



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 046 784 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.10.2000 Patentblatt 2000/43

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

(21) Anmeldenummer: **99810329.5**

(22) Anmeldetag: **21.04.1999**

(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

• **Weigand, Bernard, Dr.**
79787 Lauchringen (DE)

(74) Vertreter: **Pöpper, Evamaria, Dr. et al**
ABB Business Services Ltd
Intellectual Property (SLE-I),
Haselstrasse 16 Bldg. 699
5401 Baden (CH)

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

(72) Erfinder:
• **Semmler, Klaus**
79787 Lauchringen (DE)

(54) **Kühlbares Bauteil**

(57) In das zu kühlende Material eines Bauteils (141) werden abwechselnd mit Ausblaseöffnungen (22) für ein Kühlmittel (9) Stifte (23) aus einem Werkstoff mit hoher Wärmeleitfähigkeit eingebracht, dergestalt, dass sie auf der Kühlseite (12) des Bauteils aus dem Bauteil herausragen. Diese Stifte werden in dem Bereich, der aus dem Bauteil herausragt, gekühlt, während ihnen in dem Bereich, der im Bauteil eingebettet ist, Wärme zugeführt wird. Durch die abwechselnde Anordnung mit Ausblaseöffnungen wird die Umströmung (7) der Stifte sichergestellt. Dieser Punkt ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Stifte in einem engen Spalt angeordnet sind, wie es speziell bei der Kühlung der Hinterkanten von Gasturbinenschaufeln der Fall ist. Die notwendige Anzahl an Ausblaseöffnungen und damit der Kühlmittelverbrauch wird gesenkt

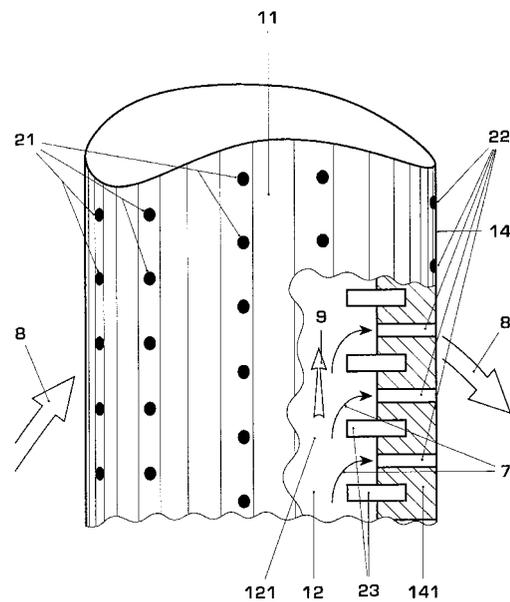


Fig. 1

EP 1 046 784 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein kühlbares Bauteil gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Die effiziente Kühlung der thermisch hochbelasteten Bauteile einer Gasturbine ist eine unabdingbare Bedingung für den Betrieb der modernen Maschinen. Entsprechend haben sich die Kühlmethode rasant weiterentwickelt.

[0003] Die einfachste Form der Kühlung ist die Konvektionskühlung, bei der ein Kühlmedium eine Oberfläche eines Bauteils überströmt, und diesem Wärme entzieht, während eine andere Oberfläche mit einem Wärmeeintrag beaufschlagt wird. Nachteilig bei der Konvektionskühlung ist insbesondere, dass die gesamte abzuführende Wärme durch die Bauteilwand hindurch transportiert werden muss. Die mit dem Wärmeeintrag beaufschlagte Fläche ist auf einer wesentlich höheren Temperatur als die gekühlte Fläche. Zudem werden erhebliche Temperaturgradienten über Bauteilwände und damit auch Thermospannungen hervorgerufen.

[0004] Lange Zeit wurde daher die aus US 3,527,543 bekannte Filmkühlung bevorzugt, bei der ein Kühlmittel - bevorzugt Luft, die aus dem Verdichter entnommen wird, oder Dampf - durch die Bauteilwand hindurch von einer Kaltgasseite zu der mit Heissgas beaufschlagten Heissgasseite strömt. Dabei nimmt das Kühlmittel einerseits Wärme aus dem Material auf, während es durch die Ausblaseöffnungen strömt. Zum anderen legt sich ein Film relativ kühlen Mediums über die Heissgasseite des Bauteils, und schützt diese vor dem unmittelbaren Kontakt mit dem heissen Medium. Verlegt man sich bei modernen Gasturbinen vollständig auf Filmkühlung, steigt der Kühlmittelverbrauch allerdings über die Masse an.

[0005] Die Entwicklung ist daher verstärkt in die Richtung gegangen, das Kühlmittel vor der Ausblasung zu einer effizienten Konvektionskühlung einzusetzen. Bei der Prallkühlung, die beispielsweise aus der DE 44 30 302 hervorgeht, trifft das Kühlmittel mit möglichst hoher Geschwindigkeit auf das zu kühlende Bauteil, wodurch der konvektive Wärmeübergang vom Bauteil zum Kühlmittel intensiviert wird. Die gute Kühlwirkung wird allerdings mit vergleichsweise hohen kühlungsseitigen Druckverlusten erkauft.

[0006] Weiterhin ist die Prallkühlung nicht überall ohne weiteres einsetzbar. Probleme ergeben sich besonders im Bereich der Schaufelhinterkanten aufgrund der geometrischen Ausgestaltung. Andererseits ist gerade dort eine gute Kühlung des Materials notwendig, da die dem Heissgas ausgesetzte Oberfläche im Vergleich zur Materialstärke gross und die Oberfläche der Kaltgasseite hingegen verhältnismässig klein ist. Wei-

terhin zeigt sich in der Praxis, dass es tatsächlich sehr problematisch ist, in einer geschlossenen Struktur derart enge Spalte wie sie kühlungsseitig im Bereich der Hinterkante vorliegen, zu durchströmen. In diesem Bereich stossen die Innenwände des hohlen Bauteils unter einem spitzen Winkel aneinander, und die Strömungsgrenzschichten auf der Kühlseite wachsen zusammen. Die Strömungsgeschwindigkeit in dem engen Spalt wird sehr klein, und die Kühlmittelströmung wird in andere Teile des Bauteilinnenraums verdrängt. Der Verbesserung der konvektiven Kühlwirkung, sind also aufgrund der Verdrängungswirkung der Strömungsgrenzschichten enge Grenzen gesteckt.

[0007] Die gängigste und sicherste Art der Kühlung von Schaufelhinterkanten zumindest luftgekühlter Gasturbinen, ist bis heute die Hinterkantenausblasung, die sich sehr stark an die Filmkühlung anlehnt, und oft etwas ungenau auch unter diesem Sammelbegriff mit eingeschlossen wird. Kühlmittel strömt hierbei durch eine Anzahl von Öffnungen in der Hinterkante aus, und nimmt dabei Wärme aus dem Material der Schaufel auf. Aufgrund des Einbringens der Ausblaseöffnungen in die Hinterkante wird eine Konvektion durch den engen Kühlungsspalt erzwungen, dergestalt, dass oben zitierte Verdrängungsphänomene nicht auftreten. Andererseits sollte der Mittenabstand zweier Kühlungsöffnungen an der Hinterkante klein sein, und acht hydraulische Durchmesser der Öffnungen möglichst nicht übersteigen. Mittels dieser Auslegungsrichtlinie wird dafür Sorge getragen, dass beim Einsatz üblicher Schaufelmaterialien die Temperaturvariation entlang der Schaufelhinterkante in einem vertretbaren Rahmen bleibt, und lokale Überhitzungserscheinungen vermieden werden. In der Summe aller Ausblaseöffnungen gibt eine Hinterkantenausblasung somit einen grossen Strömungsquerschnitt frei, und trägt einen erheblichen Anteil zum Verbrauch an Kühlmittel bei, den es im Interesse einer Wirkungsgradsteigerung zu minimieren gilt.

[0008] Somit ergibt sich die Situation, dass aufgrund spezieller fluidmechanischer Bedingungen im Inneren einer Turbinenschaufel der Einsatz konvektiver Kühlmethode zur Hinterkantenkühlung eingeschränkt ist. Die Hinterkantenausblasung hingegen hat über den Kühlmittelverbrauch negative Auswirkungen auf die Effizienz des Gasturbinen-Kreisprozesses.

[0009] In der DE 196 54 115 wird daher vorgeschlagen, bei der Kühlung von Schaufelhinterkanten auf die Hinterkantenausblasung zu verzichten, und statt dessen thermisch hochleitende Stifte in das Hinterkantenmaterial einzubringen, welche Stifte in das von Kühlmittel durchströmte Schaufelinnere hineinragen. Damit soll Wärme aus dem Hinterkantenmaterial heraus transportiert und an die Kühlluftströmung abgegeben werden. Die Stifte wirken in diesem Fall, wenn sie hinreichend gut von dem Kühlmittel gekühlt werden, als Wärmesenken in dem Basismaterial der Schaufel. Jedoch stellt sich hier ebenfalls das bereits diskutierte Problem, dass im Bereich der Hinterkante an den spitzwinklig zulauf-

fenden Innenwänden die Strömungsgrenzschichten zusammenwachsen, und die Kühlströmung in andere Bereiche des Schaufelinnenraums verdrängt wird. Die Stifte erhöhen die Versperrung des Kühlkanals nochmals, und werden letztlich nicht in der gewünschten Masse von der Kühlluft umströmt, dergestalt, dass der Wärmeübergang von den Stiften zum Kühlmedium eingeschränkt wird und eine suboptimale Wärmesenkenwirkung der Stifte resultiert.

Darstellung der Erfindung

[0010] Hier greift die Erfindung. Bei einem kühlbaren Bauteil, bestehend aus einem Basismaterial, welches Bauteil im Betrieb auf einer Heissgasseite mit einem ersten strömenden Medium und auf einer Kaltgasseite mit einem zweiten strömenden Medium in Kontakt ist, wobei die Temperatur des ersten Mediums höher ist als die des zweiten Mediums, dergestalt, dass das Bauteil von dem ersten Medium erwärmt und von dem zweiten Medium gekühlt wird, und wobei das Basismaterial des Bauteils Stifte umschliesst, welche Stifte aus der Kaltgasseite heraus in die Strömung des zweiten Mediums hineinragen, und welche Stifte aus einem Material bestehen, dessen Wärmeleitfähigkeit grösser ist als diejenige des zur Herstellung des Bauteils verwendeten Basismaterials, dergestalt, dass die Stifte im Betrieb als Wärmesenken in dem Basismaterial wirken, soll der Wärmeübergang von den Stiften zum Kühlmedium verbessert werden.

[0011] Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass das Bauteil Ausblaseöffnungen aufweist, durch welche im Betrieb mindestens ein Teil besagten zweiten Mediums von der Kaltgasseite zur Heissgasseite strömt, dergestalt, dass die Ausblaseöffnungen ebenfalls als Wärmesenken wirken, und dass entlang mindestens einer Linie auf der Kaltgasseite jeweils mindestens ein Stift und mindestens eine Öffnung angeordnet sind. Bei einem entsprechenden Druckgefälle zwischen den beiden Strömungsmedien resultiert aus der zusätzlichen Einbringung von Ausblaseöffnungen auch in einem engen Spalt eine erzwungene Konvektionsströmung, die Kühlmittel um die Stifte herumführt.

[0012] Kern der Erfindung ist also einerseits, die Wärme anstatt über das durch die Ausblaseöffnungen hindurchströmendes Kühlmittel durch thermisch hochleitende Stifte aus dem Material herauszuführen, um somit den Kühlmittelverbrauch einzuschränken. Die Einschränkung des Kühlmittelverbrauchs hat gerade dann eine sehr positive Wirkung auf den Wirkungsgrad, wenn Verdichterluft zu Kühlzwecken verwendet wird. Zweckmässig werden die Stifte dabei entlang auf der Kaltgasseite verlaufender Fluchten angeordnet, analog zu der Anordnung der Ausblaseöffnungen bei der Filmkühlung. Andererseits verhindern die fluidmechanischen Randbedingungen in einem geschlossenen Kühlsystem innerhalb einer Komponente beispielsweise bei der Kühlung einer Schaufelhinterkante einen guten kon-

vektiven Wärmeübergang von den Stiften zum Kühlmittel, was aber eine Bedingung für die Funktion der Kühlvorrichtung ist. Daher werden zwischen den Wärmeleitstiften Ausblaseöffnungen eingebracht, die ihrerseits einen Teil der Kühlung übernehmen, andererseits aber für eine gute Umströmung der Stifte und für eine Abfuhr des konvektiv erwärmten Kühlmittels sorgen. Dabei wird die Kühlwirkung sogar noch über das Mass jeder einzelnen für sich betrachteten Kühlungsmethode gesteigert, weil die Stifte in Ihrer Längsrichtung wie auch radial intensiv umströmt werden. Die Wirkung kann noch verbessert werden, wenn auf der Kaltgasseite angeordnete Leiteinrichtungen das zu den Ausblaseöffnungen strömende Kühlmittel über die Wärmeleitstifte lenken.

[0013] Bei Einsatz der erfindungsgemässen Kühlkonfiguration werden also weniger Öffnungen benötigt, als bei der reinen Kühlung durch Ausblasung, wodurch der Verbrauch an Kühlmittel gesenkt wird. Da andererseits die Wärmeleitstifte dem Material Wärme entziehen, die Wärmesenkenverteilung im Bauteil also konstant gehalten wird, wird die Temperaturverteilung im Bauteil nicht ungleichmässiger.

[0014] Die Anordnung von Ausblaseöffnungen und Wärmeleitstiften kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen, und wird im Einzelfall natürlich eine detaillierte Berechnung der Temperaturverteilungen in der Maschinenkomponente erfordern. Für die geometrische Anordnung der Stifte und Öffnungen relativ zueinander wird es sich als geeignet erweisen, eine Anzahl von abwechselnd angeordneten Stiften und Öffnungen in einer Flucht anzuordnen, analog der Anordnung der Ausblaseöffnungen in Reihen. Für einen minimierten Kühlmittelverbrauch wird sich wohl die abwechselnde Anordnung von je zwei Stiften und einer Ausblaseöffnung geeignet erweisen, wobei die Öffnung zweckmässig mittig zwischen zwei Stiften angeordnet ist. Zur Erzielung einer möglichst homogenen Temperaturverteilung wird hingegen die abwechselnde Anordnung von je einem Stift und einer Öffnung zu bevorzugen sein. Eine äquidistante Anordnung von Stiften und Öffnungen wird dabei in den allermeisten Fällen ebenfalls dazu beitragen, die Temperaturdifferenzen innerhalb des Bauteils bei einem vorgegebenen Gesamtausblasequerschnitt zu minimieren. Es wird im Sinne einer gleichmässigen Temperaturverteilung in der wie beschrieben zu kühlenden Sektion des Bauteils sein, wenn der Abstand zwischen zwei Wärmesenken nicht mehr als acht hydraulische Durchmesser einer Ausblaseöffnung beträgt. Im gleichen Zusammenhang sollten die Stifte mit ihren Längsachsen mehr oder weniger parallel zu den Ausblaseöffnungen angeordnet sein, damit der Wärmefluss stets in die gleiche Richtung verläuft.

[0015] Um den angestrebten Effekt zu erzielen, muss die Wärmeleitfähigkeit des Materials, aus dem die Stifte bestehen, möglichst hoch sein, und wenigstens den dreifachen Wert des Basismaterials aufweisen. Auch der Schmelzpunkt des Werkstoffs muss selbstverständlich hinreichend hoch sein. Werkstoffe, die für die Her-

stellung der Wärmeleitstifte in Frage kommen, sind beispielsweise Wolfram, Silber, oder ganz besonders Diamant. Die Stifte müssen einen möglichst guten Wärmeübergang zum Basismaterial haben, was sich dadurch realisieren lässt, dass sie in den Bauteilen mit eingegossen werden. Dabei sollten sie aber keinesfalls die komplette Materialstärke des Bauteils von der Kaltgasseite bis zur Heissgasseite durchdringen, um keine nachteilige Wärmebrücke entstehen zu lassen. Mit Vorteil werden die Stifte so tief in das Basismaterial eingebracht, wie es 30% bis 80% der Materialstärke entspricht. Dies gewährleistet einerseits eine grosse Wärmeaustauschfläche, andererseits wird die Bildung thermischer Brücken vermieden. Weiterhin müssen die Wärmeleitstifte selbstverständlich um ein gewisses axiales Mass in das Kühlmittel hineinragen.

[0016] Wie einleitend dargestellt, entfaltet die erfindungsgemässe Kühlkonfiguration ihre spezifischen Vorteile ganz besonders beim Einsatz in hohlen Bauteilen, in deren Innerem die Durchströmung eines Kühlmediums vorgesehen ist, und zwar insbesondere dort, wo Bauteilwände in einem spitzen Winkel zusammenstossen. Diese Konfiguration findet sich insbesondere an den Hinterkanten von Gasturbinenschaufeln.

[0017] Die erfindungsgemässe Kühlkonfiguration ist weiterhin bei der Kühlung von Schaufelplattformen vorteilhaft einzusetzen. Dort helfen die Stifte einerseits, Wärme aus den sehr massiv gebauten Plattformen abzuführen, ohne den Kühlluftverbrauch über die Massen ansteigen zu lassen. Hierbei kann die erfindungsgemässe Kühlkonfiguration mit Vorteil auch mit einer Prallkühlung kombiniert werden

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0018] Nachfolgend soll die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Im einzelnen zeigen

- Fig. 1 eine erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zur Kühlung der Hinterkante einer Gasturbinenschaufel
- Fig. 2 eine Draufsicht auf die in Fig. 1 dargestellte Gasturbinenschaufel
- Fig. 3 eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zur Kühlung der Hinterkante einer Gasturbinenschaufel
- Fig. 4 und 5 Beispiele für mögliche Varianten der Gestaltung der Wärmeleitstifte
- Fig. 6 ein weiteres Beispiel für die Anwendung der Erfindung bei der Kühlung einer Plattformkante, und Fig. 7 einen Schnitt entlang der in Fig. 6 eingezeichneten Linie VII - VII.

[0019] Die in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele sind lediglich instruktiver Natur, und sollen nicht zu einer Eingrenzung des Erfindungsgegenstandes dienen. Die Erfindung ist weder durch die dar-

gestellten speziellen Ausführungsformen noch durch die Anwendungen, in deren Zusammenhang sie nachfolgend dargestellt wird, abgegrenzt, sondern im Gegenteil werden dem Durchschnittsfachmann durch die folgenden Beispiele eine Vielzahl weiterer Anwendungsmöglichkeiten und Ausgestaltungsformen der in den Ansprüchen gekennzeichneten Erfindung offenbart.

10 Wege zur Ausführung der Erfindung

[0020] Eine erste bevorzugte Ausführung der Erfindung ist in zwei Ansichten in den Figuren 1 und 2 dargestellt. Die hohlgegossene Turbinenschaufel wird im Betrieb von einer Heissgasströmung 8 umströmt, die einen Wärmeeintrag über die Heissgasseite 11 in das Material der Schaufel hinein verursacht. Bei heutigen Gasturbinen übersteigt die Temperatur des Heissgases die bei einer gegebenen mechanischen Belastung erlaubte Materialtemperatur erheblich. Daher kann die Funktion einer solchen Turbinenschaufel nur durch eine hinreichend gute Kühlung gewährleistet werden. Aus diesem Grund wird die Schaufel von Ihrer Kaltgasseite 12 her durch das Kühlmittel 9 gekühlt. Im Schaufelinneren können unterschiedliche Einbauten vorhanden sein, wie Prallkühlbleche, oder Stege zur Führung des Kühlmittels auf der Kaltgasseite.

[0021] Zur Nomenklatur sei angemerkt, dass in der vorliegenden Beschreibung und den Ansprüchen zwar aus Gründen der Einfachheit auf die Begriffe "Kaltgasseite" und "Heissgasseite" zurückgegriffen wird. Es muss jedoch wohl verstanden werden, dass dies tatsächlich keine Einschränkung bedeutet, und Fälle explizit nicht ausschliesst, in denen die Bauteiloberflächen von nicht gasförmigen Medien überströmt werden. Es geht vielmehr darum, einfache, prägnante und dem Fachmann geläufige Begriffe zu verwenden, aus denen er versteht, dass eine Oberfläche mit einem ersten Medium in Kontakt steht, eine zweite Oberfläche mit einem anderen Medium in Kontakt steht, welche Medien sich auf unterschiedlichen Temperaturen befinden, und wobei der Fachmann sofort den Schluss zieht, wo sich das relativ wärmere respektive kältere Medium befindet. Ebenso wenig schliesst die Bezeichnung "Heissgasströmung" eine Strömung eines nicht gasförmigen Mediums hoher Temperatur explizit aus. Des weiteren entnimmt der Fachmann dem Zusammenhang ohne weiteres die Bedeutung der relativen Begriffe "heiss" und "kalt".

[0022] Auf der Oberfläche der Schaufel sind Reihen von Ausblaseöffnungen 21 auf wesentlich normal zur Strömungsrichtung des Heissgases verlaufenden Linien zu erkennen. Kühlmittel, das durch diese Öffnungen hindurchströmt, nimmt einerseits Wärme aus dem Material auf; andererseits legt sich die kühlere Ausblaseströmung bei zweckmässiger Anordnung und Gestaltung der Ausblaseöffnungen 21 als isolierende Schicht über die Heissgasseite 11 der Schaufel, und isoliert diese teilweise gegen die Heissgasströmung 8.

[0023] Form und Grösse der Ausblaseöffnungen 21, wie auch deren Abstand voneinander, sind nicht erfindungswesentlich, und die gewählte Darstellung darf keinesfalls in einem einschränkenden Sinne verstanden werden.

[0024] Die in Fig. 2 dargestellte Draufsicht auf die Schaufel zeigt besonders gut eine Materialanhäufung 141 im Bereich der Hinterkante 14, sowie den hinterkantennah sich stark verengenden Innenraum 121. Diese Materialanhäufung ist stark überhitzungsgefährdet. Einerseits ist die Schaufel in diesem Bereich sehr dünn. Die Oberfläche auf der Heissgasseite 11 ist im Hinterkantenbereich wesentlich grösser als die Oberfläche auf der Kaltgasseite 12. Zudem ist eine solche Materialanhäufung mit potentiell sich ausbildenden grossen lokalen Temperaturdifferenzen extrem stark durch Wärmespannungsrisse gefährdet. Aufgrund der speziellen geometrischen Randbedingungen im Hinterkantenbereich muss die Wärme förmlich aus der Materialanhäufung heraus transportiert werden. Hierzu dient einerseits eine entlang der Hinterkante angeordnete Reihe von Ausblaseöffnungen 22. Eine durch diese hindurchströmende Kühlmittelmenge 7 nimmt Wärme aus der Materialanhäufung 141 auf und transportiert diese nach aussen ab. So gesehen, handelt es sich bei den Ausblaseöffnungen 22 um Wärmesenken. Um die Temperaturdifferenzen entlang der Hinterkante nicht zu stark anwachsen zu lassen und lokale Überhitzungen zu vermeiden, darf der Abstand zwischen den Wärmesenken ein gewisses Höchstmass nicht überschreiten. Als Faustregel für ein Designkriterium wird angegeben, dass der Abstand zwischen zwei Ausblaseöffnungen 22 acht hydraulische Durchmesser einer Ausblaseöffnung nicht überschreiten sollte. Dies resultiert zunächst in einer grossen Anzahl von Ausblaseöffnungen und damit in einem grossen Ausblasemassenstrom an der Schaufelhinterkante.

[0025] Um dies zu vermeiden, wird erfindungsgemäss zwischen jeweils zwei Ausblaseöffnungen 22 an der Hinterkante wenigstens - in diesem ersten Beispiel genau - ein Stift 23 aus einem Material mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit - diese sollte mindestens dreimal so hoch sein wie die Wärmeleitfähigkeit des Schaufelmaterials - in die Materialanhäufung 141 eingebracht, der als zusätzliche Wärmesenke dient. Vorzugsweise ragt jeder Wärmeleitstift zwei bis zwanzig Stiftdurchmesser in den Schaufelinnenraum hinein, und hat einen möglichst guten Kontakt zu dem Schaufelmaterial. Letzteres kann realisiert werden, indem die Stifte beim Guss der Schaufel mit eingegossen werden. Dabei müssen sie auf einer gewissen Länge im Schaufelmaterial eingebettet sein, ohne dieses jedoch zu durchdringen, da sie ansonsten eine schädliche thermische Brücke zwischen der Heissgasseite 11 und der Kaltgasseite 12 der Schaufel herstellen. Es wird sich als günstig erweisen, wenn die Stifte auf einer Tiefe im Schaufelmaterial eingebettet sind, die zwischen 30% und 80% der gesamten Materialstärke entspricht, wobei das günstigste Mass im

Einzelfall durch eine numerische Simulation der Wärmeflüsse zu bestimmen sein wird.

[0026] Im Sinne einer günstigen Temperaturverteilung sind die Stifte so angeordnet, dass ihre Längsachsen mehr oder weniger parallel zu den Ausblaseöffnungen verlaufen. Weiterhin ist es günstig, wenn entlang der Schaufelhinterkante eine Anzahl von Wärmeleitstiften und Ausblaseöffnungen annähernd in einer Flucht angeordnet sind. Dies erweist sich insbesondere im Hinblick darauf als günstig, eine gute Umströmung der Stifte durch Kühlmittel zu gewährleisten, was ja eine notwendige Bedingung für die Funktion der Wärmeleitstifte als Wärmesenken darstellt.

[0027] Hier ist es tatsächlich so, dass die Kühlluftströmung 9 auf der Kaltgasseite 12 der Schaufelwände Grenzschichten aufbaut, und dass die Grenzschichten, die an gegenüberliegenden Wänden aufgebaut werden, in dem schmalen Kanal im Hinterkantenbereich zusammenlaufen, und die Kühlmittelströmung 9 aus diesem Bereich des Schaufelinnenraums 121 verdrängen. Die Verdrängungswirkung wird durch die Stifte noch verstärkt. Bei einer Anordnung, wie sie die DE 194 54 115 vorschlägt, ist aus diesem Grunde der konvektive Wärmeübergang zwischen den Wärmeleitstiften und dem Kühlmittel eher gering, wodurch die Wärmeleitstifte ihre Funktion als Wärmesenken in der Schaufelhinterkante suboptimal verrichten.

[0028] Bei der hier vorgeschlagenen Konfiguration induzieren die Hinterkanten-Ausblaseöffnungen 22 eine erzwungene Konvektion in dem engen Kühlpalt, und die Wärmeleitstifte werden bei geeigneter Anordnung von den Ausblaseströmen 7 umströmt und gekühlt. Es zeigt sich hier die enge Interdependenz der Hinterkanten ausblasung und der Wärmeleitstifte.

[0029] Eine weiter bevorzugte Ausführungsform zeigt Fig. 3. Dabei sind zwischen jeweils zwei Ausblaseöffnungen zwei Wärmeleitstifte angeordnet. Dadurch wird der Kühlmittelverbrauch gegenüber der in Fig. 1 dargestellten Geometrie nochmals verringert. In Fig. 3 sind weiterhin Strömungsleiteneinrichtungen 25 im Schaufelinneren eingebracht, die den Ausblaseluftstrom 7 über die Wärmeleitstifte führen. Derartige Massnahmen können natürlich auch bei einer Fig. 1 entsprechenden Konfiguration sinnvoll sein. Die Leitung des Kühlmittels zur Hinterkante kann auch durch entsprechende Turbulatoren im Haupt-Kühlkanal erfolgen.

[0030] Unabhängig von der gewählten spezifischen Konfiguration bei der Ausführung der Erfindung ist zumindest beim Einsatz an Schaufelhinterkanten mit Vorteil darauf zu achten, dass der Abstand zwischen zwei Wärmesenken nicht grösser gewählt wird als acht hydraulische Durchmesser einer Hinterkanten-Ausblaseöffnung. In diesem Zusammenhang sei noch die bevorzugte Querschnittsfläche der Stifte genannt, die zwischen ein und zehn Querschnittsflächen einer Ausblaseöffnung liegt.

[0031] Die Form der Wärmeleitstifte kann in weiten Grenzen variiert werden. So ist beispielsweise ein run-

der Querschnitt keineswegs zwingend. Zweckmässig ist es jedoch unter allen Umständen, die Erstreckung entlang einer Längsachse deutlich grösser als die Erstreckung in den anderen Richtungen zu wählen. Die Form der Wärmeleitstifte wird in erster Linie durch die Fertigungsmethode bestimmt sein, und ein zylinderförmiger Stift ist durch Abschneiden eines Drahtes besonders leicht erhältlich. Jedoch können durch die gezielte Gestaltung beispielsweise des in das Kühlmittel hineinragenden Teils des Stiftes die Umströmung des Stiftes wie auch die Wärmeaustauschfläche verändert werden. Zwei Beispiele für mögliche Geometrien sind in Fig. 4 und 5 dargestellt. Die in Fig. 4 gezeigte Bauform hält durch die konische Form den Durchströmquerschnitt zwischen dem Stift 23 und den kühlungsseitigen Bauteilwänden 12 weitgehend konstant. Konsolen 231 vergrössern die Wärmeaustauschfläche zwischen dem Basismaterial 141 und dem Wärmeleitstift 23, und verbessern die Fixierung des Stiftes im Basismaterial. Die gewellte Bauform aus Fig. 5 vergrössert ebenfalls die Wärmeaustauschfläche, sowohl material- als auch kühlmitteleitig.

[0032] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, Fig. 6, trägt eine Schaufelplattform 3 ein Schaufelblatt 1. Die gesamte Konfiguration wird von einer Heissgasströmung 8 angeströmt. Das Schaufelblatt wird auf an sich bekannte beliebige Weise gekühlt, wobei Kühlung und Kühlmittelzuführung des Schaufelblattes in der Figur nicht berücksichtigt sind. In die hohle Schaufelplattform strömt Kühlmittel 9 ein, und trifft auf einen Prallkühleinsatz 31. Das Kühlmittel strömt durch Öffnungen des Prallkühleinsatzes 32. Kühlmitteljets 91 treffen mit hoher Geschwindigkeit auf die Kaltgasseite 12 der Plattform, wo ein intensiver Konvektionswärmeaustausch stattfindet. Nachfolgend wird das Kühlmittel durch Ausblaseöffnungen 22 abgeführt. Wiederum sind, wie in dem in Fig. 7 dargestellten Schnitt entlang der Linie VII - VII gut zu erkennen, wesentlich in einer Flucht entlang der Plattformvorderkante Wärmeleitstifte 23 und Ausblaseöffnungen 22 abwechselnd angeordnet, so, dass der Ausblasestrom 7 erst die Wärmeleitstifte um- und schliesslich die Ausblaseöffnungen durchströmt. In dieser Draufsicht ist im Übrigen aus Gründen der Übersichtlichkeit ein Teil der Öffnungen des Prallkühleinsatzes nicht dargestellt.

[0033] Selbstverständlich kann auch die erfindungsgemässe Kühlung der Plattformkante mit den oben angegebenen Merkmalen, wie der Form der Wärmeleitstifte oder den Strömungsleiteinrichtungen, kombiniert werden. Weiterhin bleibt zu erwähnen, dass die im Ausführungsbeispiel in Fig. 6 und 7 dargestellte Prallkühlung fakultativ ist, wenn sie auch zweckmässig dazu beiträgt, das Kühlmittel besonders effizient auszunutzen.

[0034] Auf analoge Weise offenbart sich dem Fachmann eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten und speziellen Ausgestaltungen der in den Ansprüchen gekennzeichneten Erfindung, die nicht durch die Ausführungsbeispiele eingeschränkt ist.

Bezugszeichenliste

[0035]

5	1	Schaufelblatt
	3	Schaufelplattform
	7	Ausblaseströmung
	8	Heissgasströmung
	9	Kühlmittelströmung
10	11	Heissgasseite
	12	Kaltgasseite
	14	Hinterkante
	21	Ausblaseöffnungen
	22	Ausblaseöffnungen
15	23	Wärmeleitstift
	25	Strömungsleiteinrichtung
	31	Prallkühlblech
	32	Prallkühlöffnung
	91	Jet
20	121	Schaufelinnenraum
	141	Hinterkanten-Basismaterial
	231	Konsole

25 Patentansprüche

1. Kühlbares Bauteil, bestehend aus einem Basismaterial, welches Bauteil im Betrieb auf einer Heissgasseite (11) mit einem ersten strömenden Medium (8) und auf einer Kaltgasseite (12) mit einem zweiten strömenden Medium (9) in Kontakt ist, wobei die Temperatur des ersten Mediums höher ist als die des zweiten Mediums, dergestalt, dass das Bauteil von dem ersten Medium erwärmt und von dem zweiten Medium gekühlt wird, und wobei das Basismaterial des Bauteils Stifte (23) umschliesst, welche Stifte aus der Kaltgasseite (12) heraus in die Strömung des zweiten Mediums hineinragen, und welche Stifte aus einem Material bestehen, dessen Wärmeleitfähigkeit grösser ist als diejenige des zur Herstellung des Bauteils verwendeten Basismaterials, dergestalt, dass die Stifte im Betrieb als Wärmesenken in dem Basismaterial wirken, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil Ausblaseöffnungen (22) aufweist, durch welche im Betrieb mindestens ein Teil (7) besagten zweiten Mediums von der Kaltgasseite zur Heissgasseite strömt, dergestalt, dass die Ausblaseöffnungen ebenfalls als Wärmesenken wirken, und dass entlang mindestens einer Linie auf der Kaltgasseite jeweils mindestens ein Stift und mindestens eine Öffnung abwechselnd angeordnet sind.
2. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Anzahl von abwechselnd angeordneten Stiften und Öffnungen in einer Flucht angeordnet sind.

3. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stifte aus einem Material bestehen, dessen Wärmeleitfähigkeit wenigstens den dreifachen Wert der Wärmeleitfähigkeit des Basismaterials aufweist. 5
4. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen zwei Wärmesenken (22, 23) kleiner als das achtfache des hydraulischen Durchmessers einer Ausblaseöffnung (22) ist. 10
5. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Öffnungen (22) und Stifte (23) annähernd identische Abstände voneinander haben. 15
6. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stifte zwischen 30% und 80% einer lokalen Materialstärke, in der Längsrichtung der Stifte gemessen, in des Basismaterial des Bauteils hineinragen. 20
7. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stifte wenigstens doppelt so weit in das zweite Medium hineinragen, wie es dem Mass entspricht, das sich aus der Wurzel der Querschnittsfläche des Stiftes an der Durchdringung mit der Kaltgasseite ergibt. 25
30
8. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Kaltgasseite Mittel (25) angeordnet sind, die das Medium (7), das durch die Ausblaseöffnungen (22) strömt, über die Stifte (23) leitet. 35
9. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stifte parallel zu den Ausblaseöffnungen verlaufen. 40
10. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stifte in dem Bauteil eingegossen sind. 45
11. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil ein Hohlkörper ist, wobei die Heissgasseite aussen und die Kaltgasseite innen liegt. 50
12. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil eine Gasturbinenschaufel ist, und die Stifte (23) und Ausblaseöffnungen (22) entlang wenigstens einer Linie auf der Kaltgasseite (12) einer zur Gasturbinenschaufel gehörenden Schaufelplattform (3) angeordnet sind. 55
13. Kühlbares Bauteil nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil eine Gasturbinenschaufel ist, dass die Ausblaseöffnungen (22) und Stifte (23) entlang einer zur Schaufel gehörenden Hinterkante (14) angeordnet sind, und dass die Stifte ins Innere (121) der Gasturbinenschaufel hineinragen.

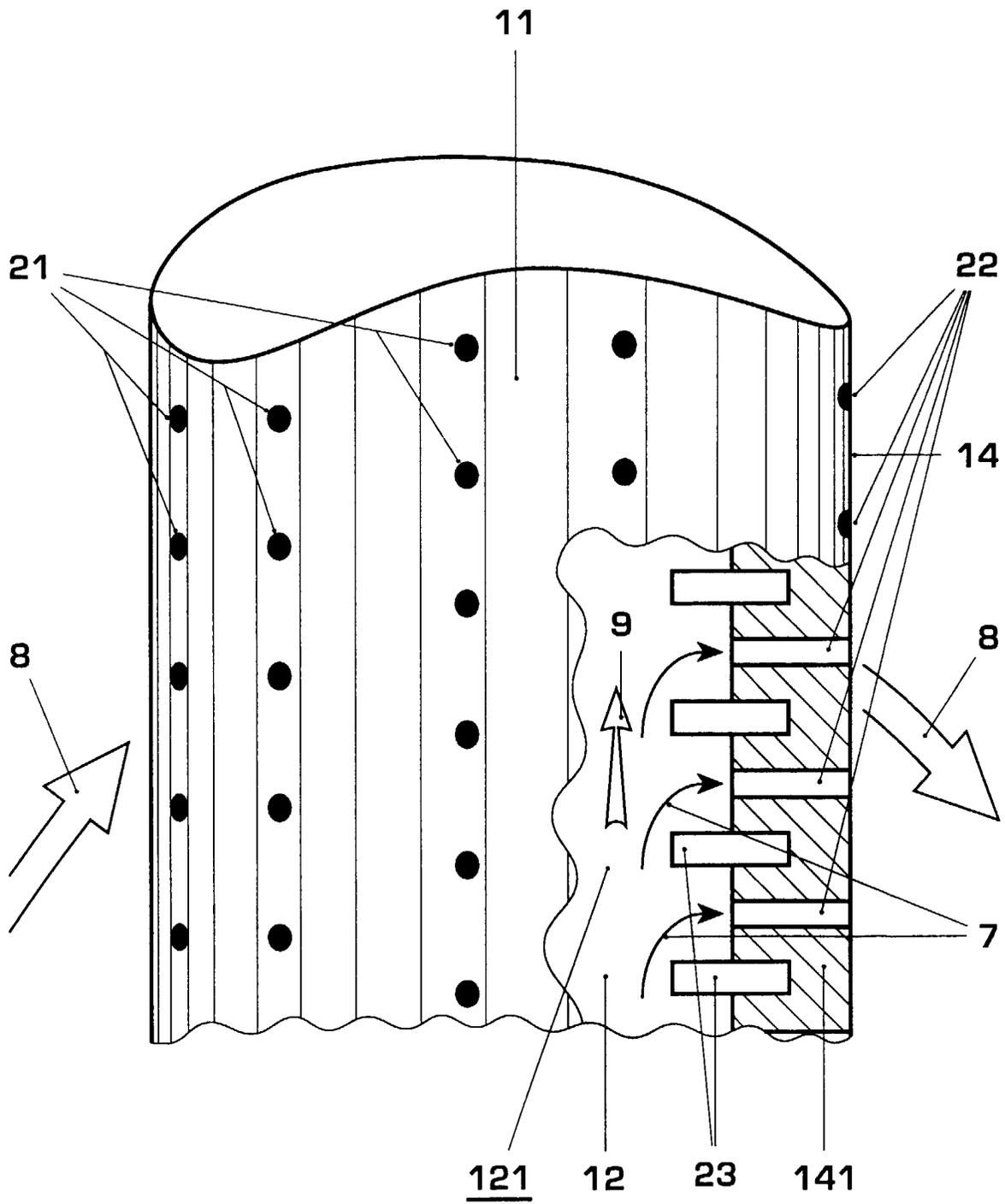


Fig. 1

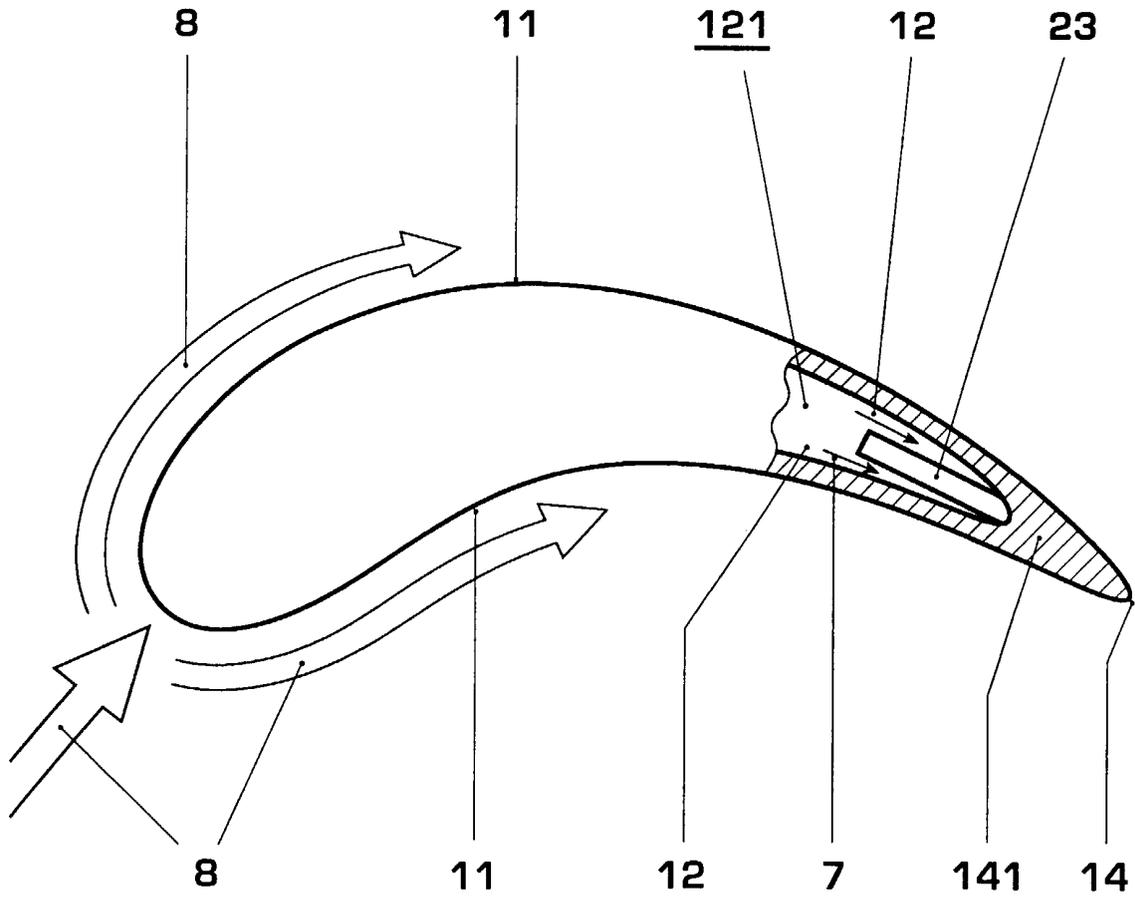


Fig. 2

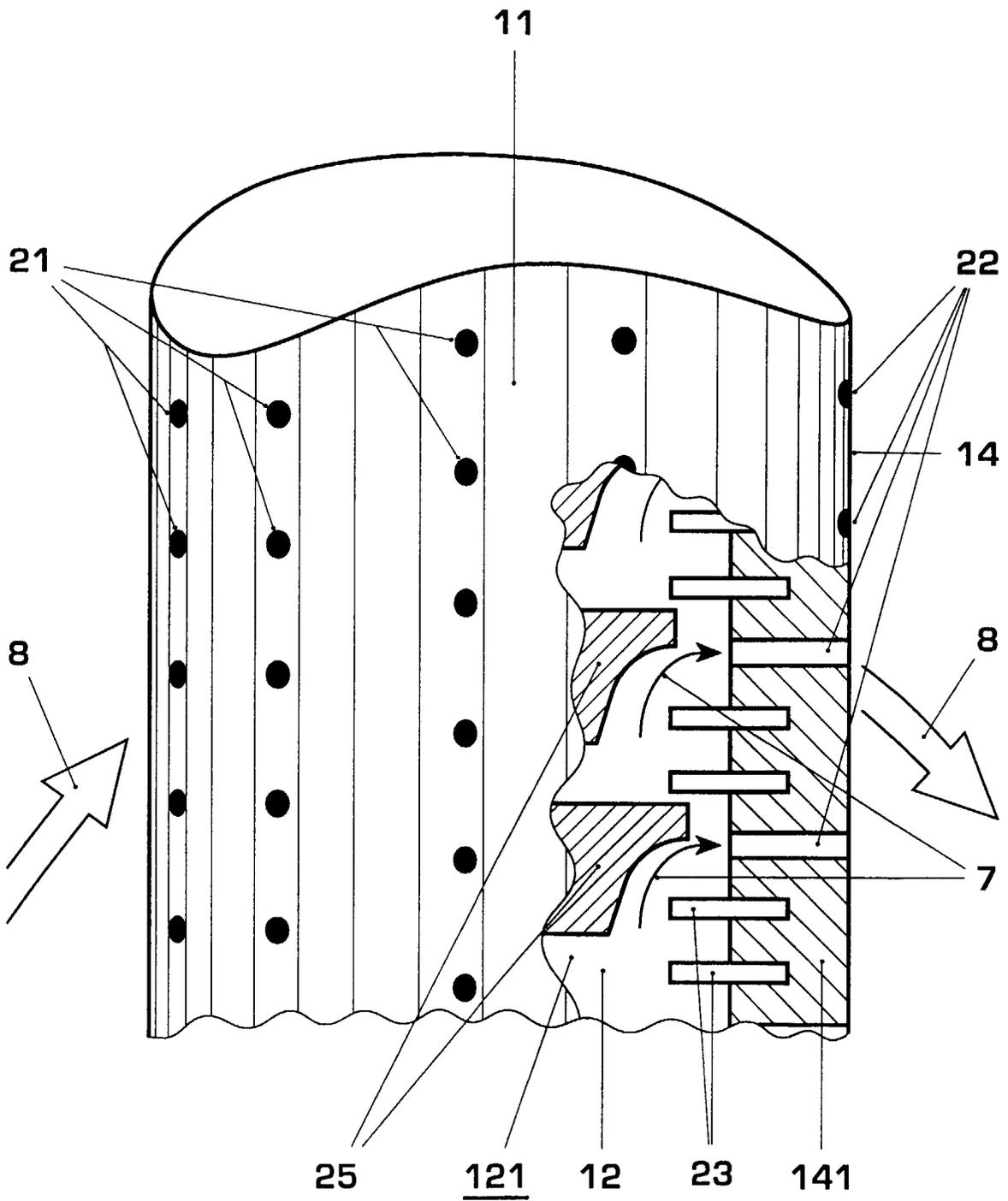


Fig. 3

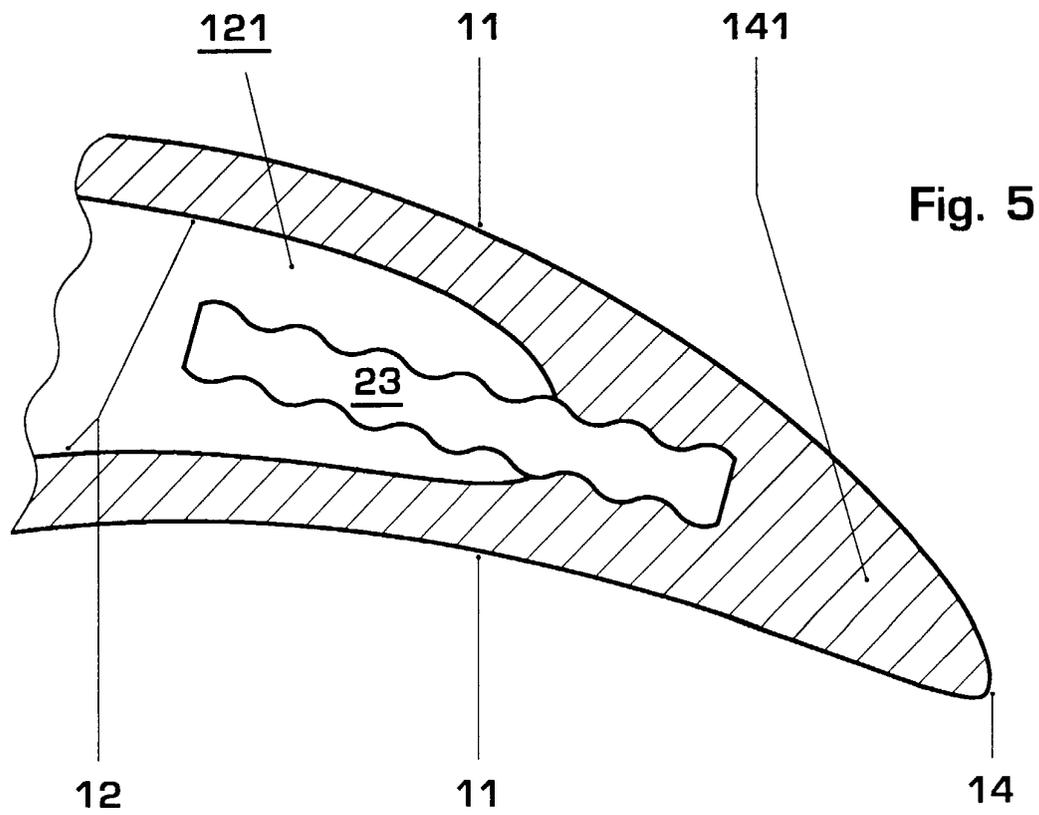
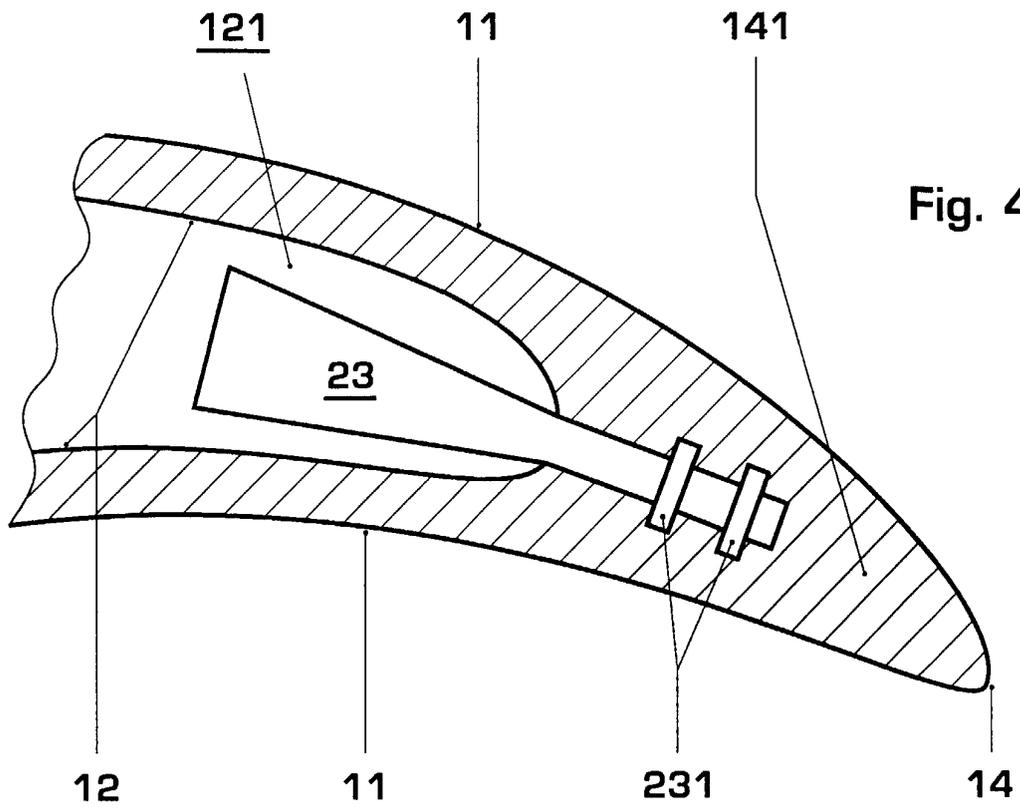


Fig. 6

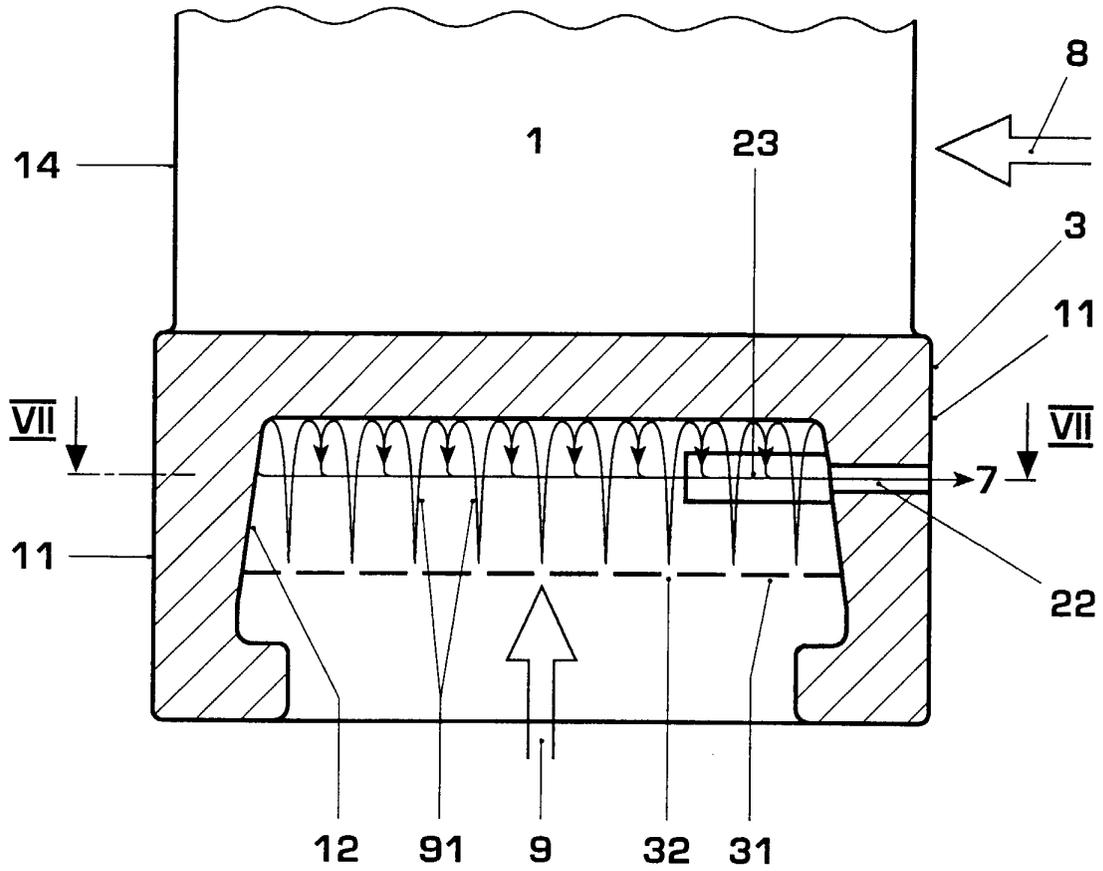
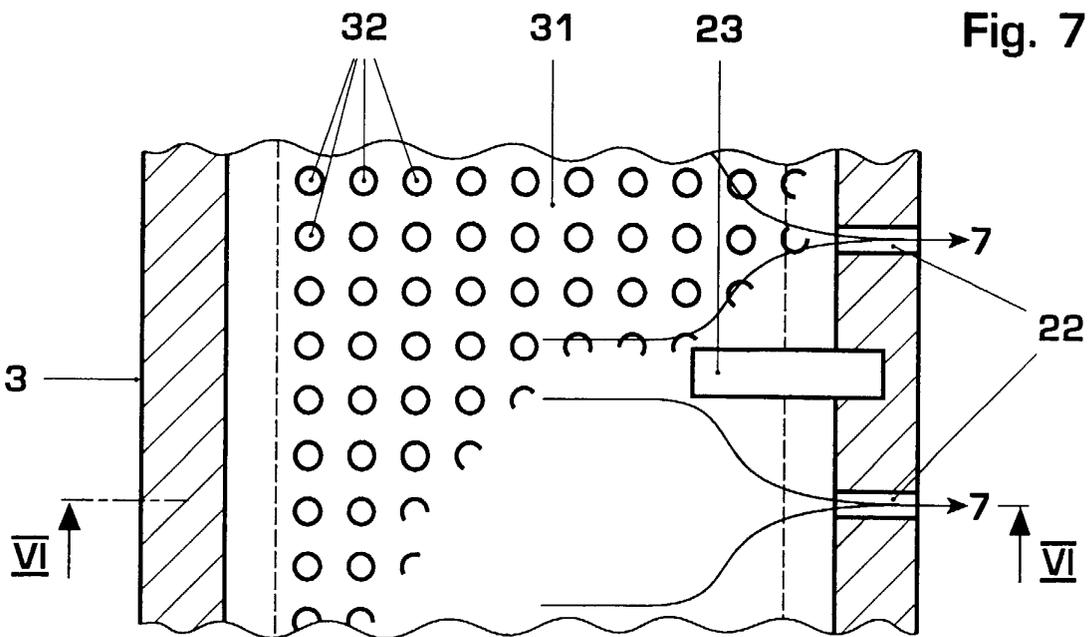


Fig. 7





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 81 0329

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch
X	GB 2 117 455 A (MOTOREN TURBINEN UNION) 12. Oktober 1983 (1983-10-12) * Abbildungen * ---	1,2,5-13
X	EP 0 750 957 A (ALLISON ENGINE CO INC) 2. Januar 1997 (1997-01-02) * Spalte 8, Absatz 2; Abbildungen 5,8 * ---	1,2,5,6, 8-12
A	GB 624 939 A (BBC) 20. Juni 1949 (1949-06-20) * Seite 2, Zeile 41 - Zeile 57; Abbildungen 12,13 * -----	1-13
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort		Prüfer
DEN HAAG		Raspo, F
Abschlußdatum der Recherche		
16. September 1999		
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 : mündliche 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		
		KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG
		F01D5/18
		RECHERCHIERTER SACHGEBIETE
		F01D

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 99 81 0329

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

16-09-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2117455 A	12-10-1983	DE 3211139 C	11-08-1983
		FR 2524059 A	30-09-1983
		JP 1383601 C	09-06-1987
		JP 58172407 A	11-10-1983
		JP 61051125 B	07-11-1986
		US 4505639 A	19-03-1985
EP 0750957 A	02-01-1997	US 5810552 A	22-09-1998
		US 5924483 A	20-07-1999
GB 624939 A		KEINE	

EPO FORM P0461

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