



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.06.2000 Patentblatt 2000/26

(51) Int Cl.7: **F01D 5/22, F01D 5/18**

(21) Anmeldenummer: **99811187.6**

(22) Anmeldetag: **21.12.1999**

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

(30) Priorität: **24.12.1998 DE 19860245**
24.12.1998 DE 19860244

(71) Anmelder: **ABB ALSTOM POWER (Schweiz) AG**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Beeck, Alexander Dr.**
79790 Küssaberg (DE)
• **El-Nashar, Ibrahim Dr.**
8302 Kloten (CH)
• **Von Arx, Beat**
4632 Trimbach (CH)
• **Weigand, Bernhard**
79787 Lauchringen (DE)

(54) **Turbinenschaufel mit aktiv gekühltem Deckbandelement**

(57) Bei einer luftgekühlten Turbinenschaufel (10), welche an der Schaufelspitze ein sich quer zur Schaufellängsachse erstreckendes Deckbandelement (11) aufweist, wobei das Deckbandelement (11) zur Kühlung von einer Mehrzahl von Kühlbohrungen (17) durchzogen ist, welche eingangsseitig mit wenigstens einem durch die Turbinenschaufel (10) zur Schaufelspitze verlaufenden Kühlluftkanal (18) in Verbindung stehen, und ausgangsseitig in den die Turbinenschaufel (10) umgebenden Aussenraum münden, wird eine verbesserte und gesicherte Kühlung dadurch erreicht, dass die Kühl-

bohrungen (17) in dem Deckbandelement (11) zumindest annähernd parallel zur Bewegungsrichtung der Schaufelspitze von innen nach aussen verlaufen und jeweils vor dem äusseren Rand (25) des Deckbandelements (11) in eine zum Aussenraum hin offene Oberflächenvertiefung münden. Vorzugsweise ist die Deckbandoberseite (22) mit mindestens zwei parallel verlaufenden Rippen (12) und (13) ausgerüstet, die im Zusammenwirken mit der gegenüberliegenden Gehäusewand eine Kavität (21) bilden, in die die aus den Kühlbohrungen (17) austretende Kühlluft einströmt.

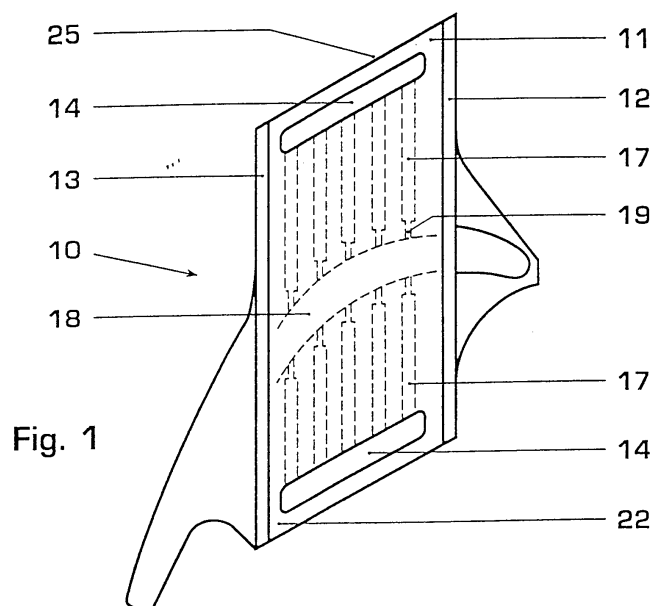


Fig. 1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Gasturbinen. Sie betrifft eine luftgekühlte Turbinenschaufel, welche an der Schaufelspitze ein sich senkrecht zur Schaufellängsachse erstreckendes Deckbandelement aufweist, wobei das Deckbandelement zum Zwecke der Kühlung von einer Mehrzahl von Kühlbohrungen durchzogen ist, welche eingangsseitig mit wenigstens einem durch die Turbinenschaufel zur Schaufelspitze verlaufenden Kühlluftkanal in Verbindung stehen und ausgangsseitig in den die Turbinenschaufel umgebenden Aussenraum münden.

[0002] Gattungsgemässe Turbinenschaufeln sind aus DE 198 13 173 A1 oder aus US 5,785,496 bekannt.

STAND DER TECHNIK

[0003] Moderne Gasturbinen arbeiten bei extrem hohen Temperaturen. Dies erfordert eine intensive Kühlung der Turbinenschaufeln. Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, die exponierten Bereiche der Schaufeln zuverlässig zu kühlen. Einer dieser Bereiche sind das Deckband bzw. die Deckbandelemente der Schaufel. Eine Möglichkeit der Kühlung von Deckbandelementen ist in der eingangs genannten Druckschrift DE 198 13 173 A1 beschrieben worden. Dort wird vorgeschlagen (siehe die dortigen Fig. 3 und 4), die Deckbandelemente durch eine Reihe paralleler Kühlbohrungen zu kühlen, die sich von der (zentralen) Laufschaufel durch das Deckbandelement hindurch zur äusseren Kante des Deckbandelementes hin erstrecken und dort in den Aussenraum münden.

[0004] Diese bekannte Lösung hat allerdings die folgenden Nachteile:

- Stossen zwei Deckbandelemente benachbarter Schaufeln seitlich aneinander (wie dies z.B. aus Fig. 3 der US 5,482,435 zu ersehen ist), werden die Mündungen der Kühlbohrungen zumindest teilweise verschlossen. Dies behindert Kühlluftaustritt und -verteilung. Das Deckbandelement wird im Betrieb überhitzt.
- Die bekannte Deckbandkühlung ändert wegen der seitlich angeordneten Mündungen nicht die Überströmbedingungen über das Deckband, das heisst, Druck und Temperatur auf der Oberseite des Deckbandes bleiben gleich. Dies wird auch nicht dadurch geändert, dass - wie in der US 5,460,486 vorgeschlagen - gewisse Kühlbohrungen auf der Unterseite des Deckbandelementes münden.
- Die Kühlwirkung beruht hauptsächlich auf der durch Vermischung der austretenden Kühlluft mit dem Heissgas abgesenkten Mischtemperatur in der

Deckband umgebung. Es werden in den Kühlbohrungen keine Massnahmen getroffen, um den Wärmeübergang zwischen der Kühlluft und dem Deckbandelement zu intensivieren.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Turbinenschaufel mit luftgekühltem Deckbandelement zu schaffen, bei welcher die genannten Nachteile auf einfache Weise vermieden werden, und die sich durch eine wirksame Kühlung des Deckbandelementes, insbesondere auch auf der exponierten Oberseite des Deckbandelementes, auszeichnet.

[0006] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen geben die Unteransprüche wieder.

[0007] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, die Kühlbohrungen zum einen so durch das Deckbandelement zu führen, dass ein hoher Wärmeübergang zwischen Deckbandelement und Kühlluft gewährleistet ist und zum anderen diese Bohrungen so in den Aussenraum münden zu lassen, dass die exponierten Regionen des Deckbandes zuverlässig mit der Kühlluft beaufschlagt und zusätzlich gekühlt werden.

Dies wird erreicht, indem vom Kühlkanal der Schaufel ausgehend im Bereich des Deckbandelementes die Kühlbohrungen im wesentlichen parallel zur Bewegungsrichtung der Schaufelspitze von innen nach aussen verlaufen und jeweils vor dem äusseren Rand des Deckbandelementes in eine zum Aussenraum hin offene Vertiefung der Oberfläche münden.

[0008] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind dabei in das Deckbandelement nahe dem Aussenrand von der Oberseite her Vertiefungen eingelassen, in die die Kühlbohrungen seitlich münden. Durch Vermischen der austretenden Kühlluft mit den heissen Verbrennungsgasen, welche über die Oberseite des Deckbandelementes strömen, wird die Temperatur in diesem Bereich wirksam herabgesetzt und so eine Überhitzung des Deckbandes vermieden. Hierdurch wird eine gleichmässige Kühlung des Deckbandelementes über die gesamte Fläche erreicht.

Neben einer wirkungsvollen Kühlung der Deckbandoberseite hat diese Konfiguration auch den Vorteil einer sehr einfachen Herstellung.

Besonders wirksam ist der Auslass der Kühlluft auf der Oberseite des Deckbandelementes, wenn gemäss einer bevorzugten Weiterbildung auf der Oberseite des Deckbandelementes parallel zueinander verlaufende, voneinander beabstandete Dichtrippen vorgesehen sind, welche im Zusammenwirken mit der gegenüberliegenden Gehäusewand der Gasturbine eine Kavität bilden, und die Kühlbohrungen in diese Kavität münden. Die austretende Kühlluft führt zu einem Druckaufbau in der Kavität, in dessen Folge das Eindringen von Heissgasen vermindert wird.

[0009] Nach einer anderen Ausführungsform der Er-

findung besitzen die Seitenkanten der Deckbandelemente Ausnehmungen, in die die Kühlbohrungen münden. Die Ausnehmungen gegenüberliegender Deckbandelemente bilden dabei einen Spalt. Beim Austritt in den Spalt teilt sich die Kühlluft in zwei Teilströme auf. Ein Teil strömt zur Oberseite hin und speist die erwähnte Kavität zwischen den beabstandeten Dichtrippen mit der oben erwähnten Wirkung. Der andere Teil strömt zur Deckbandunterseite und mischt sich dort mit den Heissgasen unter Einstellung einer Mischtemperatur, die die thermische Belastung in diesem Bereich verringert. Durch die Spaltgeometrie kann das Verhältnis der nach oben und unten abströmenden Teilmengen beeinflusst werden.

[0010] In einer zweckmässigen Ergänzung der Erfindung wird ferner vorgeschlagen, in den Kühlbohrungen Mittel zur Verbesserung des Wärmeübergangs zwischen Kühlluft und Deckbandelement vorzusehen. Die Mittel zur Verbesserung des Wärmeübergangs an den Bohrungswänden können Rauigkeiten, Rippen und/oder Turbulatoren umfassen. In an sich bekannter Weise können die Bohrungen mittels des sogenannten "STEM drilling"-Prozesses erstellt werden. Insbesondere durch das "STEM drilling", das beispielsweise in der US 5,306,401 im Zusammenhang mit der Herstellung von Kühlöchern in Turbinenschaufeln beschrieben worden ist, lassen sich einfach und zuverlässig Kühlbohrungen mit verbesserten Wärmeübergangseigenschaften erzeugen.

[0011] Eine bessere Ausnutzung der Kühlluft kann weiterhin erreicht werden, wenn gemäss einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in den Kühlbohrungen jeweils eine Drosselstelle zur Begrenzung des Kühlluftmassenstromes vorgesehen ist, und die Drosselstellen jeweils an der Eingangsseite der Kühlbohrungen angeordnet sind.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0012] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

- Fig.1 Draufsicht einer bevorzugten Ausführungsform der Turbinenschaufel mit zur Deckbandoberseite hin austretenden Kühlbohrungen
- Fig.2 eine weitere Ausführungsform gemäss Fig.1 mit diffusorartigen Kühlbohrungen
- Fig.3 Seitenansicht eines Deckbandelements gemäss Fig.1 mit Kühlbohrungen von kreisförmigem Querschnitt
- Fig.4 Seitenansicht eines Deckbandelements gemäss Fig.1 mit Kühlbohrungen von ovalem Querschnitt

Fig.5 Teilschnittdarstellung eines Deckbandelements gemäss Fig.1

Fig.6 Draufsicht zweier Deckbandelemente in einer Ausführungsform mit zur Seitenkante hin austretenden Kühlbohrungen

Fig.7 Teilschnittdarstellung eines Deckbandelements gemäss Fig.6

Fig.8 Teilschnittdarstellung eines Deckbandelements mit Kühlluftaustritt zur Unterseite des Deckbandelements hin

15 WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0013] In Fig. 1 ist in der Draufsicht eine bevorzugte Ausführungsform einer Turbinenschaufel nach der Erfindung dargestellt. Die Turbinenschaufel 10 umfasst das eigentliche Schaufelprofil 23 und ein quer dazu an der Schaufelspitze angeordnetes Deckbandelement 11, welches zusammen mit den Deckbandelementen der anderen (nicht gezeigten) Schaufeln ein durchgehendes, mechanisch stabilisierendes Deckband ergibt. Das Schaufelprofil 23 ist im Inneren teilweise hohl und von einem oder mehreren Kühlluftkanälen 18 durchzogen, die Kühlluft vom Schaufelfuss bis in die Schaufelspitze leiten. Das Deckbandelement 11 hat auf seiner Oberseite 22 zwei parallel in Bewegungsrichtung der Schaufelspitze verlaufende Dichtrippen 12 und 13, die zusammen mit der gegenüberliegenden Gehäusewand 20 der Gasturbine eine durch Spalte mit der Umgebung verbundene Kavität 21 bilden. Im Inneren des Deckbandelementes 11 verlaufen zwischen und im wesentlichen parallel zu den Rippen 12, 13 mehrere Kühlbohrungen 17 von der Mitte ausgehend nach aussen. Die Kühlbohrungen 17 stehen eingangsseitig mit dem Kühlluftkanal 18 in Verbindung und werden von diesem mit Kühlluft versorgt. Wie aus Fig. 1 zu entnehmen ist, erstrecken sich die Kühlbohrungen 17 nicht ganz bis zum seitlichen Ende bzw. Rand des Deckbandelementes 11, sondern münden jeweils von der Seite her in eine längliche, auf der Oberseite 22 in das Deckbandelement 11 eingelassene Vertiefung 14. Es versteht sich von selbst, dass anstelle einer durchgehenden Vertiefung 14 auch jede der Kühlbohrungen 17 für sich genommen mit einer separaten Vertiefung in Verbindung stehen kann. Weiterhin ist es auch denkbar, die Kühlbohrungen 17 leicht schräg und von einer Parallelität untereinander abweichend verlaufen zu lassen, wenn es zur Optimierung der Kühlung über die gesamte Fläche des Deckbandelementes 11 nötig ist.

[0014] Weiterhin führt ein Ausblasen der Kühlluft nach oben zu einem "Aufblasen" der Kavität 21 zwischen Deckband und Gehäuse 20. Dies führt zu einer Erhöhung des Druckes in der Kavität und trägt damit zu einer Verkleinerung des eindringenden Massenstromes an Heissgas 24 bei. Weiterhin wird natürlich auch die

Mischtemperatur in diesem Bereich abgesenkt, wodurch die thermische Belastung des Deckbandelementes 11 von der Oberseite 22 her verringert wird.

[0015] Die Kühlbohrungen 17 in der gezeigten Kühlungsanordnung werden vorzugsweise mit dem sogenannten "STEM drilling"-Verfahren hergestellt, das in der US 5,306,401 in allen Einzelheiten beschrieben ist. Dadurch ist es (durch Veränderung des Vorschubs) möglich, die Oberfläche der Kühlbohrungen 17 mit Rauigkeiten, Rippen oder Turbulatoren auszurüsten. Dies führt zu einer deutlich effizienteren Kühlung, weil die Form der Kühlbohrung optimiert werden kann. Weiterhin ist es vorteilhaft, die Kühlbohrungen 17, vorzugsweise eingangsseitig, d.h. im Bereich der Kühlluftversorgung am Profil 23, jeweils mit einer Drosselstelle 19 auszustatten. Dadurch wird es möglich, den Kühlluftmassenstrom gezielt zu begrenzen und eine deutlich effizientere Kühlung zu erhalten.

Die Ausführungsform gemäss Fig.2 unterscheidet sich von jener gemäss Fig.1 darin, dass die Kühlbohrungen 17 ab der Drosselstelle 19, welche jeweils an der Eingangsseite jeder Kühlbohrung angeordnet ist, als Diffusor oder diffusorähnlich ausgebildet sind.

Nach einer weiteren Ausführungsform - dargestellt in Fig.4 - weisen die Kühlbohrungen eine ovale Konfiguration auf. Dies erhöht, wie die Ausrüstung mit inneren Rauigkeiten oder die diffusorartige Erweiterung, die zur Wärmeübertragung zur Verfügung stehende wirksame Oberfläche.

Die Kühlbohrungen 17 können darüber hinaus oder alternativ andere Konfigurationen aufweisen als die oben beschriebenen. Als solche sind beispielsweise regelmässig oder unregelmässig gehaltene Vertiefungen oder Wellungen denkbar.

[0016] In einer weiteren günstigen Ausgestaltung der Erfindung nach Fig. 6 und 7 treten die Kühlbohrungen 17 an der Seitenkante 25 des Deckbandelementes 11 aus. Zur Vermeidung der Nachteile des Standes der Technik sind die Seitenkanten 25 der Deckbandelemente 11 aber so ausgeführt, dass benachbarte Elemente 11 nur bereichsweise in Kontakt stehen, der Bereich der austretenden Kühlbohrungen aber demgegenüber in einer Vertiefung 15 zurückgenommen ist. Zwischen den benachbarten Elementen bilden die gegenüberliegenden Vertiefungen 15 Spalte 26, in die die Kühlluft eintritt.

Diese Ausführung verhindert zuverlässig ein Verschliessen der Mündungen durch benachbarte Deckbandelemente. Sie gewährleistet, dass die Kühlluft immer durch die Kühlbohrungen 17 hindurchtreten kann, auch wenn zwei benachbarte Deckbandelemente 11 in mechanischem Kontakt stehen.

Die aus beiden benachbarten Elementen 11 in den Spalt 26 eintretende Kühlluft teilt sich in zwei Teilströme auf. Ein Teilstrom strömt nach oben und führt zu einem Aufblasen der Kavität 21 oberhalb des Deckbandes, während der andere Teilstrom auf die Unterseite des Deckbandes gelangt und sich dort mit den Heissgasen

mischt. Die sich einstellende Mischtemperatur verringert die thermische Belastung in diesem Bereich.

Durch die konstruktive Gestaltung des Spaltes kann das Mengenverhältnis der beiden Teilströme beeinflusst werden. So können Ober- und Unterseite eine unterschiedliche Spaltweite aufweisen oder die Begrenzungswände geneigt oder strömungstechnisch unterschiedlich ausgebildet sein.

[0017] Fig.8 zeigt eine Ausführungsform mit Kühlmittelaustritt auf der Unterseite des Deckbandelementes. Die Kühlbohrungen 17 münden seitlich in die Vertiefung 16. Nach dieser Variante wird die Mischtemperatur im Bereich der Unterseite des Deckbandes abgesenkt und damit die thermische Belastung verringert.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0018]

10	Turbinenschaufel
11	Deckbandelement
12,13	Dichtrippen
14,15,16	Vertiefung
17	Kühlbohrung
18	Kühlluftkanal
19	Drosselstelle
20	Gehäusewand
21	Kavität
22	Oberseite (Deckbandelement)
23	Schaufelprofil
24	Heissgas
25	Aussenkante des Deckbandelementes
26	Spalt zwischen den Deckbandelementen

Patentansprüche

1. Luftgekühlte Turbinenschaufel (10), welche an der Schaufelspitze ein sich senkrecht zur Schaufel-längsachse erstreckendes Deckbandelement (11) aufweist, wobei das Deckbandelement (11) zwecks Kühlung von einer Mehrzahl von Kühlbohrungen (17) durchzogen ist, welche eingangsseitig mit wenigstens einem durch die Turbinenschaufel (10) zur Schaufelspitze verlaufenden Kühlluftkanal (18) in Verbindung stehen, und ausgangssseitig in den die Turbinenschaufel (10) umgebenden Aussenraum münden, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlbohrungen (17) in dem Deckbandelement (11) zumindest annähernd parallel zur Bewegungsrichtung der Schaufel (10) von innen nach aussen verlaufen und jeweils vor dem äusseren Rand (25) des Deckbandelementes (11) in eine zum Aussenraum hin offene Oberflächenvertiefung (14) und/oder (15) münden.

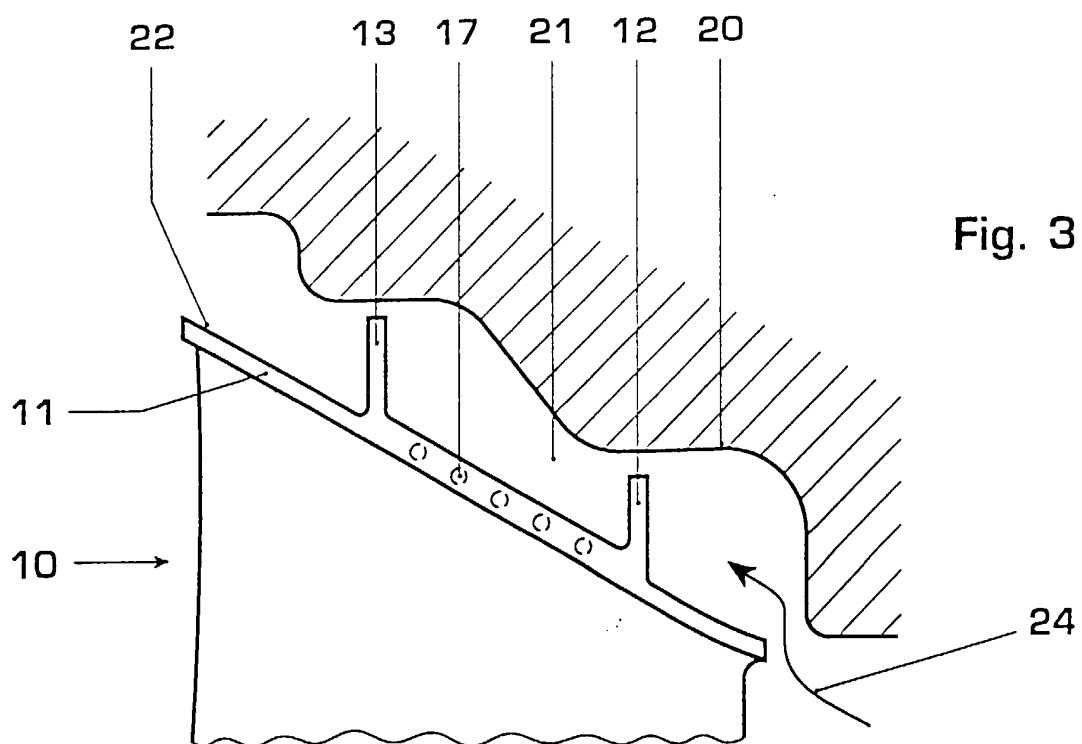
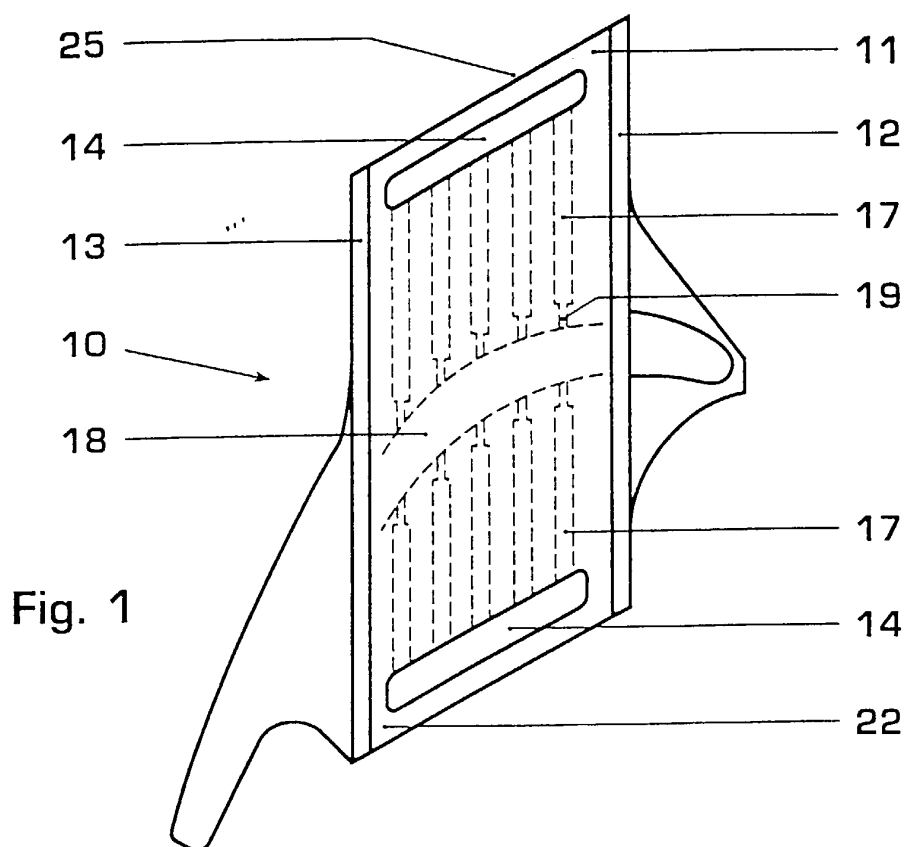
2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1,

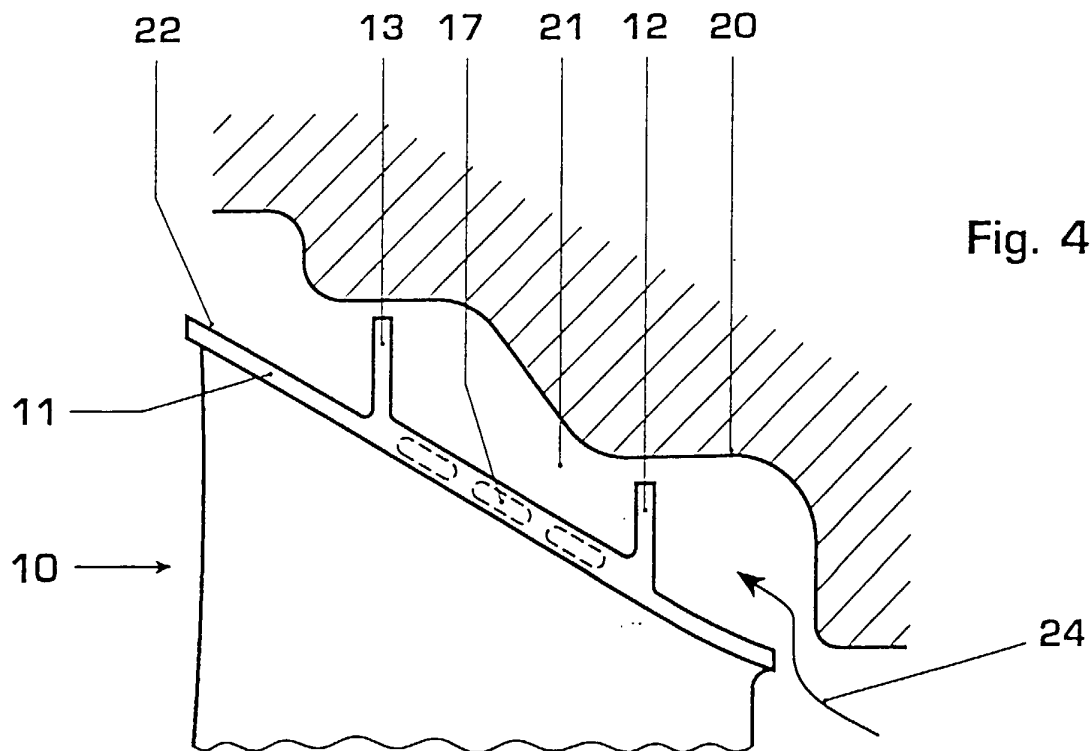
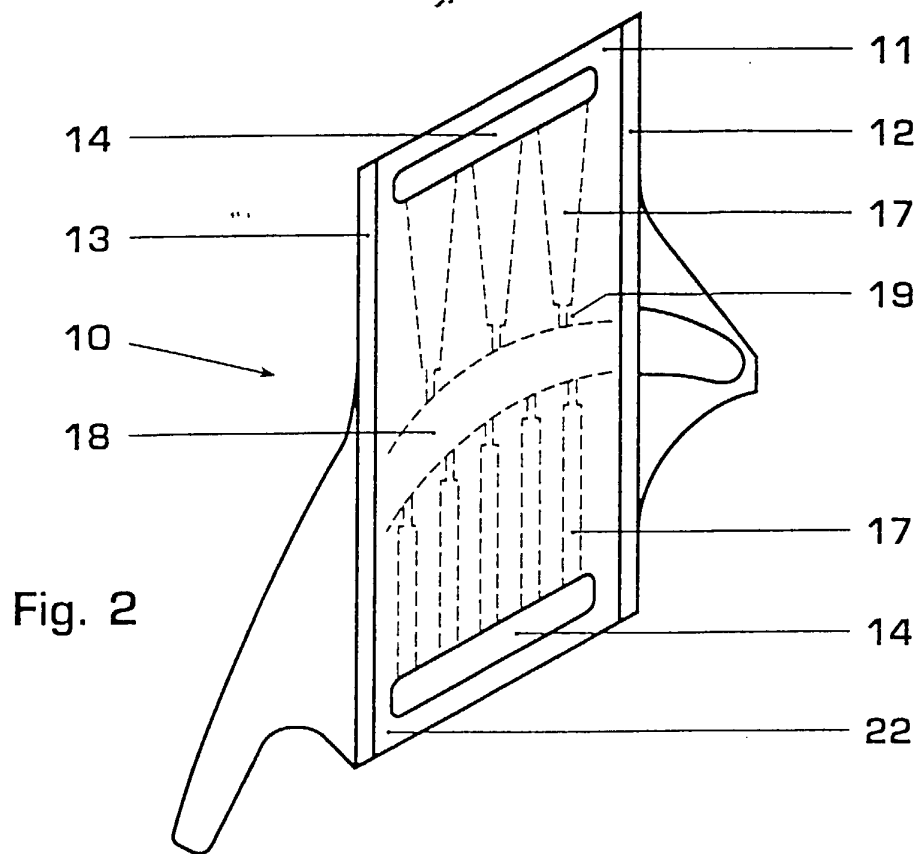
dadurch gekennzeichnet, dass die zum Aussenraum hin offene Vertiefung (14) auf der Oberseite (22) des Deckbandelements (11) angeordnet ist und die Kühlbohrungen (17) seitlich in diese Vertiefung (14) münden.

3. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zum Aussenraum hin offene Vertiefung (15) an der Seitenkante (25) des Deckbandelements (11) angeordnet ist. 10
4. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Oberseite (22) des Deckbandelementes (11) mindestens zwei parallel zur Bewegungsrichtung der Schaufel verlaufende, voneinander beabstandete Dichtrippen (12, 13) vorgesehen sind, welche im Zusammenwirken mit der gegenüberliegenden Gehäusewand (20) der Gasturbine eine Kavität (21) bilden. 20
5. Turbinenschaufel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlbohrungen (17) über die Vertiefungen (14) in die Kavität (21) münden. 25
6. Turbinenschaufel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlbohrungen (17) in einen von den Vertiefungen (15) gebildeten Spalt (26) münden, und zumindest ein Teilstrom der dort austretenden Kühlluft in die Kavität (21) einströmt. 30
7. Turbinenschaufel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengenverhältnis der aus dem Spalt (26) in Richtung Deckbandoberseite und -unterseite austretenden Teilströme durch die Spaltgeometrie gesteuert wird. 35 40
8. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in den Kühlbohrungen (17) Mittel zur Verbesserung des Wärmeübergangs zwischen Kühlluft und Deckbandelement (11) vorgesehen sind. 45
9. Turbinenschaufel nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Verbesserung des Wärmeübergangs an den Bohrungswänden (17) Rauigkeiten, Rippen und/oder Turbulatoren, umfassen. 50 55
10. Turbinenschaufel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlbohrungen (17) mittels des sogenannten

"STEM drilling"-Prozesses hergestellt sind.

11. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in den Kühlbohrungen (17) jeweils eine Drosselstelle (19) zur Begrenzung des Kühlluftmassenstromes vorgesehen ist.
12. Turbinenschaufel nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosselstellen (19) jeweils an der Eingangsseite der Kühlbohrungen (17) angeordnet sind.
13. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlbohrungen (17) einen ovalen Querschnitt besitzen.
14. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlbohrungen (17) in Strömungsrichtung einen Diffusor bilden oder diffusorähnlich ausgebildet sind.





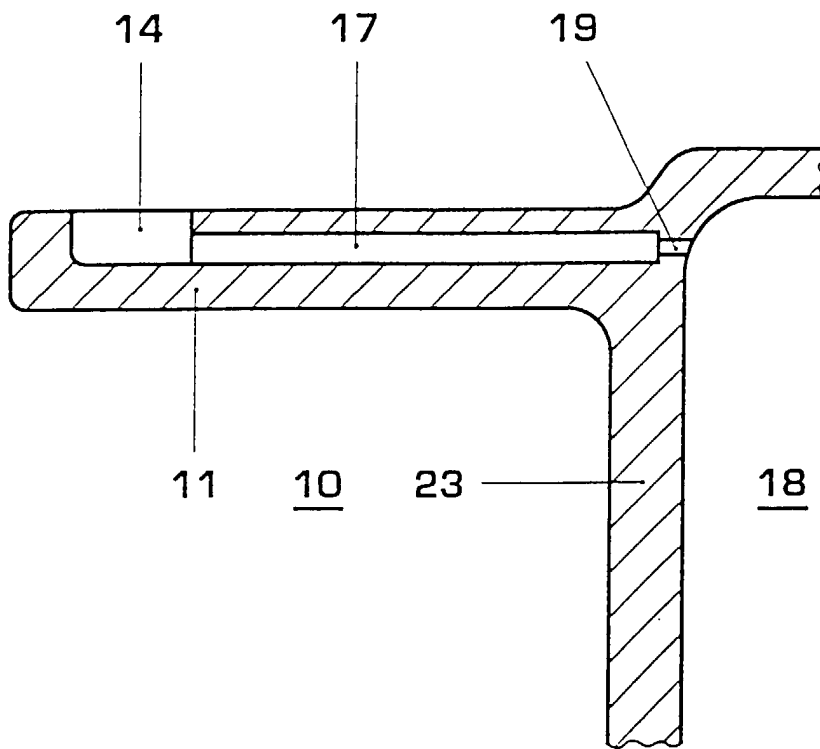


Fig. 5

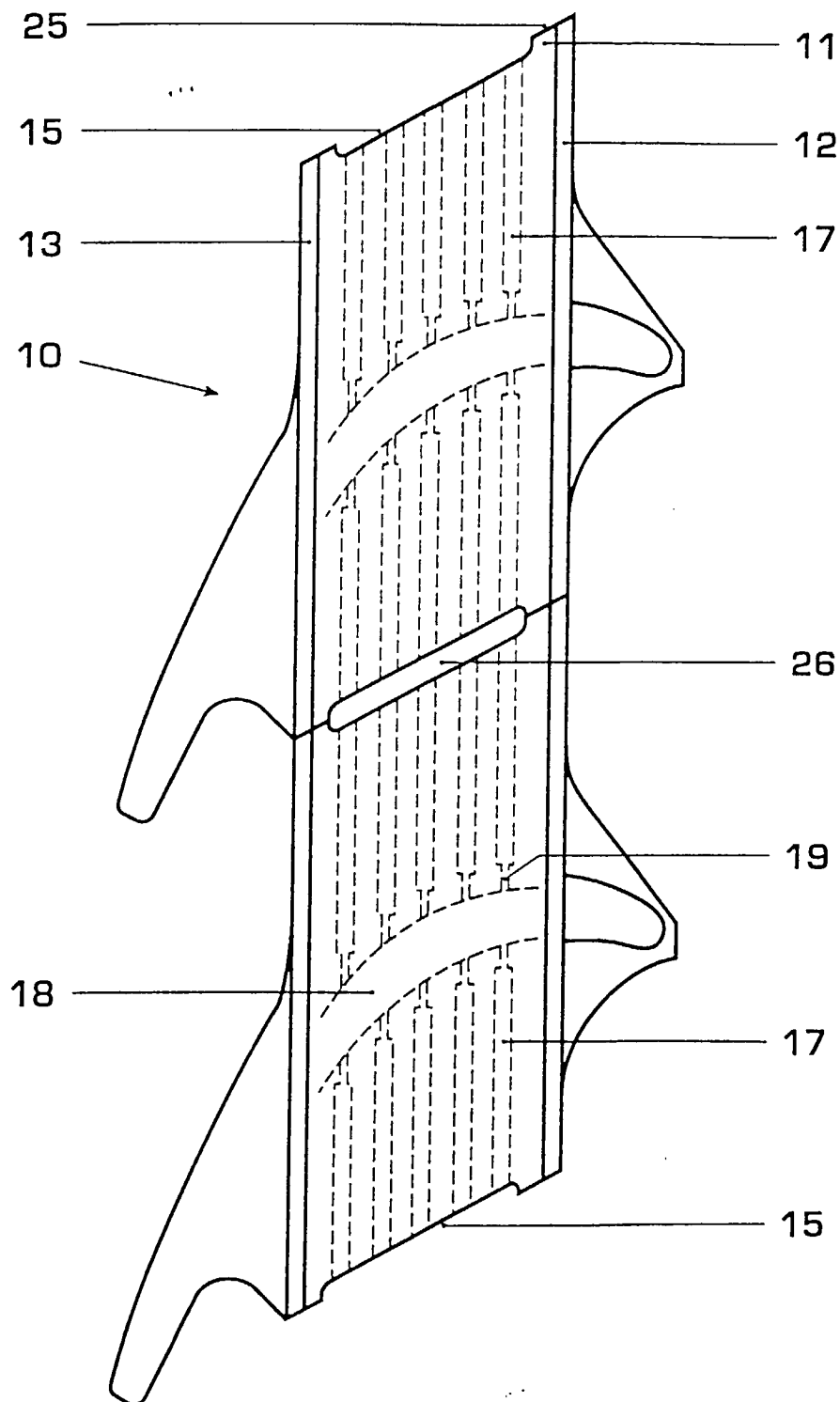


Fig. 6

