



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
01.10.1997 Patentblatt 1997/40

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F01D 5/18, F01D 25/12**

(21) Anmeldenummer: **97810115.2**

(22) Anmeldetag: **03.03.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

(72) Erfinder: **Wilfert, Günter, Dr.**  
**79790 Küssaberg (DE)**

(30) Priorität: **30.03.1996 DE 19612840**

(74) Vertreter: **Liebe, Rainer et al**  
**Asea Brown Boveri AG,**  
**Intellectual Property Department (TEI),**  
**Bldg. 699/1st Floor,**  
**P.O. Box**  
**5401 Baden (CH)**

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**  
**8050 Zürich (CH)**

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Kühlung einer einseitig von Heissgas umgebenen Wand**

(57) Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfache, mit einer verbesserten Kühlwirkung ausgestattete Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zur Kühlung einer einseitig von Heissgas umgebenen Wand zu schaffen.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass stromauf jeder Reihe von Ausnehmungen (10) eine radiale Rippe (15) an der inneren Oberfläche (9) der Wand (3) angeordnet, der Kühleinsatz (4) im Bereich der Ausnehmungen (10) in Richtung der Wand (3) verformt und dabei zumindest annähernd parallel zum Eintrittswinkel

(16) der Ausnehmungen (10) ausgebildet ist. Auf diese Weise wird das Kühlfluid (7) bereits vor Erreichen der Ausnehmungen (10) in deren Richtung umgelenkt und ein stabiles Innenwirbelpaar (19) erzeugt. Zudem werden die Eintrittsverluste verringert. Das nicht in die Ausnehmungen (10) strömende Kühlfluid (7) wird beschleunigt und der Wärmeübergang durch Prallkühleffekte erhöht. Im Kühlhohlraum (5) zwischen zwei Ausnehmungen (10) angeordnete Abstandshalter (20) oder Stifte (21) dienen als Wärmesenkelemente, um den Bereich bis zur lateralen Verbindung zweier Kühlflutstrahlen zu verbessern.

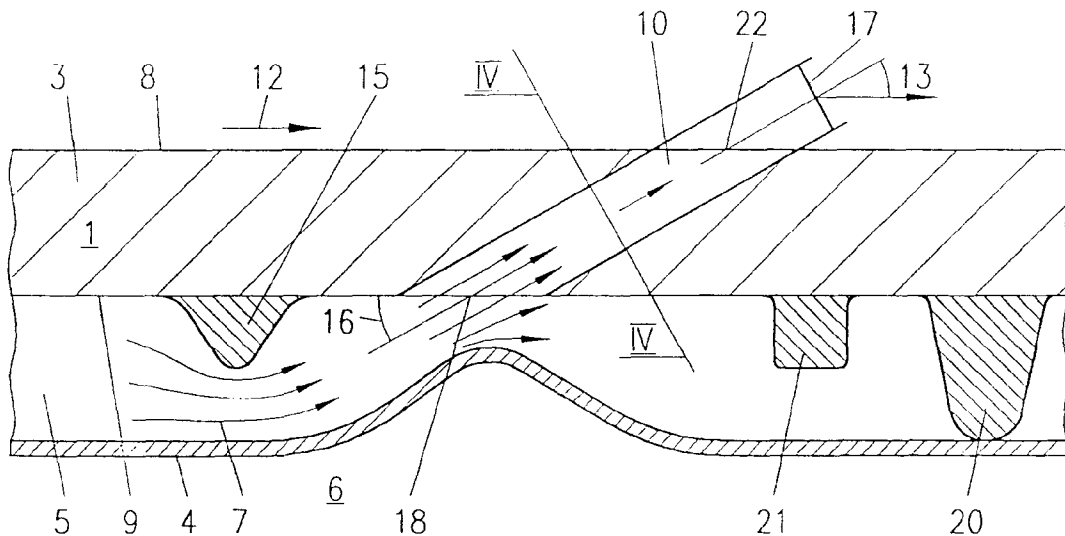


FIG.3

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Kühlung einer einseitig von Heissgas umgebenen Wand, insbesondere des Hohlprofilkörpers einer Gasturbinenschaufel, entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

### Stand der Technik

Zur Steigerung der Leistung und des Wirkungsgrades werden bei den heutigen Gasturbinenanlagen immer höhere Turbineneintrittstemperaturen verwendet. Um die Turbinenschaufeln vor den erhöhten Heissgastemperaturen zu schützen, müssen diese intensiver als bisher gekühlt werden. Bei entsprechend hohen Turbineneintrittstemperaturen reicht daher eine rein konvektive Kühlung nicht mehr aus. Abhilfe schafft hier die Filmkühlung, bei der die Turbinenschaufeln durch Kühlfilme vor dem Heissgas geschützt werden. Dazu sind in den Schaufeln entsprechende Ausnehmungen in Form von Bohrungen oder Schlitzten eingebracht, durch welche die Kühlluft ausgeblasen wird.

Eine solche Kombination von konvektiver Kühlung und Filmkühlung einer Turbinenschaufel ist bereits aus der EP-A2-258 754 bekannt. Bei dieser Lösung ist zumindest ein Kühleinsatz im Schaufelhohlraum angeordnet. Die aus Öffnungen des Kühleinsatzes austretende Kühlluft prallt zunächst auf die innere Oberfläche des Schaufelmantels, wird danach im Hohlraum zwischen Kühleinsatz und Schaufelmantel, diesen konvektiv kühlend geführt und tritt schliesslich über Bohrungen im Schaufelmantel auf dessen äussere Oberfläche, diese filmkühlend aus.

Für einen optimalen Kühleffekt muss die ausgeblasene Kühlluft möglichst schnell umgelenkt werden und schützend an der Profilloberfläche entlangströmen. Um auch die zwischen den Bohrungen liegenden Gebiete zu schützen, ist zudem eine schnelle seitliche Ausbreitung der Kühlluft erforderlich. In den Mischungsbereichen des Heissgases mit den Kühlluftstrahlen entstehen verschiedenste Wirbel, welche eine entscheidende Bedeutung für die Schutzwirkung einer Kühlkonfiguration besitzen. Beispielsweise wird durch die Krümmung der Kühlluftstrahlen bei deren Austritt aus den Bohrungen ein sogenannter Nierenwirbel, d.h. ein aus einem rechts- und einem linksdrehenden Wirbel bestehendes Wirbelpaar, erzeugt. Dieser Nierenwirbel transportiert jedoch einen Teil des Heissgases zwischen den Bohrungen direkt auf die Profilloberfläche der Turbinenschaufeln und damit unter die Kühlluftstrahlen, was sich als gravierender Nachteil erweist.

Es ist bereits bekannt, durch eine entsprechende Gestaltung (Konturierung) der Innengeometrie der Turbinenschaufel die Kühlluft so in die Bohrung umzulenken, dass dort ein Wirbelpaar, mit einem zum Nieren-

wirbel entgegengesetzten Drehsinn entsteht (s. G. Wilfert, Dissertationsschrift zum Thema "Experimentelle und numerische Untersuchungen der Mischungsvorgänge zwischen Kühlfilmen und Gitterströmung an einem hochbelasteten Turbinengitter", S.54, S.70-74 und Abb. 7.2, München 1994). Aufgrund eines solchen Innenwirbels dissipiert der Nierenwirbel sehr schnell und das Heissgas wird nicht seitlich unter den Kühlluftstrahl eingesaugt, sondern durch den Ausblasestrahler gekühlt zur Profilloberfläche geführt. Damit ist es möglich, die Kühleffektivität im Bohrungszwischenraum vorteilhaft und ohne vermehrte Zufuhr von Kühlluft zu steigern.

Ein wesentlicher Nachteil dieser Lösung ist jedoch die schwache Intensität des Innenwirbels, so dass sich dieser relativ schnell auflöst und nicht dauerhaft zur Verbesserung der Kühleffektivität genutzt werden kann.

Zur Verbesserung der Filmkühlung sind sogenannte fan-shaped-Bohrungen bekannt. Bei dieser Lösung wird der Ausblaseimpuls des Kühlluftstrahls mittels eines in der Bohrung ausgebildeten Diffusors herabgesetzt. Damit wird eine schnellere laterale Ausbreitung des Kühlluftstrahls erreicht, respektive eine verbesserte Filmkühlung erzielt. Die Herstellung solcher fan-shaped-Bohrungen ist jedoch sehr aufwendig und eine mit derartigen Bohrungen ausgestattete Wand entsprechend teuer.

### Darstellung der Erfindung

Die Erfindung versucht, alle diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfache, mit einer verbesserten Kühlwirkung ausgestattete Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zur Kühlung einer einseitig von Heissgas umgebenen Wand zu schaffen.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass bei einer Vorrichtung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1, stromauf jeder Reihe von Ausnehmungen eine radiale Rippe an der inneren Oberfläche der Wand angeordnet ist. Zudem ist der Kühleinsatz, im Bereich der Ausnehmungen, in Richtung der Wand verformt und dabei zumindest annähernd parallel zum Eintrittswinkel der Ausnehmungen ausgebildet.

Mit dieser die konvektive Kühlung und die Filmkühlung kombinierenden Kühlkonfiguration wird die Einstömung des Kühlfluids in die Ausnehmungen verbessert, wodurch auch die diesbezüglichen Einlaufverluste reduziert werden. Dazu wird das Kühlfluid bereits vor Erreichen der Ausnehmungen in deren Richtung umgelenkt, wobei die Umlenkung mit Hilfe der Rippe wesentlich verstärkt wird. Vor allem erfolgt jedoch eine Verstärkung des sich jeweils innerhalb der Ausnehmungen ausbildenden und entgegengesetzt zum Nierenwirbel ausgerichteten Wirbelpaares, so dass dieses eine erhöhte Wirbelintensität aufweist. Dieser sich am unteren Strahlrand der jeweiligen Kühlluftstrahlen befindliche Innenwirbel bleibt nunmehr auch beim Austritt aus den Ausnehmungen erhalten, während der am oberen

Strahlrand ausgebildete Nierenwirbel zwischen der Hauptströmung des Heissgases und dem Kühlluftstrahl aufgelöst wird. Dadurch wird das Heissgas nicht mehr seitlich unter den Kühlluftstrahl eingesaugt, sondern durch diesen gekühlt zur Oberfläche der Wand geführt. Auf diese Weise kann eine entscheidende Verbesserung der Filmkühlung erzielt werden.

Ausserdem wird durch die Rippen auch die konvektive Kühlung der Wand zwischen den benachbarten Reihen von Ausnehmungen verbessert. Die im Bereich der Ausnehmungen, in Richtung der Wand ausgebildete Verformung des Kühleinsatzes erzeugt sowohl eine erhöhte Geschwindigkeit des nicht in die Ausnehmungen sondern weiter stromab zwischen Wand und Kühleinsatz strömenden Kühlluftfluids als auch eine auf die Wand gerichtete Strömung. Aufgrund dieser zusätzlichen Prallkühlung und der erhöhten Strömungsgeschwindigkeit wird ein verbesserter Wärmeübergang von der Wand zum Kühlluftfluid erreicht.

Schlussfolgernd daraus wird nicht nur die Filmkühlung sondern die gesamte Kühlung der Wand erheblich verbessert. Dadurch kann Kühlluft eingespart und an anderer Stelle vorteilhaft verwendet werden. Die Herstellungskosten einer solchen Kühlvorrichtung liegen im Vergleich zu denen herkömmlicher Kühlkonfigurationen nicht nennenswert höher. Gegenüber fan-shaped-Bohrungen ist jedoch eine wesentliche Kostenersparnis zu verzeichnen.

Eine derart gekühlte Wand kann vorteilhaft auch als Brennkammerwand oder auch als Wärmestausegment einer Gasturbine verwendet werden.

Es ist besonders zweckmässig, wenn die Rippen bis etwa dem 3fachen Durchmesser der jeweiligen Ausnehmungen, von deren Eintrittsmittelpunkt entfernt angeordnet sind und ca. einen halben bis einen Durchmesser der Ausnehmungen in den Kühlhohlraum hineinragen. Der Kühleinsatz verschliesst den Kühlhohlraum im Bereich der Ausnehmungen bis auf maximal 30% des Normalabstandes von Wand und Kühleinsatz. Mit einer solchen Kühlkonfiguration lässt sich der Innenwirbel optimal an die konkreten Betriebsbedingungen anpassen, so dass ein stabiles Innenwirbelpaar die Folge ist. Ausserdem werden die Strömungsverluste des in die Ausnehmung eintretenden Kühlluftfluids verringert.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn stromab der Ausnehmungen jeweils zumindest ein Abstandhalter und/oder zumindest ein Stift im Kühlhohlraum angeordnet und mit der inneren Oberfläche der Wand verbunden sind. Dabei reichen die Abstandhalter bis zum Kühleinsatz, während die Stifte bereits zuvor enden. Die bereits aus dem Stand der Technik bekannten Abstandhalter können in Kombination mit der erfindungsgemässen Filmkühlung sehr effektiv eingesetzt werden. Dabei ist deren Anordnung genau zwischen zwei Reihen benachbarter Ausnehmungen besonders vorteilhaft. In diesem Bereich, in dem bis ca. 5 Ausnehmungsdurchmesser stromab des Mittelpunktes der Ausnehmung nahezu keine Filmkühlung erzielt wird, wirken die Abstandhalter als zu-

sätzliche Wärmesenken für die zu kühlende Wand, d.h. sie sorgen für einen Wärmeabfluss von der Wand zum Kühlluftfluid. Bei Verwendung von Stiften wirkt deren zusätzliche Oberfläche und die damit erzeugte, turbulente Durchmischung des Kühlluftfluids ebenfalls als Wärmesenke.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Gasturbinenleitschaufel dargestellt.

Es zeigen:

- Fig. 1 einen Profilquerschnitt einer Gasturbinenleitschaufel des Standes der Technik;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung des auf der äusseren Oberfläche des Aussenmantel ausgebildeten Nierenwirbels, in Hauptströmungsrichtung gesehen;
- Fig. 3 einen vergrösserten Ausschnitt der erfindungsgemäss ausgebildeten Gasturbinenleitschaufel, im Bereich einer der Ausnehmungen der Schaufelwand;
- Fig. 4 einen Schnitt IV-IV durch die Ausnehmung der Leitschaufel, entsprechend Fig. 3.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt ist die gesamte Gasturbinenanlage mit dem Verdichter und der Gasturbine. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

Die Leitschaufel 1 einer Gasturbine besteht aus einem Hohlprofilkörper 2, der eine als Aussenmantel ausgebildete Wand 3, einen im Abstand dazu angeordneten Kühleinsatz 4 und einen zwischen beiden ausgebildeten Kühlhohlraum 5 aufweist. Im Inneren des Kühleinsatzes 4 ist ein Schaufelhohlraum 6 ausgebildet, welcher auf herkömmliche Weise mit dem nicht dargestellten Verdichter der Gasturbinenanlage verbunden ist und von diesem mit als Kühlluft 7 dienender Kühlluft beaufschlagt wird. Der Aussenmantel 3 besitzt eine äussere und eine innere Oberfläche 8, 9, zwischen denen mehrere Reihen von als Kühlbohrungen ausgebildete Ausnehmungen 10 angeordnet sind. Der Schaufelhohlraum 6 ist über mehrere im Kühleinsatz 4 angeordnete Öffnungen 11 mit dem Kühlhohlraum 5 verbunden (Fig. 1). Natürlich kann die Leitschaufel 1 auch nur eine einzige Reihe von Kühlbohrungen 10 besitzen.

Während des Betriebs der Gasturbinenanlage strömt Heissgas 12 aus der nicht dargestellten Brennkammer über die Leitschaufeln 1 und die ebenfalls nicht gezeigten Laufschaufeln der Gasturbine. Daher müssen diese ständig gekühlt werden. Die Kühlung der Leitschaufeln 1 erfolgt mittels der vom Verdichter herange-

fürten Kühlluft 7, wobei diese über die Öffnungen 11 des Kühleinsatzes 4 in den Kühlhohlraum 5 eindringt und zunächst die innere Oberfläche 9 des Aussenmantels 3 konvektiv kühlt. Anschliessend wird die Kühlluft 7 durch die Kühlbohrungen 10 in einer Vielzahl von Kühlluftstrahlen auf der äusseren Oberfläche 8 des Aussenmantels 3 ausgeblasen. Die Krümmung dieser Kühlluftstrahlen bei ihrem Austritt in die Hauptströmung des Heissgases 12 erfolgt in einem Austrittswinkel 13 von etwa 30°. Dabei werden im Mischungsbereich Sekundärströmungen erzeugt, die ein Wirbelpaar 14 mit einem rechtsund einem linksdrehenden Wirbel bilden. Dieser sogenannte Nierenwirbel 14 transportiert das Heissgas 12 direkt auf die äussere Oberfläche 8 der Leitschaufel 1 (Fig. 2). Um Schäden an der Leitschaufel 1 zu verhindern, muss jedoch ihr direkter Kontakt mit dem Heissgas 12 vermieden werden.

In Fig. 3 ist ein vergrösserter Ausschnitt einer erfindungsgemäss ausgebildeten Leitschaufel 1 dargestellt. Bei dieser Leitschaufel 1 ist stromauf jeder Reihe von Kühlbohrungen 10 eine strömungsgünstig ausgebildete, radiale Rippe 15 an der inneren Oberfläche 9 des Aussenmantels 3 angeordnet. Der Kühleinsatz 4 ist im Bereich der Kühlbohrungen 10 in Richtung des Aussenmantels 3 verformt und dabei zumindest annähernd parallel zum Eintrittswinkel 16 der Kühlluft 7 in die Kühlbohrungen 10 ausgebildet.

Die Rippe 15 ist dabei um das 3fache des Durchmessers 17 der Kühlbohrung 10 von deren Eintrittsmittelpunkt 18 entfernt angeordnet. Bei einem Abstand vom Aussenmantel 3 zum Kühleinsatz 4, der dem doppelten Durchmesser 17 der Kühlbohrung 10 entspricht, ragt die Rippe 15 einen Durchmesser 17 der Kühlbohrung 10 in den Kühlhohlraum 5 hinein. Im Bereich der Kühlbohrung 10 ist der Kühleinsatz 4 so in Richtung des Aussenmantels 3 verformt, dass er den Kühlhohlraum 5 dort bis auf 30% seiner Normalgrösse verschliesst.

Aufgrund dieser Ausbildung wird die Kühlluft 7 bereits im Kühlhohlraum 5, d.h. im Bereich stromauf der jeweiligen Kühlbohrungen 10 in deren Richtung umgelenkt, womit Rezirkulationsgebiete in der Kühlbohrung 10 vermieden werden. Dadurch entsteht im Inneren der Kühlbohrungen 10 jeweils ein entgegengesetzt zu den Nierenwirbeln 14 ausgerichtetes Wirbelpaar 19. Das Rotationszentrum dieses sogenannten Innenwirbels 19 befindet sich nicht in der Mitte der Kühlbohrung 10, sondern im unteren Bereich des Kühlluftstrahles (Fig. 4).

Insbesondere die Ausbildung der Rippe 15 führt zu einer wesentlich stärkeren Umlenkung der Kühlluft 7 bei ihrem Eintritt in die Kühlbohrungen 10. Bisher war hier ein Umlenkung von etwa 30° üblich, während die Kühlluft 7 nunmehr in einem Winkel von bis zu 50° umgelenkt wird. Die verstärkte Umlenkung der Kühlluft 7 und die Verhinderung eines Rezirkulationsgebietes in den Kühlbohrungen 10 haben einen deutlich stabileren Innenwirbel 19 zur Folge. Damit bleibt dieser Innenwirbel 19 auch beim Austritt aus jeder der Kühlbohrungen 10 erhalten, während der unerwünschte Nierenwirbel 14 im

oberen Bereich des Kühlluftstrahles schnell aufgelöst wird. Der Innenwirbel 19 sorgt nunmehr dafür, dass das Heissgas 12 gekühlt zur äusseren Oberfläche 8 des Aussenmantels 3 der Leitschaufel 1 geführt wird.

Im Kühlhohlraum 5 sind, stromab der Kühlbohrung 10 und in etwa mittig zwischen zwei benachbarten Kühlbohrungen 10, ein Abstandhalter 20 und ein Stift 21 angeordnet. Sowohl der Abstandhalter 20 als auch der Stift 21 sind mit der inneren Oberfläche 9 des Aussenmantels 3 verbunden, wobei der Abstandhalter 20 bis zum Kühleinsatz 4 reicht und der Stift 21 kürzer ausgebildet ist. Durch die mittige Anordnung von Abstandhalter 20 und Stift 21 zwischen zwei benachbarten Kühlbohrungen 10 wird auch in diesem, die geringste Kühlwirkung aufweisenden Bereich, d.h. bis ca. fünf Durchmesser 17 stromab des Austrittsmittelpunktes 22 der Kühlbohrung, ein ausreichender Wärmeabfluss vom Aussenmantel 3 zur Kühlluft 7 erreicht.

Eine solche Kühlkonfiguration ist natürlich nicht auf die Leitschaufeln 1 von Gasturbinen beschränkt. Sie kann ebenso bei Laufschaufeln, Brennkammerwänden, Wärmestausegmenten von Gasturbinen oder bei anderen, einseitig von Heissgas 12 umgebenen Wänden 3 eingesetzt werden.

#### Bezugszeichenliste

1	Leitschaufel
2	Hohlprofilkörper
30	3 Wand, Aussenmantel
4	Kühleinsatz
5	Kühlhohlraum
6	Schaufelhohlraum
7	Kühlfliuid, Kühlluft
35	8 Oberfläche, äussere
9	Oberfläche, innere
10	Ausnehmung, Kühlbohrung
11	Öffnung
12	Heissgas
40	13 Austrittswinkel, von 10
14	Wirbelpaar, Nierenwirbel
15	Rippe
16	Eintrittswinkel, von 10
17	Durchmesser, von 10
45	18 Eintrittsmittelpunkt, von 10
19	Wirbelpaar, Innenwirbel
20	Abstandhalter
21	Stift
22	Austrittsmittelpunkt, von 10

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kühlung einer einseitig von Heissgas umgebenen Wand, insbesondere des Hohlprofilkörpers einer Gasturbinenschaufel, bestehend aus der mit einer äusseren und einer inneren Oberfläche (8, 9) ausgestatteten Wand (3), einem im we-

- sentlichen parallel zur Wand (3) angeordneten und gemeinsam mit dieser einen Kühlhohlraum (5) bildenden Kühleinsatz (4) sowie einer Reihe oder mehreren, in Strömungsrichtung eines Kühlfluids (7) hintereinander angeordneten, Reihen von zwischen den beiden Oberflächen (8, 9) der Wand (3) ausgebildeten Ausnehmungen (10), welche jeweils einen den vorgesehenen Einsatzbedingungen entsprechenden Eintritts- bzw. Austrittswinkel (16, 13) und einen Durchmesser (17) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass stromauf jeder Reihe von Ausnehmungen (10) eine radiale Rippe (15) an der inneren Oberfläche (9) der Wand (3) angeordnet, der Kühleinsatz (4) im Bereich der Ausnehmungen (10) in Richtung der Wand (3) verformt und dabei zumindest annähernd parallel zum Eintrittswinkel (16) der Ausnehmungen (10) ausgebildet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen (10) einen Eintrittsmittelpunkt (18) besitzen, von dem die Rippen (15) bis etwa zum 3fachen Durchmesser (17) der jeweiligen Ausnehmungen (10) entfernt angeordnet sind, die Rippen (15) ca. einen halben bis einen Durchmesser (17) der Ausnehmungen (10) in den Kühlhohlraum (5) hineinragen und der Kühleinsatz (4) den Kühlhohlraum (5) im Bereich der Ausnehmungen (10) bis auf maximal 30% des Normalabstandes von Wand (3) und Kühleinsatz (4) verschliesst.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass stromab der Ausnehmungen (10) jeweils zumindest ein Abstandhalter (20) und/oder zumindest ein Stift (21) im Kühlhohlraum (5) angeordnet und mit der inneren Oberfläche (9) der Wand (3) verbunden sind, wobei die Abstandhalter (20) bis zum Kühleinsatz (4) reichen und die Stifte (21) davor enden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Abstandhalter (20) als auch die Stifte (21) mittig zwischen zwei Reihen benachbarter Ausnehmungen (10) angeordnet sind.
5. Verfahren zur Kühlung einer einseitig von Heissgas umgebenen Wand, insbesondere des Hohlprofilkörpers einer Gasturbinenschaufel, bei dem ein Kühlfluid (7) zunächst in einen Kühlhohlraum (5) zwischen der zu kühlenden Wand (3) und einem Kühleinsatz (5) geführt und anschliessend über zumindest ein Reihe von Ausnehmungen (10) der Wand (3) ausgeblasen wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlfluid (7) bereits vor Erreichen der Ausnehmungen (10) in deren Richtung umgelenkt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Kühlfluids (7) an den weiter stromauf angeordneten Ausnehmungen (10) vorbeigeführt, dabei zunächst beschleunigt sowie gegen die innere Oberfläche (9) der Wand (3) ausgerichtet und erst danach zu den weiter stromab angeordneten Ausnehmungen (10) geleitet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlfluid (7) vor Erreichen der weiter stromab angeordneten Ausnehmungen (10) zunächst an im Kühlhohlraum (5) ausgebildeten Abstandhaltern (20) und/oder Stiften (21) vorbeigeleitet wird.

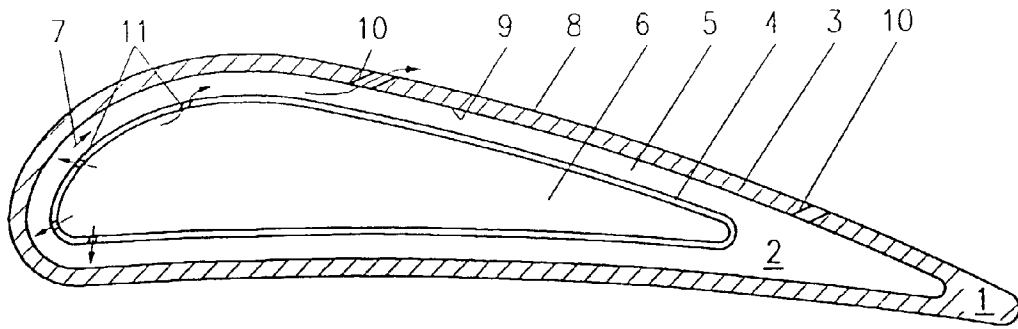


FIG. 1

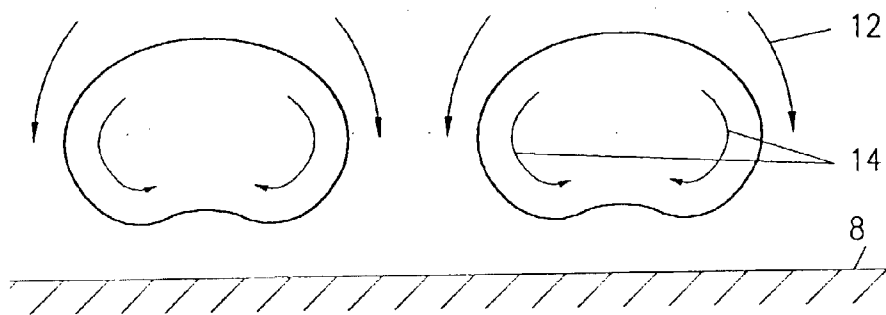


FIG. 2

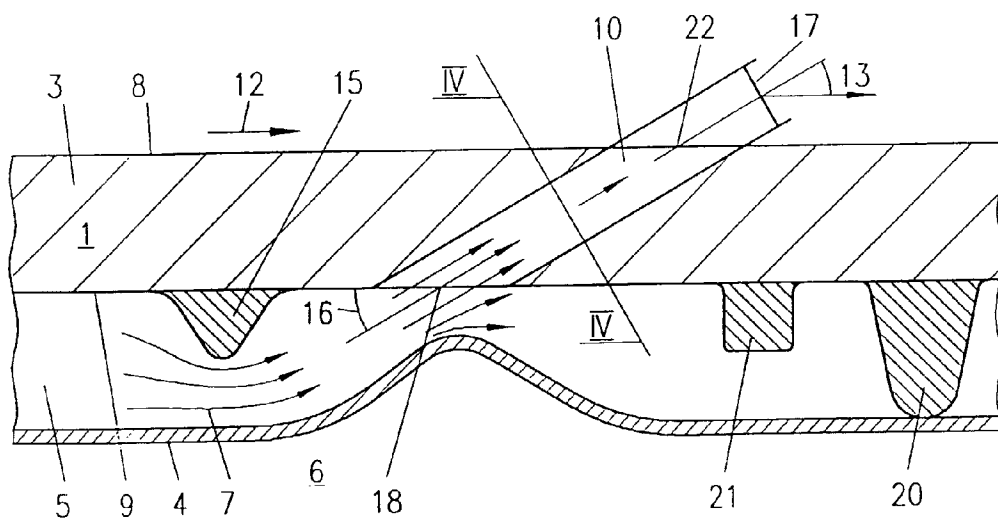


FIG. 3

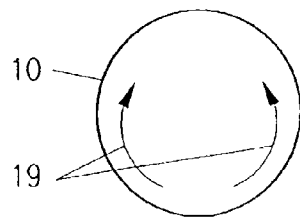


FIG. 4