die gesamte Kühlluft durch einen Kühlkanal geführt wird, so dass bei einem Leck in diesem Kühlkanal die gesamte Kühlung ausfällt. Vor allem sollte nicht die gesamte Kühlluft durch den Kühlkanal, der längs der Eintrittskante verläuft, geführt werden. Dieser Kühlkanal verläuft in einem thermisch stärker belasteten Bereich der Turbinenschaufel und ist zudem für Fremdkörper einschläge anfälliger, da dort das die Turbine antreibende Gas oder Gasgemisch zunächst auftrifft.

[0016] Wenngleich die Darstellung vor allem in Hinblick auf die Kühlung von Laufschaufeln, die mit dem Schaufelfuß an einem Rotor befestigt sind, gewählt worden ist, ist das vorgestellte Kühlkonzept auch für Leit-schaufeln anwendbar.

[0017] In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Kühlkanäle so voneinander getrennt, dass keine, zumindest keine unmittelbare, Verbindung für Kühlfluid von einem Kühlkanal in einen anderen Kühlkanal besteht. Durch die weitgehende Trennung wird verhindert, dass Kühlluft im Falle eines Lecks von einem Kühlkanal ohne Leck in einen Kühlkanal mit Leck strömt und so die Kühlung erschwert wird. Wie später noch detaillierter dargestellt, liegen Kühlfluidauslässe oft sehr nahe beisammen. Dadurch kann eine mittelbare Verbindung für Kühlfluid von einem Kühlkanal in einen anderen Kühlkanal geschaffen werden, aber keine unmittelbare Verbindung.

[0018] In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Kühlkanäle von einer Innenwand der Turbinenschaufel durch ein Lochblech oder eine Vorrichtung nach Art eines Lochblechs getrennt, so dass das Kühlfluid weitgehend senkrecht auf die Innenwand der Turbinenschaufel gelangen kann. Damit wird eine sogenannte Prallkühlung erreicht. Diese ist effizient, da das Kühlfluid an der Innenwand verwirbelt wird und nach der Erwärmung wieder abströmt. Würde das Kühlfluid nur an der Innenwand der Turbinenschaufel vorbeiströmen, könnte sich ein unmittelbar an der Wand anliegender Film ausbilden, in dem die Strömung vergleichsweise schwach ist. Zudem müsste in einem Bereich erwärmtes Kühlfluid zur weiteren Kühlung in anderen Bereichen genutzt werden.

[0019] In einer Ausführungsform der Erfindung verlaufen die Kühlkanäle als nebeneinander liegende Bögen, wobei insbesondere drei nebeneinander liegende Bögen vorhanden sind. So ergibt sich eine Bogenstruktur. Nebeneinander liegende Bögen sind konstruktiv einfach zu bewerkstelligen und gestatten eine gute Durchströmung der gesamten Schaufel mit Kühlfluid. Da die Bögen getrennt verlaufen, bleibt auch bei Beschädigung eines Bogens die Kühlung einigermaßen erhalten, zumindest im Bereich des oder der nicht beschädigten Bögen. Bei den üblichen Turbinenschaufeln haben sich drei Bögen als eine geeignete Zahl erwiesen.

[0020] In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Kühlfluideinlässe am Fuß der Turbinenschaufel in einem Bereich nahe der Eintrittskante angebracht und die Kühlfliuidaushlässe am Fuß der Turbinenschaufel in einem Bereich nahe der Austrittskante. Üblicherweise werden Laufschaufeln mit dem Schaufelfuß an einem Rotor befestigt. Damit ist es möglich die Kühlfluideinlässe sowie die Kühlfliuidaushlässe dort problemlos anzubringen, wie dies auch bei den im Stand der Technik bekannten Anordnungen üblich ist. Werden dabei die Kühlfluideinlässe nahe der Eintrittskante und die Kühlfliuidaushlässe nahe der Austrittskante angeordnet, so ergibt sich eine Strömung, die an der thermisch stark beanspruchten Eintrittskante beginnt. Da an der Eintrittskante das die Turbinenschaufel antreibende Gasgemisch am heißesten ist, ist die thermische Belastung der Turbinenschaufel dort am höchsten.

[0021] Freilich muss man sich klar machen, dass etwa bei der oben beschriebenen Bogenstruktur nur ein Bogen entlang der Eintrittskante und nur ein Bogen entlang der Austrittskante verläuft. Bei den weiter weg verlaufenden Bögen ist demgemäß zu erörtern, ob der Kühlfluideinlass nahe der Eintrittskante und der Kühlfliuidaushlass nahe der Austrittskante liegt. Gesagt werden kann aber zumeist, dass der Kühlfluideinlass näher an der Eintrittskante als an der Austrittskante liegt. Ebenso liegen in diesem Fall die Kühlfliuidaushlässe näher an der Austrittskante als an der Eintrittskante. Eine Ausführungsform der Erfindung sieht dies entsprechend vor.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind im Bereich der Austrittskante Kühlfliuidaushlässe vorhanden, durch die Kühlfluid vom Bereich innerhalb der Turbinenschaufel in einen Bereich außerhalb der Turbinenschaufel gelangen kann. Damit kann im Bereich der Austrittskante auf einer Außenwand eine weitere Kühlung erreicht werden. Das ausgetretene Kühlfluid kann gegebenenfalls zum Antrieb einer weiteren Turbinenstufe genutzt werden.

[0023] Anhand der Figur 1, die schematisch eine Anordnung von Kühlkanälen zeigt, soll die Erfindung nachfolgend anschaulicher dargestellt werden. Zu erkennen ist eine Anordnung 1 von Kühlkanälen in einer Turbinenschaufel. Wenngleich in der gewählten Ansicht aus Gründen der Übersichtlichkeit im Wesentlichen nur die Kühlkanäle zu erkennen sind, soll dennoch zunächst die Geometrie der Turbinenschaufel dargestellt werden, um

den Verlauf der Kühlkanäle besser erläutern zu können.

[0024] Unten liegt ein Schaufelfuß 2, mit dem die Turbinenschaufel an einem nicht dargestellten Rotor befestigt ist. Links ist eine Eintrittskante 3 zu erkennen. Die Eintrittskante 3 ist der Bereich, auf den ein die Turbinenschaufel antreibendes Gasgemisch zunächst auftrifft. Oben ist eine Schaufelblattspitze 4 zu erkennen. Rechts ist eine Austrittskante 5 angeordnet. Die Turbinenschaufel ist nicht eben, sondern gekrümmt. Dabei können die Eintrittskante 3 und die Austrittskante 5 gerade sein, aber auch gekrümmt verlaufen. Der Schaufelfuß 2 und die Schaufelblattspitze 4 hingegen verlaufen wie auch der übrige Schaufelbereich in jedem Fall gekrümmt. Die Krümmung ist einer aerodynamischen Form der Turbinenschaufel geschuldet.

[0025] Die Turbinenschaufel weist eine nicht dargestellte vordere Wand auf, die von der Eintrittskante 3 zur Austrittskante 5 verläuft und eine im Abstand davon verlaufende hintere Wand, welche wieder von der Austrittskante 5 zur Eintrittskante 3 führt. Im Allgemeinen ist der Abstand zwischen vorderer Wand und hinterer Wand im Bereich der Eintrittskante 3 und der Austrittskante 5 sehr niedrig und nimmt zur Schaufelmitte hin zu.

[0026] Nun zur Anordnung der Kühlkanäle. Ein erster Kühlkanal 6 beginnt am Schaufelfuß 2 und verläuft direkt entlang der Eintrittskante 3. Angekommen an der Schaufelblattspitze 4 führt der Kühlkanal 6 weiter entlang der Schaufelblattspitze 4 bis zur Austrittskante 5. Von dort verläuft der Kühlkanal 6 entlang der Austrittskante 5 zurück zum Schaufelfuß 2. Auf dem Weg dorthin befinden sich Kühlfliuidaushlässe 7a bis 7g. Am Schaufelfuß 2 mündet der Kühlkanal 6 in einen Kühlfliuidaushlass 8.

[0027] Ein zweiter Kühlkanal 9 beginnt ebenfalls am Schaufelfuß 2 und verläuft neben dem ersten Kühlkanal 6 auf der der Eintrittskante 3 abgewandten Seite des Kühlkanals 6. Wiederum nach Art eines Bogens folgt der zweite Kühlkanal 9 dem ersten Kühlkanal 6 und verläuft parallel zur Schaufelblattspitze 4 auf der der Schaufelblattspitze 4 abgewandten Seite des ersten Kühlkanals 6. Schließlich verläuft der zweite Kühlkanal 9 auf der der Austrittskante 5 abgewandten Seite des ersten Kühlkanals 6 zum Schaufelfuß 2 und mündet dort in einen Kühlfliuidaushlass 10.

[0028] Ein dritter Kühlkanal 11 beginnt wiederum am Schaufelfuß 2 und verläuft nach Art eines Bogens entlang dem zweiten Kühlkanal 9 jeweils auf der dem ersten Kühlkanal 6 abgewandten Seite und mündet am Schaufelfuß 2 in einen Kühlfliuidaushlass 12.

[0029] Die Richtung der Strömung im Normalbetrieb, also bei Kühlung ohne dass ein Leck besteht, ist durch Pfeile dargestellt. Es wird deutlich, dass ein Leck an einem der Kühlkanäle in aller Regel nur zu einer Einschränkung der Kühlung, nicht aber zum Ausfall der Kühlung führt.

[0030] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variatio-

nen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Anordnung (1) von mehreren Kühlkanälen (6, 9, 11) zur Förderung von Kühlfluid innerhalb einer Turbinenschaufel, welche einen Schaufelfuß (2), eine Schaufelblattspitze (4), eine Eintrittskante (3) und eine Austrittskante (5) aufweist, wobei die Kühlkanäle (6, 9, 11) jeweils einen Kühlfluideinlass aufweisen und durch die Turbinenschaufel zu einem oder mehreren Kühlfluidauslässen (7a-g, 8, 10, 12) führen, wobei die Kühlkanäle (6, 9, 11) so voneinander getrennt verlaufen, dass bei einer Beschädigung der Turbinenschaufel im Bereich eines Kühlkanals (6, 9, 11) die Kühlung durch die anderen Kühlkanäle (6, 9, 11) weitgehend uneinträchtigt bleibt. 50

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlkanäle (6, 9, 11) so voneinander getrennt sind, dass keine, zumindest keine unmittelbare, Verbindung für Kühlfluid von einem Kühlkanal (6, 9, 11) in einen anderen Kühlkanal (6, 9, 11) besteht. 25

3. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlkanäle (6, 9, 11) von einer Innenwand der Turbinenschaufel durch ein Lochblech oder eine Vorrichtung nach Art eines Lochblechs getrennt sind, so dass das Kühlfluid weitgehend senkrecht auf die Innenwand der Turbinenschaufel gelangen kann. 35

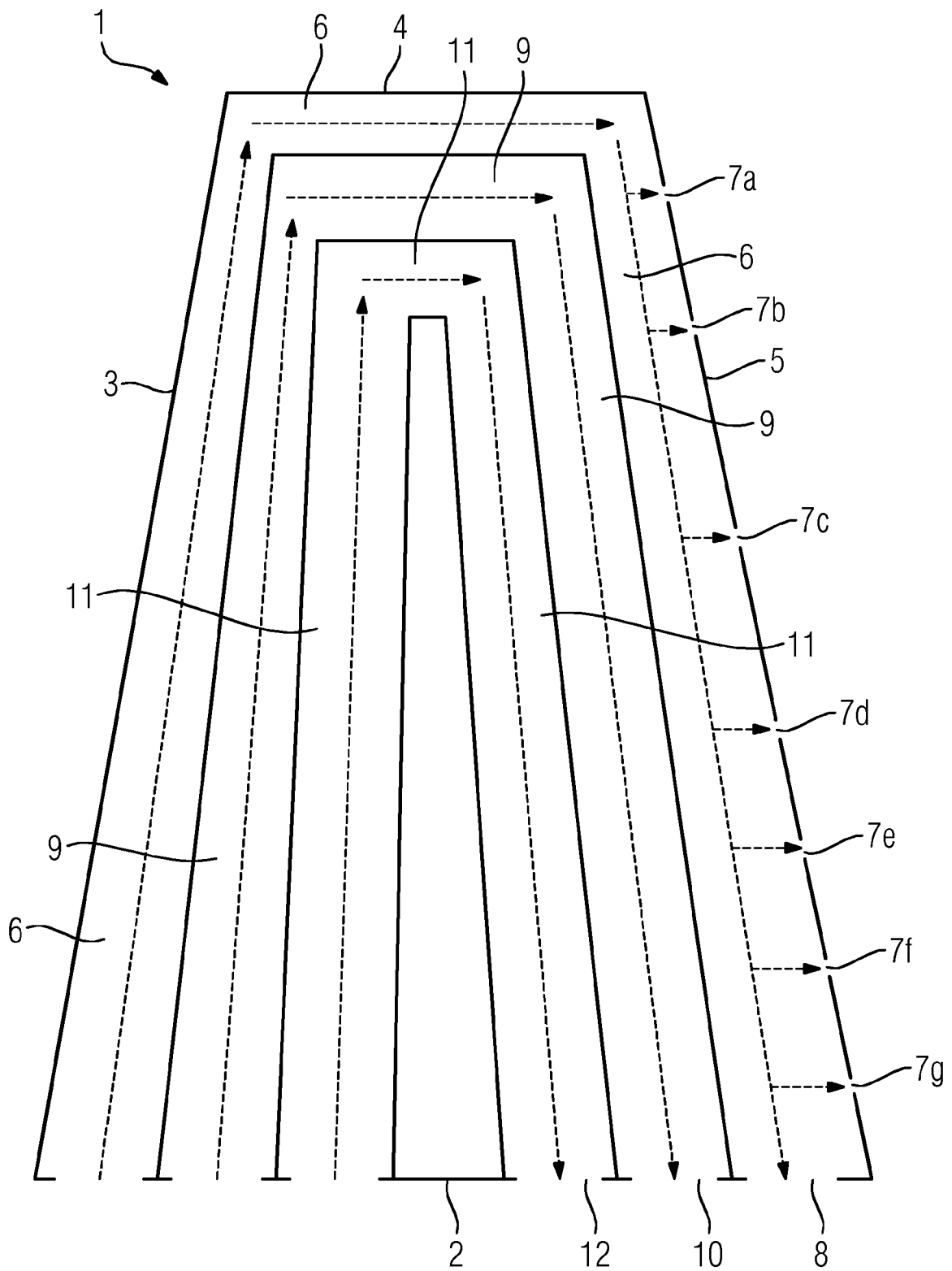
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlkanäle (6, 9, 11) als nebeneinanderliegende Bögen verlaufen, wobei insbesondere drei Bögen vorhanden sind. 40

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlfluideinlässe am Schaufelfuß (2) in einem Bereich nahe der Eintrittskante (3) angebracht sind und die Kühlfluidauslässe (8, 10, 12) am Schaufelfuß (2) in einem Bereich nahe der Austrittskante (5). 50

6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlfluideinlässe näher an der Eintrittskante (3) als an der Austrittskante (5) und die Kühlfluidauslässe (8, 10, 12) näher an der Austrittskante (5) als an

der Eintrittskante (3) angebracht sind.

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der Austrittskante (5) Kühlfluidauslässe (7a-g) vorhanden sind, durch die Kühlfluid vom Bereich innerhalb der Turbinenschaufel in einen Bereich außerhalb der Turbinenschaufel gelangen kann.





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 18 9517

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 197 13 268 A1 (ASEA BROWN BOVERI [CH] ALSTOM [FR]) 1. Oktober 1998 (1998-10-01)	1,2,4-6	INV. F01D5/18
Y	* Seite 2, Zeile 3 - Zeile 57; Ansprüche 1-3, 5-7; Abbildungen 1-4 *	3,7	

X	EP 0 939 196 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 1. September 1999 (1999-09-01)	1,2,4	
Y	* Seite 11, Spalte 20, Absatz 69 - Seite 12, Spalte 21, Absatz 76; Abbildung 11 *	3,7	

X	EP 2 543 821 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 9. Januar 2013 (2013-01-09)	1,2	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D

X	US 2009/297361 A1 (DAHMER MATTHEW T [US] ET AL) 3. Dezember 2009 (2009-12-03)	1,2	

Y	US 5 328 331 A (BUNKER RONALD S [US] ET AL) 12. Juli 1994 (1994-07-12)	3,7	
* Spalte 4, Zeile 27 - Zeile 45; Abbildungen 1-3 *			

Y	EP 1 471 210 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27. Oktober 2004 (2004-10-27)	3,7	
* Seite 2, Spalte 1, Absatz 11 - Spalte 2, Absatz 13; Abbildungen 1-5 *			

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. März 2014	Prüfer Lutoschkin, Eugen
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 	
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		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 13 18 9517

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

19-03-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19713268 A1	01-10-1998	DE 19713268 A1	01-10-1998
		US 5993155 A	30-11-1999
EP 0939196 A2	01-09-1999	DE 69936243 T2	14-02-2008
		EP 0939196 A2	01-09-1999
		JP H11241602 A	07-09-1999
		US 6227804 B1	08-05-2001
EP 2543821 A1	09-01-2013	CN 102741506 A	17-10-2012
		EP 2543821 A1	09-01-2013
		JP 5200189 B2	15-05-2013
		KR 20120092183 A	20-08-2012
		US 2011217180 A1	08-09-2011
		WO 2011108164 A1	09-09-2011
		WO 2011108440 A1	09-09-2011
US 2009297361 A1	03-12-2009	KEINE	
US 5328331 A	12-07-1994	KEINE	
EP 1471210 A1	27-10-2004	KEINE	

EPO FORM P0461

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