

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 899 425 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.12.2003 Patentblatt 2003/49

(51) Int Cl.7: **F01D 5/18, F02C 7/16**

(21) Anmeldenummer: **98810770.2**

(22) Anmeldetag: **11.08.1998**

(54) **Turbinenschaufel einer Gasturbine**

Gas turbine blade

Aube pour une turbine à gaz

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **01.09.1997 DE 19738065**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.1999 Patentblatt 1999/09

(73) Patentinhaber: **ALSTOM (Switzerland) Ltd**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Endres, Wilhelm, Dr.**
5453 Remetschwil (CH)

• **Wettstein, Hans, Dr.**
5442 Fislisbach (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-98/45577 GB-A- 2 202 907
US-A- 3 051 439 US-A- 5 253 976
US-A- 5 603 606 US-A- 5 634 766

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no.**
08, 30. Juni 1998 (1998-06-30) -& JP 10 073004 A
(TOSHIBA CORP), 17. März 1998 (1998-03-17)

EP 0 899 425 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel einer Gasturbine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Die Leistungssteigerung und die Verbesserung des Wirkungsgrades der heutigen Gasturbinenanlagen werden nicht zuletzt durch eine Erhöhung der Temperaturen erzielt. Da die Temperaturfestigkeit des Materials der Gasturbine jedoch begrenzt ist, müssen die den höchsten Temperaturen ausgesetzten Bauteile gekühlt werden. Dies betrifft insbesondere auch die Leit- und Laufschaufeln der Gasturbine.

[0003] Dazu sind die Turbinenschaufeln in ihrem Inneren zumindest teilweise hohl ausgebildet und weisen einen oder mehrere Kühlkanäle auf. Letztere werden von einem Kühlfluid durchflossen, wobei die Kühlwirkung durch konvektiven Wärmeübergang im Inneren des Schaufelkörpers entsteht. Eine zusätzliche Filmkühlung ist möglich, indem Teile des Kühlfluids durch Öffnungen im Schaufelkörper auf die Aussenseite der Turbinenschaufel geleitet werden. Dort bildet sich ein Kühlfluidfilm, welcher die Aussenseite der Turbinenschaufel vom heissen Arbeitsmedium der Turbine abschirmt (s. DE 36 42 789 C2). Als Kühlfluid sind aus dem Verdichter der Gasturbinenanlage oder aus einer externen Quelle stammende und unter Überdruck stehende Luft oder auch entsprechend aufbereiteter Wasserdampf bekannt.

[0004] Technisch unterschiedlich sind Dampfkühlsysteme, die den aus einem Dampfkreislauf stammenden Dampf zunächst in einem geschlossenen Kühlkreislauf halten. Der durch den konvektiven Kühlprozess erwärmte Dampf wird erneut dem Dampfkreislauf zugeführt (s. EP 06 98 723 A2). Es sind auch offene Dampfkühlsysteme bekannt, bei denen der erhitzte Dampf über Öffnungen im Schaufelkörper auf die Aussenseite der Turbinenschaufel geleitet wird. Zudem gibt es sogenannte hybride Dampfkühlsysteme mit einem geschlossenen Hauptteil und einem im Bereich der Schaufelhinterkante offenen Kühlsystem, wobei letzteres mit Dampf oder mit Luft betrieben wird.

[0005] Geschlossene Dampfkühlsysteme besitzen gegenüber offenen und auch gegenüber den genannten hybriden Dampfkühlsystemen prozessuale Vorteile. Das Einsatzspektrum solcher Systeme steigt heute insbesondere wegen ihres höheren Wirkungsgrades. Jedoch kann ein geschlossenes Dampfkühlsystem durch Eindringen von Fremdkörpern in den der Schaufeleintrittskante benachbarten Kühlkanal stark geschädigt werden. Je nach Anzahl und Grösse der sich beim Aufschlagen der Fremdkörper in der Schaufeleintrittskante bildenden Löcher, kann so viel Kühleampf entweichen,

dass stromab der Einschlagstelle keine ausreichende Schaufelkühlung mehr stattfindet. Dadurch wird das Material überhitzt, weshalb gravierende Folgeschäden auftreten können.

[0006] Die Schrift US-A-5,634,766 offenbart eine Leit-schaufel einer Turbine mit einem geschlossenem Dampfkühlsystem. Der Dampf wird dabei durch Prallplatten und interne Einsätze geleitet. Zusätzlich ist ein offenes Kühlsystem, welche mit Luft arbeitet, an der Hinterkante vorhanden.

[0007] Die Schrift US-A-5,603,606 offenbart eine Turbinenschaufel mit einem internen Kühlsystem, welches sich in der Vorderkante der Turbinenschaufel befindet. Kühlluft wird von einem ersten Kanal tangential in einen annähernd kreisförmigen zweiten Kanal geleitet und dort verwirbelt. Danach wird die Luft durch Filmkühlungslöchern in die die Turbinenschaufel umgebenden Heissgase eingeblasen.

[0008] Die Schrift WO 98/45577 offenbart eine Turbinenschaufel mit einer Aussenwand, wobei zumindest eine an die Aussenwand wärmetechnisch gekoppelte Kühlkammer mit einem Einlass und einem Auslass für ein Kühlfluid vorgesehen ist. Die Kühlfluidzufuhr und die Kühlfluidabführung sind strömungstechnisch mit der Kühlkammer verbunden.

Darstellung der Erfindung

[0009] Die Erfindung versucht, alle diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, Turbinenschaufeln mit erhöhter Funktionssicherheit zu schaffen.

[0010] Erfindungsgemäss wird dies bei einer Vorrichtung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch erreicht, dass

- sowohl Einlass- als auch Auslasskanäle des Dampfkühlsystems sich vom Schaufelfuss zur Schaufelspitze erstrecken und an der Schaufelspitze miteinander verbunden sind,
- wobei innerhalb des Einlasskühlkanals und/oder des Auslasskühlkanals Rippenwände mit Verbindungsöffnungen angeordnet sind und
- das offene Kühlsystem im Bereich der Schaufeleintrittskante mit zumindest einem Kühlkanal und mehreren den Schaufelkörper durchdringenden Filmkühlöchern ausgebildet ist.

[0011] Infolge der Trennung der Schaufelkühlung in zwei getrennte Kühlsysteme, ist bei Fremdkörpereinschlägen der üblichen Grösse nur das der Schaufeleintrittskante benachbarte, offene Kühlsystem betroffen. Die mittels Dampf konvektiv erfolgende Kühlung des Hauptteils des Schaufelkörpers bleibt jedoch gesichert. Im Bereich der Schaufeleintrittskante wird der Schaufelkörper über das offene Kühlsystem ebenfalls konvektiv und zusätzlich filmgekühlt.

[0012] Besonders vorteilhaft besteht das offene Kühlsystem aus zwei parallel zueinander angeordneten so-

wie über mehrere Zuführöffnungen miteinander verbundenen Kühlkanälen. Bei dieser Ausbildung kann die Kühlung auch stromab einer Leckagestelle des ersten Kühlkanals durch Zufuhr des Kühlmedium aus dem zweiten Kühlkanal aufrechterhalten werden.

[0013] In einer ersten Ausgestaltungsform der Erfindung ist der der Schaufeleintrittskante benachbarte Kühlkanal zumindest annähernd mit kreisförmig ein Querschnitt ausgebildet. Die Filmkühlöffnungen sind tangential von diesem ersten Kühlkanal ausgehend angeordnet, während die Zuführöffnungen tangential vom zweiten Kühlkanal ausgehen und ebenfalls tangential in den ersten Kühlkanal münden. Dadurch wird dem Kühlmedium im ersten Kühlkanal eine rotierende Bewegung aufgeprägt. Dieser Wirbel des Kühlmediums sorgt sowohl für eine verbesserte konvektive Kühlung im Innenraum als auch für eine effektive Filmkühlung des Schaufelkörpers.

[0014] Es ist besonders zweckmässig, wenn die Filmkühlöffnungen zur saugseitigen Wand und zumindest annähernd in Strömungsrichtung des Arbeitsfluids der Gasturbine ausgerichtet sind. Dem mit hoher Geschwindigkeit aus den Filmkühlöffnungen austretenden Kühlmedium wird somit die gewünschte Strömungsrichtung bereits vorgegeben. Auf diese Weise kann eine bessere Wirkung des sich auf der saugseitigen Wand der Turbinenschaufel ausbreitenden Kühlfilmes und somit eine verbesserte Filmkühlung erreicht werden.

[0015] Entsprechend der Erfindung besteht das geschlossene Dampfkühlsystem ebenfalls aus zumindest zwei parallel zueinander angeordneten Kühlkanälen, welche über Verbindungsöffnungen miteinander verbunden sind. Nach Einschlägen von Fremdkörpern strömt das Kühlmedium durch die Verbindungsöffnungen zu den entsprechenden Einschlagstellen, so dass sich die kühlseitig stromab liegende Kühlstrecken wieder mit Kühlmedium füllen können. Auf diese Weise kann die Funktionssicherheit der Turbinenschaufeln weiter erhöht werden.

[0016] Schliesslich wird je nach Verfügbarkeit im offenen Kühlsystem Luft oder, wie im geschlossenen Kühlsystem, Dampf als Kühlmedium eingesetzt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0017] In der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele anhand der Laufschaufel einer Gasturbine dargestellt.

[0018] Es zeigen:

- Fig. 1 einen Teillängsschnitt einer Laufschaufel mit einem geschlossenen und einem offenen Kühlsystem nach dem Stand der Technik;
 Fig. 2 einen Querschnitt durch Fig. 1 in der Ebene II-II (vergrössert);
 Fig. 3 einen Teillängsschnitt einer Laufschaufel mit einem geschlossenen und einem offenen Kühlsystem gemäss der vorliegenden Erfin-

dung;

Fig. 4 einen Querschnitt durch Fig. 3 in der Ebene IV-IV (vergrössert).

- 5 **[0019]** Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind von der Gasturbinenanlage beispielsweise der Verdichter, die Brennkammer und die Leitschaufeln der Gasturbine. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

- 15 **[0020]** Die nicht dargestellte Gasturbine besitzt mehrere Reihen von Lauf- und Leitschaufeln. In Figur 1 ist eine der Laufschaufeln 1 nach dem Stand der Technik dargestellt. Sie besteht aus einem Schaufelfuss 2 und einem Schaufelkörper 3. Der Schaufelkörper 3 der Laufschaufel 1 weist eine saugseitige Wand 4, eine dieser gegenüberliegende, druckseitige Wand 5, eine Schaufeleintrittskante 6 und eine Schaufelaustrittskante 7 auf. Er besitzt einen hohlen Innenraum 8, welcher im Bereich der saugseitigen Wand 4, der druckseitigen Wand 5 und der Schaufelaustrittskante 7 ein geschlossenes Dampfkühlsystem 9, mit einem Kühlkanal 10 aufnimmt (Fig. 2). Dagegen ist im Bereich der Schaufeleintrittskante 6 ein offenes Kühlsystem 11 mit zwei parallel zueinander angeordneten Kühlkanälen 14, 15 ausgebildet. Zwischen dem geschlossenen Dampfkühlsystem 9 und dem offenen Kühlsystem 11 ist eine Trennwand 16 angeordnet.

- 25 **[0021]** Der erste Kühlkanal 14 des offenen Kühlsystems 11 ist der Schaufeleintrittskante 6 benachbart, kreisförmig ausgebildet und mit dem zweiten Kühlkanal 15 über mehrere in einer Zwischenwand 17 angeordnete Zuführöffnungen 18 verbunden. Natürlich kann der erste Kühlkanal 14 auch andere geeignete Formen, wie beispielsweise eine annähernd kreisförmige, eine ellipsen- oder eine kartoffelförmige Ausbildung aufweisen (nicht dargestellt). Die Zwischenwand 17 ist im Bereich des Schaufelfusses 2 über ein Verbindungsstück 19 mit der saugseitigen Wand 4 verbunden, wobei im Verbindungsstück 19 mehrere Kühlöffnungen 20 zur lokalen Kühlung der saugseitigen Wand 4 angeordnet sind.

- 35 **[0022]** Die in der Zwischenwand 17 angeordneten Zuführöffnungen 18 schliessen tangential an die beiden Kühlkanäle 14, 15 an. Ausgehend vom ersten Kühlkanal 14 ist im Schaufelkörper 3, diesen durchdringend, eine Filmlochreihe 21 mit jeweils mehreren tangentialen, zur saugseitigen Wand 4 sowie annähernd in Strömungsrichtung 12 des Arbeitsfluids 13 der Gasturbine ausgerichteten Filmkühlöffnungen 22 ausgebildet. Im Schaufelkörper 3 können auch mehrere Filmlochreihen 21 angeordnet sein, was in Figur 3 durch eine zweite, gestrichelt dargestellte Filmlochreihe 21 angedeutet ist.

- 45 **[0023]** Beim Betrieb der Gasturbinenanlage wird das aus der Brennkammer stammende heisse Arbeitsfluid 13 in die Gasturbine eingeleitet und dort über die Lauf-

schaufeln 1 entspannt. Dabei können feste Partikel in die Gasturbine eindringen und mit deren Bauteilen kollidieren. Weil das offene Kühlsystem 11 im Bereich der Schaufeleintrittskante 6 und damit in Strömungsrichtung 12 des Arbeitsfluids 13 der Gasturbine am weitesten stromauf angeordnet ist, können die im Arbeitsfluid 13 enthaltenen und auf dem Schaufelkörper 3 der Laufschaufel 1 auftreffenden Partikel fast ausschliesslich das offene Kühlsystem 11 beschädigen, während das von diesem getrennte, geschlossene Kühlsystem 9 geschützt ist. Aus diesem Grund ist die Kühlung des Hauptteils des Schaufelkörpers 3 von vornherein abgesichert.

[0024] Im offenen Kühlsystem 11 wird entweder aus dem Verdichter der Gasturbinenanlage oder aus einer externen Quelle stammende und unter Überdruck stehende Luft als Kühlmedium 23 eingesetzt. Die Luft 23 wird über einen im Schaufelfuss 2 angeordneten Zuführkanal 24 in den zweiten Kühlkanal 15 eingeleitet und dient dort der konvektiven Kühlung des Schaufelkörpers 3. Anschliessend gelangt die Luft 23 über die Zuführöffnungen 18 in den ersten Kühlkanal 14, wo sie den Schaufelkörper 3 ebenfalls konvektiv kühlt. Infolge der kreisförmigen Ausbildung des ersten Kühlkanals 14 und ihrer tangentialen Eindüsung erfährt die Luft 23 eine rotierende Bewegung, was die Kühlwirkung deutlich verbessert. Ausgehend vom ersten Kühlkanal 14 gelangt die Luft 23 durch die ebenfalls tangential angeordneten Filmkühlöffnungen 22 auf die saugseitige Wand 4. Dort bildet sie einen dünnen Kühlfilm aus, welcher die äussere Oberfläche des Schaufelkörpers 3 vom heissen Arbeitsfluid 13 der Gasturbine abschirmt. Durch die Ausrichtung der Filmkühlöffnungen 22 wird die Luft 23 bereits annähernd in Strömungsrichtung 12 des Arbeitsfluids 13 der Gasturbine ausgedüst, was die Filmkühlung weiter verbessert.

[0025] Natürlich kann auch entsprechend aufbereiteter Wasserdampf als Kühlmedium 23 Verwendung finden. In diesem Fall werden sowohl das geschlossene als auch das offene Kühlsystem 9, 11 mit dem gleichen Kühlmedium 23, 26 betrieben. Daher ist keine getrennte Kühlmittelzufuhr erforderlich, so dass die Trennwand zwischen den beiden Kühlsystemen 9, 11 im Bereich des Schaufelfusses 2 verkürzt ausgebildet werden kann (nicht dargestellt).

[0026] Die im Arbeitsfluid 13 enthaltenen Partikel treffen mit grosser kinetischer Energie auf die Schaufeleintrittskante 6 der Laufschaufel 1 auf und können diese durchdringen. Dadurch werden in diesem Bereich Löcher 25 in den Schaufelkörper 3 geschlagen (Fig. 1, Fig. 2). Die durch die Löcher 25 entweichende Luft 23 wird durch zusätzliche Zuführung von Luft 23 aus dem zweiten Kühlkanal 15 kompensiert. Eventuell eindringendes heisses Arbeitsfluid 13 der Gasturbine wird zunächst im Zentrum der verwirbelten Luft 23 gehalten und schliesslich mit dieser verdünnt, so dass die Kühlung im offenen Kühlsystem 11 auch nach Einschlag von Partikeln aufrechterhalten werden kann.

[0027] Das beim Kühlvorgang in das Arbeitsfluid 13 der Gasturbine gelangte Kühlmedium 23 des offenen Kühlsystems 11 wird im stromab liegenden Teil der Turbinenbeschaufelung entspannt. Demgegenüber wird der im geschlossenen Dampfkühlsystem 9 als Kühlmedium 26 eingesetzte Dampf zurückgeführt und beispielsweise im Dampfkreislauf einer mit der Gasturbine verbundenen Dampfturbine entspannt (nicht dargestellt).

[0028] Im Ausführungsbeispiel ist das geschlossene Dampfkühlsystem 9 als Serpentinenkühlsystem ausgebildet. Es besteht aus zwei parallel zueinander angeordneten Kühlkanälen 27, 28, die sich in Schaufellängsrichtung vom Schaufelfuss 2 bis zur Schaufelspitze 29 erstrecken. Die Kühlkanäle 27, 28 werden an der Schaufelspitze 29 in Richtung Schaufelfuss 2 der Laufschaufel 1 umgelenkt (Fig. 3). Zwischen den beiden parallelen und in gleicher Richtung vom Dampf 26 durchströmten Kühlkanälen 27, 28 sind Rippenwände 30 angeordnet, welche mehrere Verbindungsöffnungen 31 aufweisen. Natürlich ist auch zwischen den in entgegengesetzter Richtung durchströmten Kühlkanälen 28, 27 eine Rippenwand 32 angeordnet. Diese besitzt jedoch keine Verbindungsöffnungen 31 (Fig. 4). An der Schaufelspitze 29 befinden sich Austrittsöffnungen 33 für eventuelle Schmutzpartikel oder andere Fremdkörper des Kühlmediums 26.

[0029] Beim Betrieb einer solchen Gasturbinenanlage können auch Löcher 25 im Bereich des geschlossenen Dampfkühlsystems 9 kompensiert werden. Kommt es zum Einschlagen von Fremdkörpern in diesem Bereich der Laufschaufel 1, so strömt das Kühlmedium aus dem jeweils nicht betroffenen Kühlkanal 27, 28 durch die Verbindungsöffnungen 31 zu den entsprechenden Löchern 25, so dass sich die kühlseitig stromab liegende Kühlstrecke wieder mit Dampf 26 füllen kann. Die das offene Kühlsystem 11 betreffenden Verfahrensabläufe sind analog den zum Beispiel aus Fig. 1 und 2 angegebene.

[0030] Natürlich können die nicht dargestellten Laufschaufeln einer Gasturbine bezüglich ihrer Kühlung analog ausgebildet werden.

Bezugszeichenliste

[0031]

- | | |
|----|--------------------------------|
| 1 | Laufschaufel |
| 2 | Schaufelfuss |
| 3 | Schaufelkörper |
| 4 | saugseitige Wand |
| 5 | druckseitige Wand |
| 6 | Saufeleintrittskante |
| 7 | Saufelaustrittskante |
| 8 | hohler Innenraum, von 3 |
| 9 | Dampfkühlsystem, geschlossenes |
| 10 | Kühlkanal |
| 11 | Kühlsystem, offenes |

- 12 Strömungsrichtung
- 13 Arbeitsfluid
- 14 Kühlkanal, erster
- 15 Kühlkanal, zweiter
- 16 Trennwand
- 17 Zwischenwand
- 18 Zuführöffnung
- 19 Verbindungsstück
- 20 Kühlloch
- 21 Filmlochreihe
- 22 Filmkühlloch
- 23 Kühlmedium, Luft, Wasserdampf
- 24 Zuführkanal
- 25 Loch
- 26 Kühlmedium, Dampf
- 27 Kühlkanal
- 28 Kühlkanal
- 29 Schaufelspitze
- 30 Rippenwand, zwischen 27 und 28
- 31 Verbindungsöffnung
- 32 Rippenwand, zwischen 28 und 27
- 33 Austrittsöffnung

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel einer Gasturbine, mit einem

- aus einer Schaufelspitze und einem Schaufelfuss (2),
- einer Schaufeleintrittskante (6) und einer Schaufelaustrittskante (7),
- einer saugseitigen, sowie einer druckseitigen Wand (4, 5) und
- einem hohlen Innenraum (8) bestehenden Schaufelkörper (3),
- in dessen hohlen Innenraum (8) mehrere, zumindest ein Kühlmedium (23, 26) führende Kühlkanäle (10, 14, 15, 27, 28) angeordnet sind,
- wobei der Innenraum (8) im Bereich der saugseitigen Wand (4), der druckseitigen Wand (5) und der Schaufelaustrittskante (7) ein geschlossenes Dampfkühlsystem (9) mit mindestens einem Einlasskühlkanal (10, 27, 28) und mindestens einem Auslasskühlkanal (10, 27, 28) aufweist, und
- wobei im Innenraum zusätzlich mindestens ein offenes Kühlsystem angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- sowohl Einlass- als auch Auslasskanäle (10, 27, 28) des Dampfkühlsystems sich vom Schaufelfuss (2) zur Schaufelspitze erstrecken und an der Schaufelspitze miteinander verbunden sind,
- wobei innerhalb des Einlasskühlkanals (10, 27,

28) und/oder des Auslasskühlkanals (10, 27, 28) Rippenwände (30) mit Verbindungsöffnungen (31) angeordnet sind und

- das offene Kühlsystem (11) im Bereich der Schaufeleintrittskante (6) mit zumindest einem Kühlkanal (14, 15) und mehreren den Schaufelkörper (3) durchdringenden Filmkühlöchern (22) ausgebildet ist.

2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das offene Kühlsystem (11) aus zwei, parallel zueinander angeordneten sowie über mehrere Zuführöffnungen (18) miteinander verbundenen Kühlkanälen (14, 15) besteht.

3. Turbinenschaufel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filmkühllöcher (22) tangential vom der Schaufeleintrittskante (6) benachbarten, ersten Kühlkanal (14) ausgehend, die Zuführöffnungen (18) tangential vom zweiten Kühlkanal (15) ausgehend und in den ersten Kühlkanal (14) ebenfalls tangential mündend angeordnet sind.

4. Turbinenschaufel nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Kühlkanal (14) zumindest annähernd mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildet ist.

5. Turbinenschaufel nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filmkühllöcher (22) zur saugseitigen Wand (4) und zumindest annähernd in Strömungsrichtung (12) des Arbeitsfluids (13) ausgerichtet sind.

6. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Auslasskühlkanal (10, 27, 28) der Schaufelaustrittskante (7) benachbart angeordnet ist.

7. Turbinenschaufel nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlasskühlkanal (10, 27, 28) zwischen dem Auslasskühlkanal (10, 27, 28) und dem offenem Kühlsystem (11) angeordnet ist.

8. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des geschlossenen Dampfkühlsystems (9) an der Schaufelspitze mindestens eine Austrittsöffnung (33) für Fremdpartikel angeordnet ist.

9. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

als Kühlmedium (23) im offenen Kühlsystem (11) Luft oder Dampf einsetzbar ist.

10. Turbinenschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Turbinenschaufel eine Laufschaufel ist.

Claims

1. Turbine blade of a gas turbine, having a

- blade body (3) consisting of
- a blade tip and a blade root (2),
- a leading blade edge (6) and a trailing blade edge (7),
- a suction-side and a pressure-side wall (4, 5) and
- a hollow interior space (8),
- in which hollow interior space (8) a plurality of cooling passages (10, 14, 15, 27, 28) carrying at least one cooling medium (23, 26) are arranged,
- the interior space (8) in the region of the suction-side wall (4), the pressure-side wall (5) and the trailing blade edge (7) having a closed steam-cooling system (9) with at least one inlet cooling passage (10, 27, 28) and at least one outlet cooling passage (10, 27, 28), and
- at least one open cooling system being

additionally arranged in the interior space,
characterized in that

- both the inlet and the outlet passages (10, 27, 28) of the steam-cooling system extend from the blade root (2) to the blade tip and are connected to one another at the blade tip,
- rib walls (30) having connecting openings (31) being arranged inside the inlet cooling passage (10, 27, 28) and/or the outlet cooling passage (10, 27, 28), and
- the open cooling system (11) in the region of the leading blade edge (6) being formed with at least one cooling passage (14, 15) and a plurality of film-cooling holes (22) passing through the blade body (3).

2. Turbine blade according to Claim 1, **characterized in that** the open cooling system (11) consists of two cooling passages (14, 15) arranged parallel to one another and connected to one another via a plurality of feed openings (18).

3. Turbine blade according to Claim 2, **characterized in that** the film-cooling holes (22) are arranged so as to start tangentially from the first cooling passage

(14) adjacent to the leading blade edge (6), and the feed openings (18) are arranged so as to start tangentially from the second cooling passage (15) and so as to lead, likewise tangentially, into the first cooling passage (14).

4. Turbine blade according to Claim 3, **characterized in that** the first cooling passage (14) is designed at least approximately with a circular cross section.

5. Turbine blade according to Claim 4, **characterized in that** the film-cooling holes (22) are oriented towards the suction-side wall (4) and at least approximately in the direction of flow (12) of the working fluid (13).

6. Turbine blade according to one of the preceding claims, **characterized in that** the outlet cooling passage (10, 27, 28) is arranged adjacent to the trailing blade edge (7).

7. Turbine blade according to Claim 6, **characterized in that** the inlet cooling passage (10, 27, 28) is arranged between the outlet cooling passage (10, 27, 28) and the open cooling system (11).

8. Turbine blade according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one outlet opening (33) for foreign particles is arranged at the blade tip inside the closed steam-cooling system (9).

9. Turbine blade according to one of the previous claims, **characterized in that** air or steam is used as cooling medium (23) in the open cooling system (11).

10. Turbine blade according to one of the preceding claims, **characterized in that** the turbine blade is a moving blade.

Revendications

1. Aube de turbine à gaz, comprenant

- un corps d'aube (3) se composant
- d'une pointe d'aube et d'une base d'aube (2),
- d'un bord d'entrée d'aube (6) et d'un bord de fuite d'aube (7),
- d'une paroi du côté aspiration et d'une paroi du côté refoulement (4, 5), et
- d'un espace interne creux (8),
- dans l'espace interne creux (8) duquel sont disposés plusieurs canaux de refroidissement (10, 14, 15, 27, 28) guidant au moins un fluide de refroidissement (23, 26),
- l'espace interne (8) présentant dans la région

de la paroi du côté aspiration (4), de la paroi du côté refoulement (5) et du bord d'entrée d'aube (7) à chaque fois un système de refroidissement à vapeur fermé (9) avec au moins un canal de refroidissement d'entrée (10, 27, 28) et au moins un canal de refroidissement de sortie (10, 27, 28), et

- au moins un système de refroidissement étant en outre disposé dans l'espace creux,

caractérisée en ce que

- à la fois les canaux d'entrée et de sortie (10, 27, 28) du système de refroidissement à vapeur s'étendent depuis la base de l'aube (2) vers la pointe de l'aube et sont reliés l'un à l'autre au niveau de la pointe de l'aube,
- à l'intérieur du canal de refroidissement d'entrée (10, 27, 28), et/ou du canal de refroidissement de sortie (10, 27, 28), des parois nervurées (30) étant prévues avec des ouvertures de connexion (31) et
- le système de refroidissement ouvert (11) étant réalisé dans la région du bord d'entrée d'aube (6) avec au moins un canal de refroidissement (14, 15) et plusieurs trous de refroidissement à film (22) traversant le corps d'aube (3).

2. Aube de turbine selon la revendication 1,

caractérisée en ce que

le système de refroidissement ouvert (11) se compose de deux canaux de refroidissement (14, 15) parallèles l'un à l'autre et connectés l'un à l'autre par le biais de plusieurs ouvertures d'alimentation (18).

3. Aube de turbine selon la revendication 2,

caractérisée en ce que

les trous de refroidissement à film (22) sont disposés partant tangentiellement depuis le premier canal de refroidissement (14) voisin du bord d'entrée d'aube (6), les ouvertures d'alimentation (18) sont disposées partant tangentiellement du deuxième canal de refroidissement (15) et débouchant également tangentiellement dans le premier canal de refroidissement (14).

4. Aube de turbine selon la revendication 3,

caractérisée en ce que

le premier canal de refroidissement (14) est réalisé avec une forme en section transversale au moins approximativement circulaire.

5. Aube de turbine selon la revendication 4,

caractérisée en ce que

les trous de refroidissement à film (22) sont orientés vers la paroi du côté aspiration (4) et au moins approximativement dans le sens d'écoulement (12) du

fluide de travail (13).

6. Aube de turbine selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

le canal de refroidissement de sortie (10, 27, 28) est disposé adjacent au bord de sortie d'aube (7).

7. Aube de turbine selon la revendication 6,

caractérisée en ce que

le canal de refroidissement d'entrée (10, 27, 28) est disposé entre le canal de refroidissement de sortie (10, 27, 28) et le système de refroidissement ouvert (11).

8. Aube de turbine selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

au moins une ouverture de sortie (33) pour des particules étrangères est disposée à l'intérieur du système de refroidissement à vapeur fermé (9) au niveau de la pointe de l'aube.

9. Aube de turbine selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

l'on peut utiliser comme fluide de refroidissement (23) dans le système de refroidissement ouvert (11) de l'air ou de la vapeur.

10. Aube de turbine selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisée en ce que

l'aube de turbine est une aube mobile.

FIG. 1

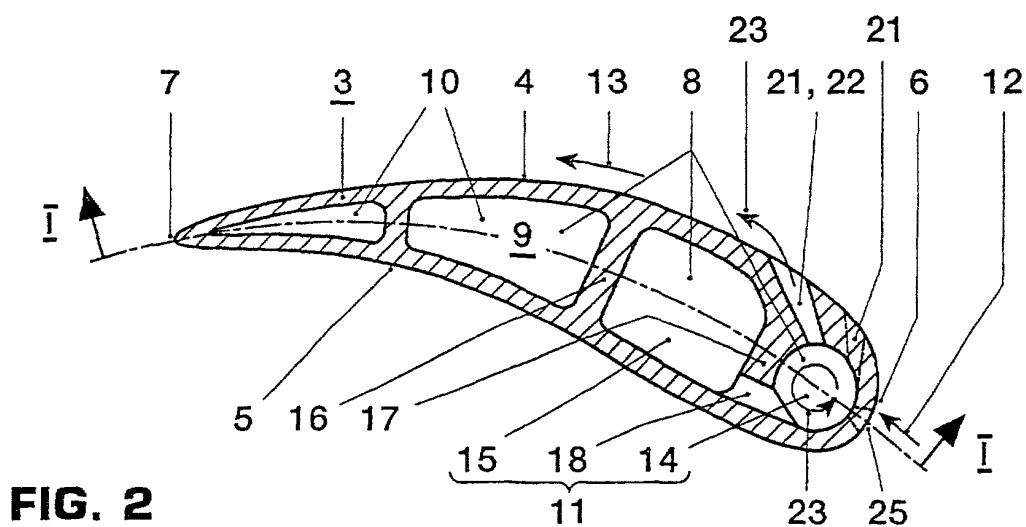
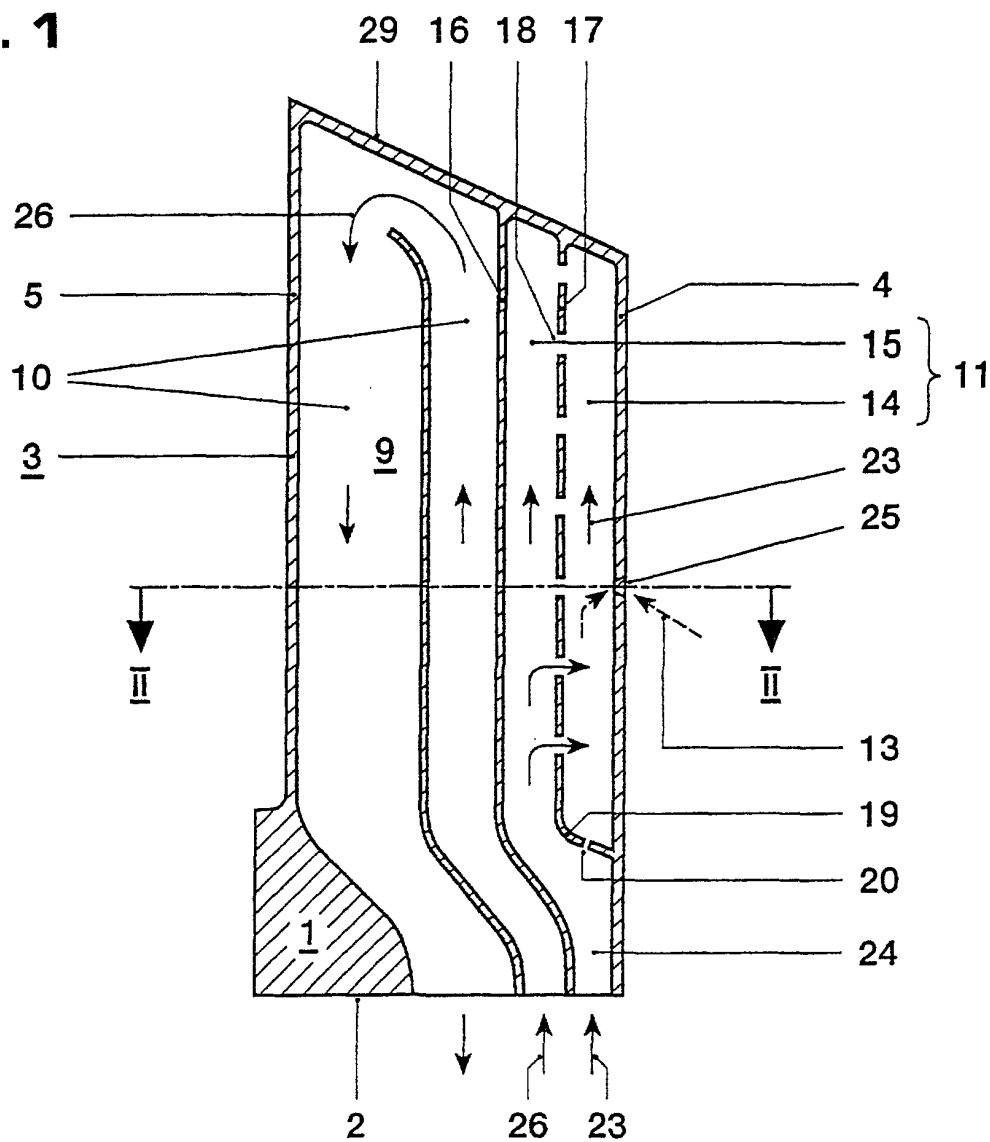


FIG. 2

FIG. 3

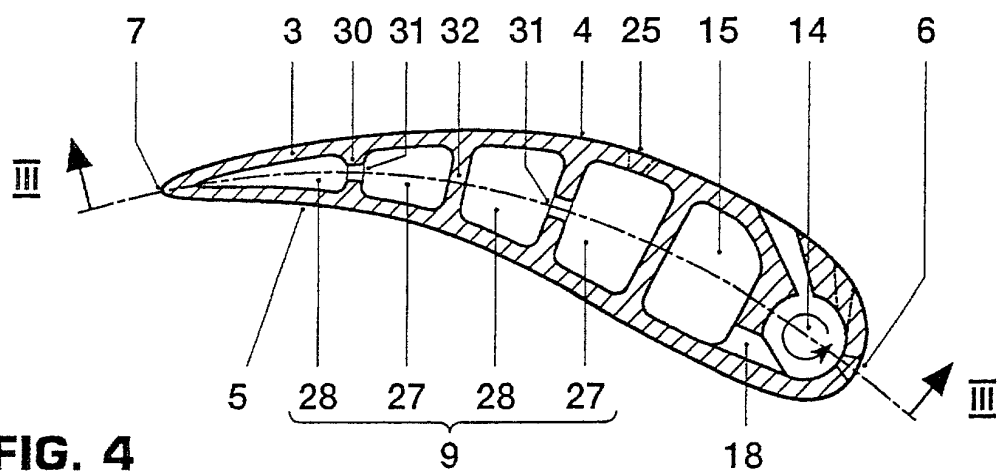
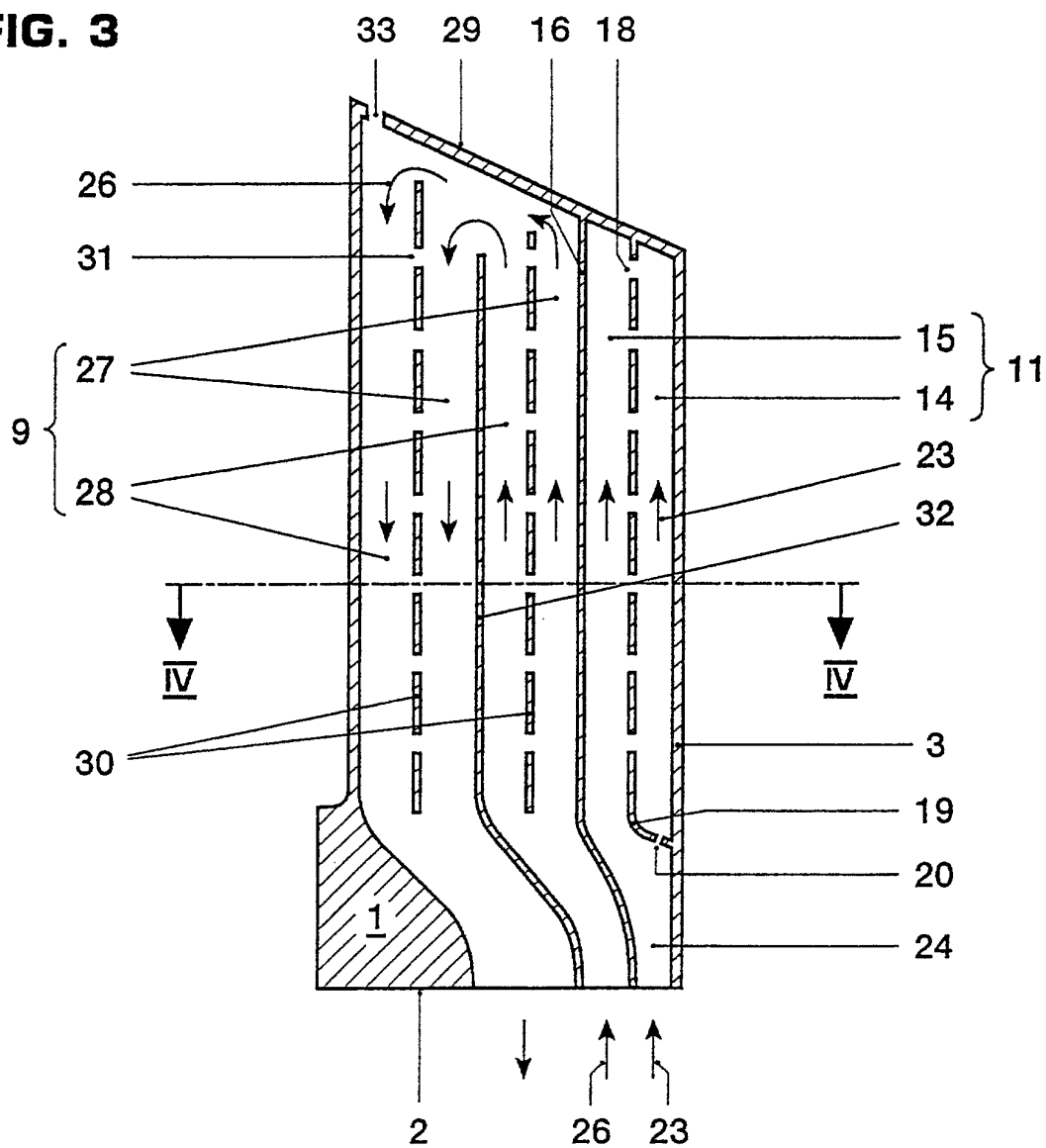


FIG. 4