(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 892 151 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.01.1999 Patentblatt 1999/03

(51) Int. Cl.[6]: **F01D 5/18**

(21) Anmeldenummer: **97810492.5**

(22) Anmeldetag: **15.07.1997**

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

(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Weigand, Bernhard, Dr.**
79761 Waldschut-Tiengen (DE)

(74) Vertreter: **Klein, Ernest et al**
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht(TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)

(54) Kühlsystem für den Vorderkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel

(57) Bei einem Kühlsystem für den Vorderkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel erstreckt sich ein Kanal (10) innerhalb der verdickten Schaufelvorderkante (5) vom Schaufelfuss (1) bis zur Schaufelspitze (2). Der Kanal (10) kommuniziert über eine Mehrzahl von in der Schaufelvorderkante angebrachten Bohrungen (9) mit einem von einem Kühlmittel längsdurchströmten Hauptkanal (3), ist über der Schaufelhöhe längsdurchströmt und mit variablem Querschnitt ausgebildet. Der Querschnitt des Kanals (10) nimmt in Strömungsrichtung des Kühlmittels vom Schaufelfuss bis zur Schaufelspitze stetig zu. Bei Schaufeln mit einer Deckplatte (11) geht der Kanal (10) an seinem oberen Ende in eine unterhalb der Deckplatte angebachte Kammer (12) über, welche in Wirkverbindung steht mit einer Druckquelle, deren Druck niedriger ist als der Druck im Hauptkanal

FIG.3

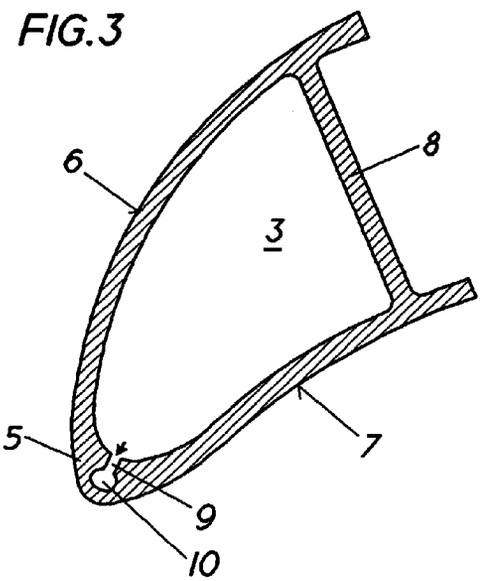


FIG.2

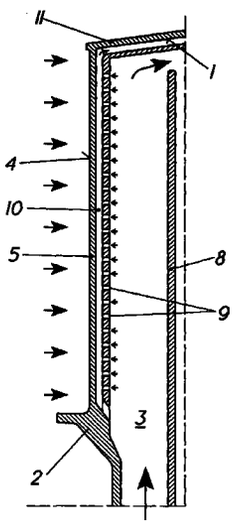
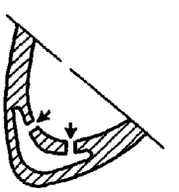


FIG.5



EP 0 892 151 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Kühlsystem für den Vorderkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel, bei welcher sich ein Kanal innerhalb der verdickten Schaufelvorderkante vom Schaufelfuss bis zur Schaufelspitze erstreckt, wobei der Kanal über eine Mehrzahl von in der Schaufelvorderkante angebrachten Bohrungen mit einem von einem Kühlmittel längsdurchströmten Hauptkanal kommuniziert.

Stand der Technik

Hohle, innengekühlte Turbinenschaufeln mit Flüssigkeit, Dampf oder Luft als Kühlmittel sind hinlänglich bekannt. Ein Problem stellt insbesondere die Kühlung des Vorderkantenbereiches von solchen Schaufeln dar.

Ein Kühlsystem der eingangs genannten Art ist bekannt aus der DE-A1 27 03 815. Die dortige Schaufel weist im Vorderkantenbereich einen Hauptkanal auf, der durch einen an den Innenwandungen der Schaufel abgestützen Einsatz gebildet wird. Der Vorderkantenabschnitt ist verdickt ausgeführt und umschliesst einen Hohlraum. Der verdickte Abschnitt ist sowohl mit dem Schaufelfuss als auch mit der Schaufeldeckplatte verbunden und dient insbesondere der Torsionsversteifung. Der Hohlraum wird in seiner Höhe über mehrere Bohrungen mit Kühlmittel angespeist aus dem längsdurchströmten Hauptkanal. Dabei werden die Innenseiten der Vorderkante im Bereich des Hohlraumes prallgekühlt. Der Hohlraum ist an der eigentlichen Vorderkante mit Durchgangslöchern zur Aussenwand versehen. Das über die Durchgangslöcher in den Turbinenkanal austretende Kühlmittel bewirkt damit eine Filmkühlung des Vorderkantenbereiches. Die Bohrungen vom Hauptkanal zum Hohlraum sind so bemessen, dass in ihnen der für die anschliessende Filmkühlung erforderliche Druckabfall verursacht wird.

Darstellung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kühlsystem der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welchem die Vorderkante mit reiner Konvektionskühlung ohne zusätzliche Filmkühlung beaufschlagt wird.

Erfindungsgemäss wird dies mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 erreicht.

Dadurch, dass der Kanal über der Schaufelhöhe längsdurchströmt ist und mit variablem Querschnitt ausgebildet ist, hat man ein Mittel in der Hand, über die Wahl des Querschnittes und die Anzahl und Dimensionierung der Bohrungen den Wärmeübergangskoefiizienten an der Vorderkante in gewünschter Weise zu beeinflussen.

Im Falle von Schaufeln, die mit einer Deckplatte versehen sind, ist es zweckmässig, wenn der Kanal an seinem oberen Ende in eine unterhalb der Deckplatte angebachte Kammer übergeht, welche in Wirkverbindung steht mit einer Druckquelle, deren Druck niedriger ist als der Druck im Hauptkanal.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer innengekühlten Gasturbinenschaufel vereinfacht dargestellt. Darin zeigen:

- Fig. 1 eine Schaufel im Querschnitt;
- Fig. 2 einen Längsschnitt durch den Vorderkantenbereich;
- Fig. 3 den Vorderkantenbereich der Schaufel nach Fig. 1 am Schaufelfuss;
- Fig. 4 die Vorderkante in mittlerer Schaufelhöhe;
- Fig. 5 die Vorderkante an der Schaufelspitze.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Die Strömungsrichtung der beteiligten Medien ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Die in Fig. 1 dargestellte, gegossene Schaufel weist drei Innenkammern a, b, und c auf, die von einem Kühlmittel, beispielsweise Luft, senkrecht zur Zeichnungsebene durchströmt sind. Dabei werden die Innenseiten der die Schaufelkontur bildenden Wand W - die aussen beidseitig von heissen Gasen umströmt ist - vom Kühlmittel umströmt und geben ihre Wärme an das Kühlmittel ab. In der Regel sind zumindest in den zwei vorderen Kammern a, b zahlreiche hier nicht gezeigte Hilfsmittel wie Leitrippen, Strömungskanäle, Einsätze für Prallkühlung und dergleichen zur Verbesserung der Wandkühlung vorgesehen sein können. Im Beispielsfall einer mit einer Deckplatte 11 versehenen Laufschaufel zirkuliert das Kühlmittel in mehreren Zügen durch die Innenkammern a, b, und c und kann z.B. über die nicht gezeigte Schaufelhinterkante in den Turbinenkanal abgeführt werden.

In der Vorderkammer a gibt es den Problembereich der eigentlichen Vorderkante, die von den heissen Gasen direkt angeströmt wird und deshalb einer besonders sorgfältigen Kühlung bedarf.

Die Fig. 2 bis 5 zeigen das Kühlsystem für den Vorderkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel. Vom Schaufelfuss 1 bis zur Schaufelspitze 2 erstreckt sich ein längsdurchströmter Hauptkanal 3, welcher der Kammer a in Fig. 1 entspricht. Im Bereich des Schaufelblattes 4 ist dieser Kanal von den Innenwandungen der Vorderkante, der Saugseite 6 und der Druckseite 7 sowie von einem die Druckseite mit der Saugseite verbindenden Steg 8 begrenzt.

Ein Kanal 10 erstreckt sich innerhalb der verdickten Schaufelvorderkante 5 vom Schaufelfuss bis zur

Schaufelspitze. Es versteht sich, dass dieser Kanal je nach Erfordernissen nicht bis hin zum Schaufelfuss reichen muss. Sein unteres Ende könnte sich auch etwas weiter radial aussen befinden und z.B. erst unterhalb mittlerer Blatthöhe einsetzen, dort wo in der Regel die stärkste Wärmebelastung der Schaufel auftritt.

An der Schaufelspitze geht der Kanal 10 über in eine unterhalb der Deckplatte 11 verlaufenden Kammer 12. Diese Kammer reicht bis hin zur nicht dargestellten Schaufel-Hinterkante, die zumindest im Kammerbereich gegen den durchströmten Gasturbinenkanal hin offen ist. Der an der Schaufelhinterkante herrschende Druck, der auf jeden Fall kleiner ist als der im längsdurchströmten Hauptkanal 3 herrschende Druck, ist demnach im Kanal 10 wirksam. Diese Druckdifferenz führt dazu, dass das sich im Kanal 10 befindende Medium gegen die Hinterkante abströmt.

Es versteht sich, dass für diese treibende Druckdifferenz nicht unbedingt der Hinterkantendruck an den Kanal 10 angelegt werden muss. So könnte die Kammer 12 auch in Wirkverbindung stehen mit einer Wirbelkammer, wie sie in der Regel in den Labyrinthen oberhalb der Deckplatte zwischen zwei Deckplattenzakken oder Dichtstreifen vorgesehen sind.

Der Kanal 10 kommuniziert über eine Mehrzahl von im Innenbereich der Schaufelvorderkante angebrachten Bohrungen 9 mit dem vom Kühlmittel längsdurchströmten Hauptkanal 3. Die treibende Druckdifferenz sorgt dafür, dass ein Teil des an der Vorderkante im Hauptkanal 3 entlang strömenden Mediums nunmehr über diese Bohrungen 9 in den Kanal 10 eintrömt und dort als Prallstrahl auf die Kanal-Innenwandung auftrifft. In zunehmender Radialerstreckung gelangt also immer mehr Kühlluft in den Kanal 10. Um einigermassen gleichmässige Metalltemperaturen über der Höhe des Schaufelblattes zu erreichen, wird nunmehr eine Massnahme getroffen, die eine zumindest annähernd gleichmässige Geschwindigkeit des abströmenden Kühlmittels in Längsrichtung des Kanals 10 erlaubt. Hierzu wird der Kanal in radialer Richtung erweitert.

Wie aus den Fig. 3, 4 und 5 erkennbar ist, wird der durchströmte Querschnitt vom Schaufelfuss bis zur Schaufelspitze zunehmend grösser und zwar in Abhängigkeit von den jeweils neu hinzukommenden Prallstrahlen. Je nach gewählter Teilung, Anzahl sowie Dimensionierung der Bohrungen 9 kann die Querschnittszunahme somit entweder stetig oder unstetig sein. Massgebend für die Art der Querschnittszunahme ist die Vorgabe, dass in jedem Fall das Verhältnis Geschwindigkeit des jeweiligen Prallstrahles zur Geschwindigkeit der Längsströmung im Kanal 10 gross sein soll. Damit wird verhindert, dass die abströmende Luft die Wirkung der Prallstrahlen beeinträchtigt.

Wie aus Fig. 5 erkennbar, können im Spitzenbereich in einer gleichen Radialebene mehrere Bohrungen 9 nebeneinander vorgesehen sein, um die Prallwirkung über einen breiteren Bereich der Vorderkante auszuüben.

Versuche haben ergeben, dass mit der neuen Lösung der Wärmeübergangs-Koeffizient bis zu 10x höher sein kann als in einem glatten ebenen Referenzkanal. Gegenüber dem Dreieckskanal a ohne die neue Massnahme wird der Wärmeübergangs-Koeffizient demnach noch höher sein. Dieser Umstand kann in gewissen Fällen einen Verzicht auf die bekannte Filmkühlung in der Vorderkante mit entsprechendem Fluidverlust zur Folge haben.

Dieser erhöhte Wärmeübergangs-Koeffizient gilt für die eigentliche Nase, die konvektiv durch Längs-und Prallströmung gekühlt ist. Ein erhöhter Wärmeübergangs-Koeffizient wird jedoch auch im rückwärtigen Bereich der Vorderkante dadurch erzielt, dass das Abströmen aus dem Kanal 3 in die Bohrungen 9 die Strömungsintensität in diesem Bereich erhöht. Gegenüber dem glatten Dreieckskanal a ohne die neue Massnahme strömt erheblich mehr Kühlmittel an der mit den Bohrungen versehenen Kanalwand entlang mit entsprechend effektiverer Kühlung.

Bei einer allfälligen Beschädigung der Vorderkante durch auftreffende Fremdkörper wird die Funktionsweise des Hauptkanals 3 nicht beeinträchtigt. In diesem Fall könnten die beschädigten Teile über die angrenzenden Bohrungen 9 filmgekühlt werden.

Oberhalb der Kammer 12, deren Form z.B. der Schaufelprofilform entspricht, kann die Innenwandung der Deckplatte vertippt sein. Mit dieser Massnahme könnte die abströmende Luft auch noch zur Kühlung der Deckplatte beitragen.

Bezugszeichenliste

a, b, c	Innenkammern der Schaufel
W	Schaufelwand
1	Schaufelfuss
2	Schaufelspitze
3	längsdurchströmter Kanal
4	Schaufelblatt
5	Vorderkante
6	Saugseite
7	Druckseite
8	Steg
9	Bohrung
10	Kanal
11	Deckplatte
12	Kammer

Patentansprüche

1. Kühlsystem für den Vorderkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel, bei welcher sich ein Kanal (10) innerhalb der verdickten Schaufelvorderkante (5) vom Schaufelfuss (1) bis zur Schaufelspitze (2) erstreckt, wobei der Kanal (10) über eine Mehrzahl von in der Schaufelvorderkante angebrachten Bohrungen (9) mit einem von einem Kühlmittel längsdurchströmten Hauptkanal (3)

kommuniziert, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (10) über der Schaufelhöhe längsdurchströmt ist und mit variablem Querschnitt ausgebildet ist.

2. Kühlsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt des Kanals (10) in Strömungsrichtung des Kühlmittels vom Schaufelfuss bis zur Schaufelspitze stetig zunimmt.

3. Kühlsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptkanal (3) unmittelbar von den Innenwandungen der Vorderkante (5), der Saugseite (6) und der Druckseite (7) sowie von einem die Druckseite mit der Saugseite verbindenden Steg (8) begrenzt ist.

4. Kühlsystem nach Anspruch 1, bei welchem die Schaufeln mit einer Deckplatte (11) versehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (10) an seinem oberen Ende in eine unterhalb der Deckplatte angebachte Kammer (12) übergeht, welche in Wirkverbindung steht mit einer Druckquelle, deren Druck niedriger ist als der Druck im Hauptkanal

5. Kühlsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatte (11) an ihrer der Kammer (12) zugekehrten Seite verrippt ist.

FIG.1

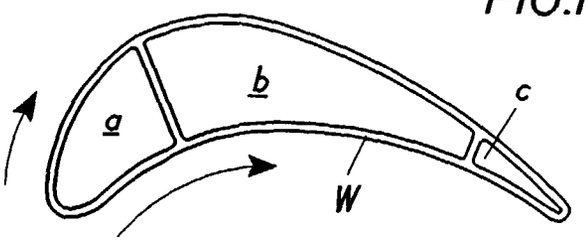


FIG.2

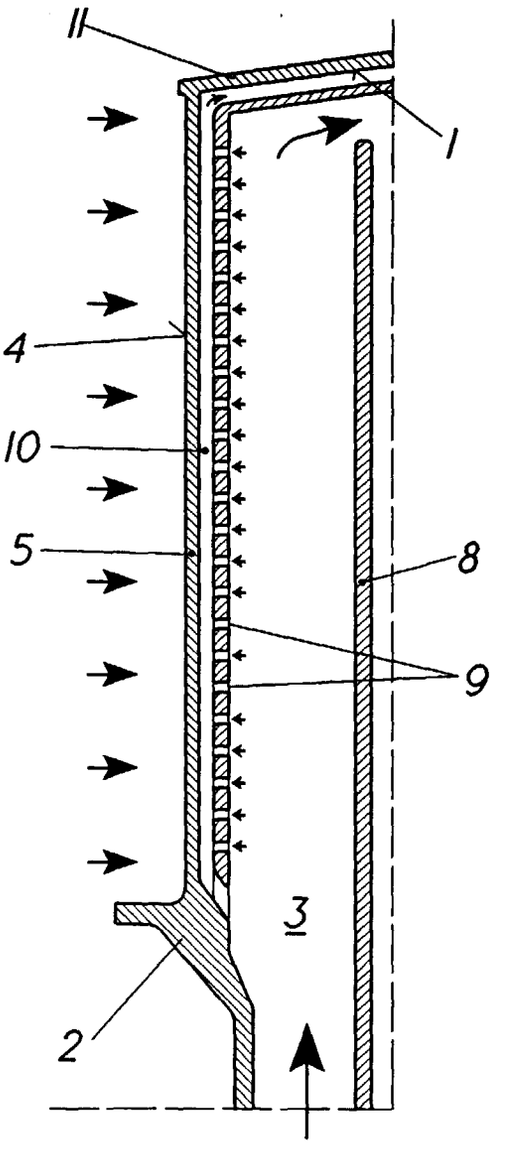


FIG.3

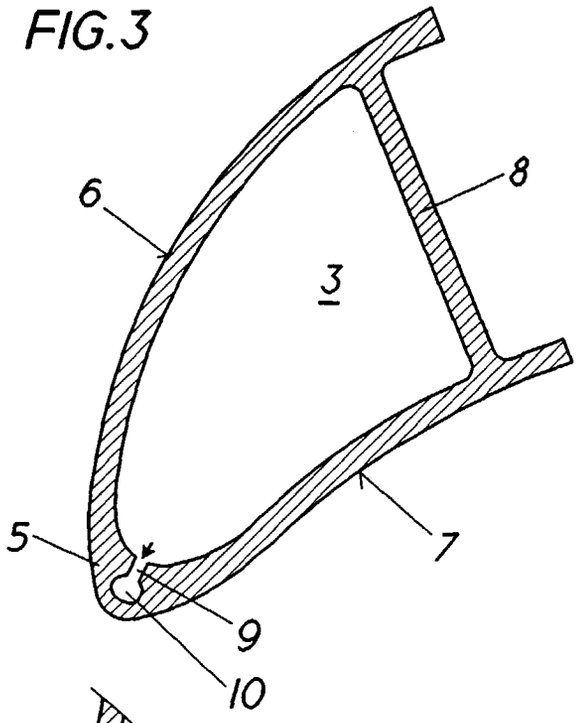


FIG.4

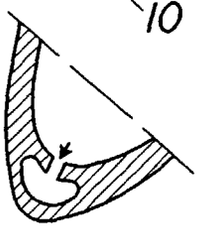
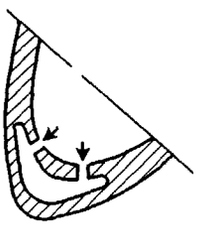


FIG.5



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0492

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	WO 86 02406 A (PAUL MARIUS A) * Abbildungen 11,12 * ---	1	F01D5/18
A	US 5 122 033 A (PAUL MARIUS A) * Zusammenfassung * ---	1	
A	US 4 820 123 A (HALL KENNETH B) * Zusammenfassung * -----	1	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)

F01D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	5.November 1997	Argentini, A

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 : nichtschriftliche 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

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)