

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 892 150 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.02.2003 Patentblatt 2003/06

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

(21) Anmeldenummer: **97810475.0**

(22) Anmeldetag: **14.07.1997**

(54) **Kühlsystem für den Hinterkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel**

System for cooling the trailing edge of a hollow gasturbine blade

Système de refroidissement pour le bord de fuite des aubes creuses d'une turbine à gaz

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.01.1999 Patentblatt 1999/03

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

(72) Erfinder:
• **Harasgama, Prith Dr.**
5332 Rekingen (CH)

- **Johnson, Bruce Dr.**
5417 Untersiggenthal (CH)
- **Weigand, Bernhard Dr.**
79761 Waldshut-Tiengen (DE)
- **Wu, Pey-Chey Dr.**
Chiayi, Taiwan 600 (TW)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 130 038 **US-A- 5 634 766**

EP 0 892 150 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 ein Kühlsystem für den Hinterkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel, bei welcher sich vom Schaufelfuss bis zur Schaufelspitze ein längsdurchströmter Kanal erstreckt, welcher im Bereich des Schaufelblattes einerseits von den Innenwandungen der Hinterkante, der Saugseite und der Druckseite und andererseits von einem die Druckseite mit der Saugseite verbindenden Steg begrenzt ist, wobei die Innenwandungen der Saugseite und der Druckseite mit einer Mehrzahl von zumindest annähernd parallel verlaufenden Rippen versehen sind.

[0002] Die Erfindung bezieht sich somit ganz allgemein auf ein System zum Kühlen einer gekrümmten Wand, welche an einer Seite von einem heissen Medium und an ihrer anderen Seite von einem Kühlmittel umströmt ist.

Stand der Technik

[0003] Hohle, innengekühlte Turbinenschaufeln mit Flüssigkeit, Dampf oder Luft als Kühlmittel sind hinlänglich bekannt. Ein Problem stellt insbesondere die Kühlung des Hinterkantenbereiches von solchen Schaufeln dar, die im geschlossenen Kreis vom Kühlmittel durchströmt sind. Die die Hinterkante bildenden Wandungen umfassen einen Engspalt, aus dem die Wärme abzuführen ist. Hierzu darf der Engspalt in seiner Breite aus Herstellungsgründen einen minimalen Wert nicht unterschreiten. Um eine Überhitzung der Hinterkante zu vermeiden, dürfen auch keine grossen Materialansammlungen vorhanden sein. Darüber hinaus darf die Wandstärke aus Festigkeitsgründen ein bestimmtes Mass nicht unterschreiten. Diese Vorgaben führen dazu, dass innengekühlte Schaufeln mit grossen Rundungsradien an der Hinterkante versehen sind, was sich ungünstig auf den Schaufelwirkungsgrad auswirkt.

[0004] Ein Kühlsystem der eingangs genannten Art ist bekannt aus der DE-C2 32 48 162. Der betrachtete Bereich ist an seinen Innenwandungen mit Rippen bestückt, die von der Hinterkante bis hin zum Steg parallel zur Maschinenachse verlaufen. Sie sind zur Turbulenzauslösung und -förderung vorgesehen. Dabei weisen die Rippen eine gehörige Distanz zur eigentlichen Hinterkante auf, welche somit rippenfrei ausgeführt ist. Diese Rippen weisen in ihrer Axialersteckung eine gleichbleibende Höhe auf. Die wirksame Kühlung des eigentlichen Hinterkantenbereiches erfolgt durch Ausblasen des Kühlmittels über entsprechend konfigurierte Elemente.

[0005] Bei dem gattungsgleichen Kühlsystem gemäss US 5634766 sind die Rippen gegenüber der Maschinenachse geneigt angeordnet, und zwar dergestalt, dass die Rippen auf den gegenüberliegenden Innenwandungen von Druck- und Saugseite entgegengesetzt

ausgerichtet sind, das heisst, radial auswärts angeordneten Rippen der Saugseite stehen radial einwärts gerichtete Rippen der Druckseite gegenüber oder umgekehrt. Durch diese Anordnung soll eine gleichmassigere Beaufschlagung über den gesamten Querschnitt des hinteren Schaufelhohlraums mit einer turbulenten Kühlmittelströmung erreicht werden. Aber auch nach diesem Lösungsvorschlag erfolgt die wirksame Kühlung der eigentlichen Schaufelhinterkante durch Ausblasen des turbulenten Kühlmittels. Darüber hinaus wird der Hinterkantenbereich zusätzlich mittels einer Filmkühlung geschützt.

[0006] Weitere Überlegungen, wie mittels Rippen die Wärmeübertragung in sogenannten Dreieckskanälen - wie sie der Hinterkantenbereich einer Gasturbinenschaufel darstellt - verbessert werden kann, sind in der Zeitschrift "Journal of Thermophysics and Heat Transfer", Vol. 8, No. 3, July-Sept. 1994 auf den Seiten 574-579 in einem Artikel von Zhang et al dargelegt.

[0007] Das Problem bei den mit Rippen gleicher Höhe bestückten Dreieckskanälen besteht indes darin, dass durch den grossen Querschnitt an der Basis des Dreiecks infolge des geringeren Widerstandes dort eine zu grosse Menge Kühlmittel durchströmt, während im spitzen Teil des Dreieckes nur eine geringe Menge Fluid, meist in laminarer Form, strömt. Dies kann zu den in der Folge erläuterten Unzulänglichkeiten führen.

Darstellung der Erfindung

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kühlsystem der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem durch Steigerung der Turbulenz im Hinterkantenbereich und weitere Massnahmen eine beträchtliche Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten erzielt werden kann, und die Wärmeableitung aus dem bestehenden Engspalt, insbesondere bei solchen Schaufeln, die im geschlossenen Kreis vom Kühlmittel durchströmt sind, verbessert wird.

[0009] Erfindungsgemäss wird dies mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 erreicht.

[0010] Die neue Massnahme erlaubt u.a. eine Ausbildung der Schaufelhinterkante ohne Ausblasung und ermöglicht somit die Verwendung von Dampf oder anderer Medien zur Kühlung der Schaufel.

[0011] Besonders zweckmässig ist es, wenn das Verhältnis Höhe der Rippen zur örtlichen Höhe des Kanals von der Hinterkante in Richtung Steg zunimmt oder über die Längserstreckung der Rippen konstant ist. Mit dieser Massnahme kann in jeder Radialebene von der Hinterkante bis zum Steg ein Querschnitt mit zumindest annähernd gleicher Sperrung und somit gleichmässiger Strömungsverteilung erreicht werden. Dies hat den Vorteil, dass gegenüber dem eingangs erwähnten Stand der Technik die Hinterkante stärker beaufschlagt wird und gleichzeitig der Steg entlastet wird. Letzteres ist wichtig, um zu hohe Spannungen an den beidseitigen

Verbindungsstellen des kühlen Steges mit den heissen Schaufelwandungen zu vermeiden. Weiterhin wird durch die Rippenkonfiguration mit konstanter lokaler Kanalhöhe erreicht, dass Fluid in die Eckbereiche des Kanals gelangt und dort eine turbulente Strömung vorherrscht. Die Rippen mit konstanter lokaler Kanalhöhe gewährleisten überdies, dass eine sehr starke Sekundärströmung einsetzt, welche durch die grosse Rippenhöhe im freien Kanalquerschnitt gesteuert wird. Diese Sekundärströmung nimmt warmes Fluid aus den Eckenbereichen heraus und unterstützt die turbulente Vermischung in diesen Bereichen.

[0012] Eine weitere Entlastung des Stegbereiches wird dann erreicht, wenn die Höhe der Rippen im Bereich des Steges frühzeitig so reduziert wird, dass die Rippe nicht bis zum Steg reicht oder aber mit einer nur niedrigen Höhe an den Steg angrenzt. Die dann in diesem Bereich fehlende Turbulenz bewirkt eine vorteilhafte verminderte Kühlung des Steges im Verbindungsbe-

[0013] Weitere sinnvolle Ausbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0014] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer innengekühlten Gasturbinschaufel vereinfacht dargestellt. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Schaufel im Querschnitt;

Fig. 2 den Hinterkantenbereich der Schaufel nach Fig. 1;

Fig. 3 einen Längsschnitt durch den Hinterkantenbereich;

Fig. 4 eine Variante der Rippenanordnung;

Fig. 5 das Detail z aus Fig. 1 mit einer zum Stand der Technik zählenden Hinterkante.

[0015] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Insbesondere ist nicht dargestellt, wie das Kühlmedium in den Strömungskanal im Bereich der Hinterkante gelangt und an der Schaufelspitze aus der Schaufel abgezogen wird. Die Strömungsrichtung der beteiligten Medien ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0016] Die in Fig. 1 dargestellte, gegossene Schaufel weist drei Innenkammern a, b, und c auf, die von einem Kühlmittel, beispielsweise Dampf, senkrecht zur Zeichnungsebene durchströmt sind. Dabei werden die Innenseiten der die Schaufelkontur bildenden Wand W - die aussen beidseitig von heissen Gasen umströmt ist -

vom Kühlmittel umströmt und geben ihre Wärme an das Kühlmittel ab. In der Regel sind zumindest in den zwei vorderen Kammern a, b zahlreiche, hier nicht gezeigte Hilfsmittel wie Leitrippen, Strömungskanäle, Einsätze für Prallkühlung und dergleichen zur Verbesserung der Wandkühlung vorgesehen. Im Beispielsfall zirkuliert das Kühlmittel im geschlossenen Kreis, worunter verstanden wird, dass weder an der Vorderkante, der Saugseite, der Druckseite noch im Bereich der Hinterkante ein Ausblasen von Kühlmittel in den Strömungskanal erfolgt.

[0017] In der Hinterkammer c gibt es zwei Problem-bereiche. Zum einen die eigentliche dünnwandige Hinterkante, die von den heissen Gasen umströmt wird und einer besonders sorgfältigen Kühlung bedarf, da dort keine Filmkühlung durch Ausblasen vorgesehen ist und zum andern die Verbindungsstellen des Steges 9 mit den Innenwandungen der Saugseite 6 sowie der Druckseite 7, welche auf keinen Fall zu stark gekühlt werden sollen.

[0018] Die Problematik mit der eigentlichen Hinterkantengeometrie ist anhand von Fig. 5 erläutert. Der von den Wänden gebildete Einspalt E muss eine minimale Grösse haben, um genügend Kühlmittel zur Abfuhr der anfallenden Wärme aufnehmen zu können. Die innere Kantenabrundung ist deshalb mit dem Durchmesser d auszubilden. Dieser minimale Durchmesser wird in der Regel durch das Herstellungsverfahren bestimmt, beispielsweise Giessen. Aus Festigkeitsgründen kann ebenfalls eine minimale Wandstärke T nicht unterschritten werden. Um eine Überhitzung der Hinterkante zu vermeiden, darf es dort zu keiner grossen Materialansammlung kommen. Das Mass L_a entspricht demnach in der Regel der Wandstärke T. All dies führt dazu, dass die äussere Kantenabrundung mit einem relativ grossen Durchmesser D_a auszuführen ist. Soweit sind gekühlte Hinterkanten bekannt.

[0019] Unter Zuhilfenahme der an sich bekannten, mit der Schaufel vergossenen Rippen, indes in neuer Anordnung und Geometrie, löst die Erfindung mit ein und derselben Massnahme die vorherrschenden Probleme in beiden Bereichen.

[0020] Die Fig. 2 und 3 zeigen das Kühlsystem für den Hinterkantenbereich einer hohlen Gasturbinschaufel. Vom Schaufelfuss 1 bis zur Schaufelspitze 2 erstreckt sich ein längsdurchströmter Kanal 3, welcher der Kammer c in Fig. 1 entspricht. Im Bereich des Schaufelblattes 4 ist dieser Kanal von den Innenwandungen der Hinterkante 5, der Saugseite 6 und der Druckseite 7 sowie von einem die Druckseite mit der Saugseite verbindenden Steg 9 begrenzt. Die Innenwandungen der Saugseite 6 und der Druckseite 7 sind mit einer Mehrzahl schräg und zumindest annähernd parallel verlaufender Rippen 8 versehen, die über die Schaufelhöhe gestaffelt angeordnet sind. Die saugseitigen Rippen und die druckseitigen Rippen sind über die Schaufelhöhe um eine halbe Teilung gegeneinander versetzt.

[0021] Die Rippen verlaufen vom Steg 9 Richtung

Hinterkante radial auswärts unter einem Winkel von 45°. Es ist zu erwarten, dass Anstellwinkel zwischen 15° und 75° geeignet sind. Die Wirkung dieser schräg angestellten Rippen ist - neben der inhärenten, an sich bekannten Funktion als Wirbelerzeuger - folgende:

[0022] Die Rippenstruktur verursacht eine Sekundärströmung im Kanal 3, die warme Luft aus dem unmittelbaren Bereich der Hinterkante in die Mitte des Kanals befördert. Diese warme Luft wird durch kältere Luft aus der Kanalmitte ersetzt.

[0023] Die versetzte Anordnung der Rippen auf der Saugseite 6 und der Druckseite 7 bewirkt folgendes:

[0024] Gegenüber einer nichtversetzten Anordnung wird hierdurch eine sehr gute Anfachung der Wärmeübertragung erreicht durch eine Turbulenzintensivierung bei kleinem Druckverlust. Die Strömung wird andauernd gezwungen, den Hindernissen, welche die Rippen darstellen, auf Druck- und Saugseite auszuweichen, was in einem intensiven Wärmeübergang resultiert.

[0025] Das Verhältnis Höhe h der Rippen zur örtlichen Höhe H des Kanals 3 nimmt von der Hinterkante 5 in Richtung Steg 9 zu. Diese Höhenzunahme wird im Beispielsfall so gewählt, dass zwischen Hinterkante und Steg in jeder Axialebene ein frei durchströmter Kanal etwa gleicher Breite entsteht. Mit dieser Massnahme wird eine gleichmässige Kühlmittelverteilung über dem gesamten durchströmten Querschnitt erreicht. Erst durch das Einführen einer ortsabhängigen Rippenhöhe werden die beiden vorher genannten Mechanismen zur Erhöhung der Wärmeübertragung besonders wirksam. Die lokal ortsabhängige Rippenhöhe schafft im Kanal eine Strömung, die auch in den engen Hinterkantenbereich strömt, da hier die Strömungswiderstände nun etwa gleich gross sind wie im restlichen Kanal. Weiterhin wirkt sich die Gestaltung der neuen Rippen in der Kühlpassage sehr positiv und unterstützend auf die oben erwähnte Sekundärströmung im Kanal aus, welche die Luft aus der Hinterkante in den vorderen Kanalbereich schafft. Die hohen Rippen im vorderen Kanalbereich induzieren hierbei eine sehr starke Sekundärströmung.

[0026] Bei bestimmten Verhältnissen ist es günstig, wie experimentell nachgewiesen wurde, wenn das Verhältnis Höhe h der Rippen zur örtlichen Höhe H des Kanals über die Längserstreckung der Rippen konstant ist.

[0027] Wie aus Fig. 2 ersichtlich, nimmt die Höhe h der Rippen 8 im Bereich des Steges 9 stetig gegen null ab. Es versteht sich, dass herstellungsbedingt scharfkantige Verbindungen kaum möglich sind. Wie bereits erwähnt, hat diese Konfiguration den Vorteil, dass an der Verbindungsstelle des Steges mit den Innenwandungen das Kühlmittel nahezu störungsfrei an den Wandungen entlang strömt und damit weniger Kühlwirkung entwickelt. Selbstverständlich darf der Zwischensteg 9 niemals zu heiss werden. Sollte aufgrund der gewählten Konfiguration dieser Fall eintreten können, so besteht ohne weiteres die Möglichkeit, die Rippen bis zum Steg mit einer angepassten Höhe weiterzuführen, d.h. mit

gleicher oder reduzierter Höhe.

[0028] Die Höhe h der einzelnen über der Schaufelhöhe gestaffelten Rippen kann selbstverständlich der lokal vorliegenden Wärmebelastung angepasst sein. Eine Vergrösserung der Rippen gegen die Schaufelspitze hin ist insbesondere dann angebracht, wenn das Kühlmittel sich im Verlauf seines Weges durch den Kanal bereits stark erwärmt hat, so dass bei geringer Rippenhöhe die erforderliche Temperaturdifferenz zwischen zu kühlender Wand und Kühlmittel zum angestrebten Wärmeaustausch nicht mehr kleiner wird.

[0029] Eine ähnliche Wirkung kann erzielt werden, indem der Abstand der Rippen über die Schaufelhöhe variabel gestaltet wird. Selbstverständlich können auch beide Massnahmen kombiniert werden.

[0030] In Fig. 4 ist eine Variante dargestellt, bei welcher die in Richtung Steg 9 ebenfalls verbreiterten Rippen 8 an der Druckseite 7 vom Steg 9 in Richtung Hinterkante 5 radial auswärts gerichtet und die Rippen 8' an der Saugseite 6 vom Steg in Richtung Hinterkante radial einwärts gerichtet sind. Dieser Variante liegt die Überlegung zugrunde, dass an der thermisch höher belasteten Schaufelseite mehr Wärme abgeführt werden muss, wenn man im Hinterkantenbereich gleichmässige Metalltemperaturen über dem Profillumfang anstrebt.

[0031] Bei gegebenen Bedingungen - d.h. Geometrie und Wandstärke der Hinterkante und der seitlichen Wandungen; Geometrie der vom Kühlmittel zu durchströmenden Kammer c ; Wärmebelastung der Schaufelhinterkante; Art, Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels - sind demnach die Wahl des Rippen-Anstellwinkels, die lokale Höhe der in den durchströmten Kanal hineinragenden Rippen, die Anzahl und die Teilung der in der Radialen über die Schaufelhöhe gestaffelten Rippen massgebend für konstante Metalltemperaturen über die Blatthöhe.

[0032] Messungen haben ergeben, dass der Wärmeübergangskoeffizient mit den neuen schräg angestellten Rippen mit lokal veränderlicher Höhe um ein Mehrfaches höher ist als mit den bekannten in axialer Richtung verlaufenden Rippen.

Bezugszeichenliste

[0033]

a,b,c	Innenkammern der Schaufel
W	Schaufelwand
E	Engspalt
L	Länge der Materialansammlung
T	Wandstärke
d	innere Kantenabrundung
D	äussere Kantenabrundung
1	Schaufelfuss
2	Schaufelspitze
3	längsdurchströmter Kanal
4	Schaufelblatt
5	Hinterkante

6	Saugseite
7	Druckseite
8,8'	Rippe
9	Steg
h	Höhe der Rippe
H	örtliche Breite des Kanals 3

Patentansprüche

1. Kühlsystem für den Hinterkantenbereich einer hohlen Gasturbinenschaufel, bei welcher sich vom Schaufelfuss (1) bis zur Schaufelspitze (2) ein längsdurchströmter Kanal (3) erstreckt, welcher im Bereich des Schaufelblattes (4) einerseits von den Innenwandungen der Hinterkante (5), der Saugseite (6) und der Druckseite (7) und andererseits von einem die Druckseite mit der Saugseite verbindenden Steg (9) begrenzt ist, wobei die Innenwandungen der Saugseite und der Druckseite mit einer Mehrzahl von zumindest annähernd parallel verlaufenden Rippen (8) versehen sind, welche Rippen (8) vom Steg (9) in Richtung Hinterkante (5) schräg verlaufen und an zumindest einer der beiden Innenwandungen radial auswärts gerichtet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (h) der Rippen (8) von der Hinterkante (5) in Richtung Steg (9) zunimmt. 10
2. Kühlsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis Höhe (h) der Rippen (8) zur örtlichen Höhe (H) des Kanals (4) über die Längserstreckung der Rippen konstant ist. 15
3. Kühlsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (h) der Rippen (8) im Bereich des Steges (9) abnimmt. 20
4. Kühlsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe h der Rippen (8) über die Schaufelhöhe variabel ist. 25
5. Kühlsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilung der Rippen (8) zueinander über die Schaufelhöhe variabel ist. 30
6. Kühlsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** über die Schaufelhöhe die saugseitigen Rippen (8') und die druckseitigen Rippen (8) um eine halbe Teilung gegeneinander versetzt sind. 35
7. Kühlsystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rippen (8) an der Druckseite (7) vom Steg (9) in Richtung Hinterkante (5) radial auswärts gerichtet und die Rippen (8') an der Saugseite (6) vom Steg (9) in Richtung Hinterkante (5) radial einwärts gerichtet sind. 40

Claims

1. Cooling system for the trailing edge region of a hollow gas turbine blade, in which there extends from the blade root (1) to the blade tip (2) a duct (3) through which the flow passes longitudinally and which, in the region of the blade leaf (4), is delimited, on the one hand, by the inner walls of the trailing edge (5), the suction side (6) and the pressure side (7) and, on the other hand, by a web (9) connecting the pressure side to the suction side, the inner walls of the suction side and of the pressure side being provided with a plurality of ribs (8) running at least approximately parallel, which ribs (8) run obliquely from the web (9) in the direction of the trailing edge (5) and are directed radially outwards on at least one of the two inner walls, **characterized in that** the height (h) of the ribs (8) increases from the trailing edge (5) in the direction of the web (9). 5
2. Cooling system according to Claim 1, **characterized in that** the ratio of the height (h) of the ribs (8) to the local height (H) of the duct (4) is constant over the longitudinal extent of the ribs. 10
3. Cooling system according to Claim 1, **characterized in that** the height (h) of the ribs (8) decreases in the region of the web (9). 15
4. Cooling system according to Claim 1, **characterized in that** the height h of the ribs (8) is variable over the blade height. 20
5. Cooling system according to Claim 1, **characterized in that** the pitch of the ribs (8) relative to one another is variable over the blade height. 25
6. Cooling system according to Claim 1, **characterized in that** the suction-side ribs (8') and the pressure-side ribs (8) are offset (by half the pitch) relative to one another over the blade height. 30
7. Cooling system according to Claim 6, **characterized in that** the ribs (8) on the pressure side (7) are directed radially outwards from the web (9) in the direction of the trailing edge (5), and the ribs (8') on the suction side (6) are directed radially inwards from the web (9) in the direction of the trailing edge (5). 35

Revendications

1. Système de refroidissement pour la zone du bord arrière d'une pale creuse de turbine à gaz dans laquelle un canal (3) traversé longitudinalement par un écoulement s'étend depuis le pied de pale (1) jusqu'à la pointe de pale (2) et est délimité dans la 40

zone de la feuille de pale (4) d'une part par les parois intérieures du bord arrière (5), celles du côté aspiration (6) et celles du côté refoulement (7), et d'autre part par une traverse (9) qui relie le côté refoulement au côté aspiration, les parois intérieures du côté aspiration et du côté refoulement étant dotées d'une pluralité de nervures (8) qui s'étendent au moins approximativement en parallèle, lesquelles nervures (8) s'étendent obliquement depuis la traverse (9) en direction du bord arrière (5) et sont orientées radialement vers l'extérieur et vers au moins l'une des deux parois intérieures, **caractérisé en ce que** la hauteur (h) des nervures (8) augmente depuis le bord arrière (5) en direction de la traverse (9).

2. Système de refroidissement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le rapport entre la hauteur (h) des nervures (8) et la hauteur locale (H) du canal (4) est constant sur toute l'extension longitudinale des nervures.
3. Système de refroidissement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la hauteur (h) des nervures (8) diminue dans la région de la traverse (9).
4. Système de refroidissement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la hauteur (h) des nervures (8) varie en fonction de la hauteur de la pale.
5. Système de refroidissement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la répartition des nervures (8) les unes par rapport aux autres varie en fonction de la hauteur de la pale.
6. Système de refroidissement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les nervures (8') situées du côté aspiration et les nervures (8) situées du côté refoulement sont décalées les unes par rapport aux autres d'un demi-intervalle sur la hauteur de la pale.
7. Système de refroidissement selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** sur le côté refoulement (7), les nervures (8) sont orientées radialement vers l'extérieur depuis la traverse (9) et en direction du bord arrière (5), et **en ce que** sur le côté aspiration (6), les nervures (8') sont orientées radialement vers l'intérieur depuis la traverse (9) et en direction du bord arrière (5).

FIG.1

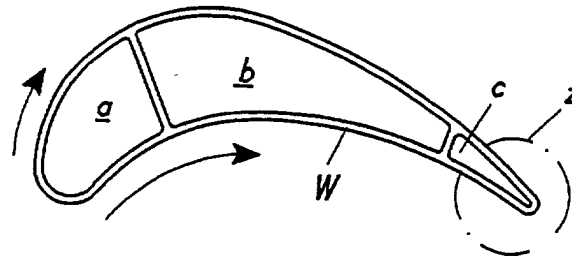


FIG.5

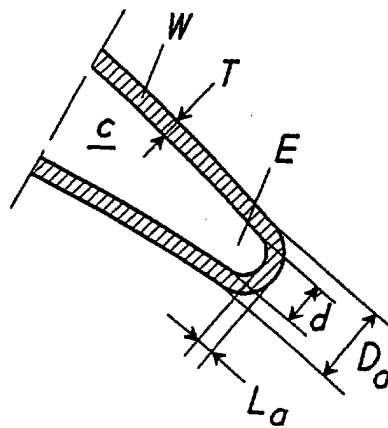


FIG.2

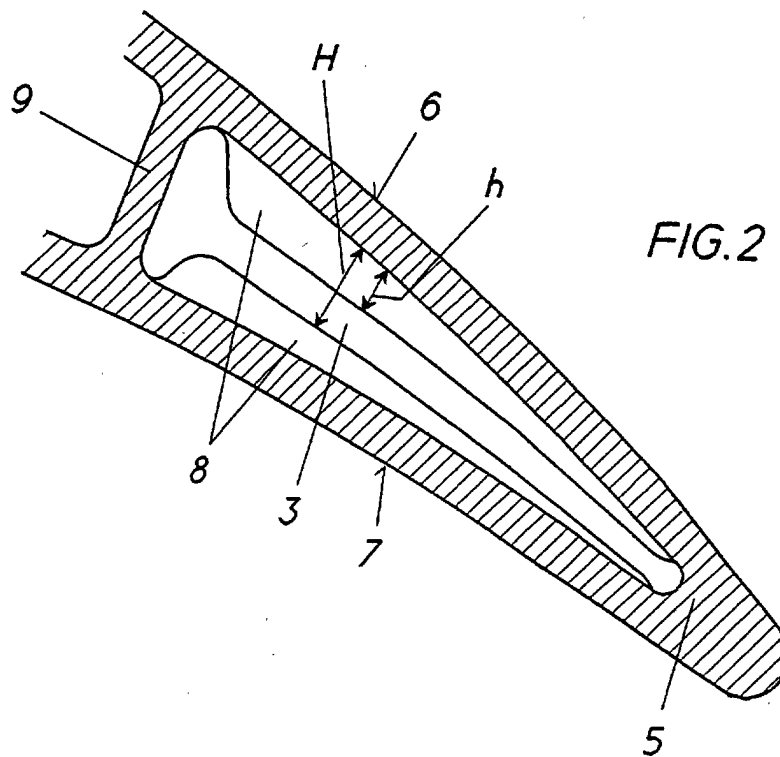


FIG.3

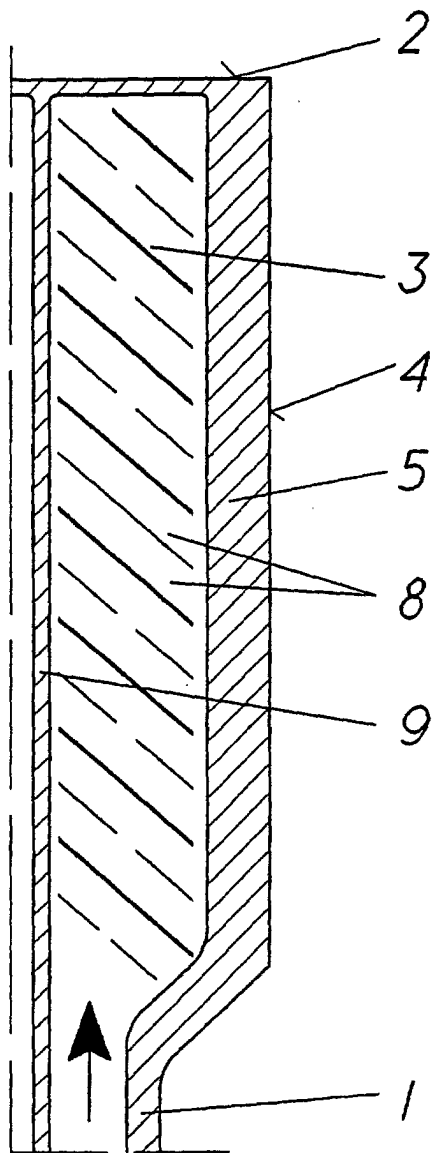


FIG.4

