

(19)



(11)

EP 1 292 760 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.11.2010 Patentblatt 2010/44

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **01949387.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2001/006502

(22) Anmeldetag: **08.06.2001**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/098634 (27.12.2001 Gazette 2001/52)

(54) **KONFIGURATION EINER KÜHLBAREN TURBINENSCHAUFEL**

CONFIGURATION OF A COOLABLE TURBINE BLADE

CONFIGURATION D'UNE AUBE DE TURBINE POUVANT ETRE REFROIDIE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **21.06.2000 EP 00113298**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.03.2003 Patentblatt 2003/12

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **TIEMANN, Peter
58452 Witten (DE)**
- **STRASSBERGER, Michael
80801 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 034 961 US-A- 2 641 440
US-A- 2 687 278 US-A- 3 017 159
US-A- 3 885 609 US-A- 5 462 405

EP 1 292 760 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine kühlfluiddurchströmte Turbinenschaufel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Eine solche, kühlfluiddurchströmte Turbinenschaufel hat innere Strömungskanäle, die durch Innenwände voneinander getrennt sind. Die Turbinenschaufel wird von dem Arbeitsfluid umströmt. Es kann sich um eine Turbinenschaufel einer Gasturbine handeln. Dann ist das Arbeitsfluid Gas. Die Turbinenschaufel ist gegenüber dem anströmenden Arbeitsfluid geneigt, so daß in üblicher Weise eine Kraftkomponente in Umfangsrichtung der Turbine entsteht. Daher ist die Abströmrichtung des Arbeitsfluids im wesentlichen diejenige Richtung entlang der Turbinenschaufel, in der das Arbeitsfluid diese umströmt.

[0003] Bei dem genannten Typ handelt es sich um eine Turbinenschaufel im hinteren Bereich einer Turbine. Dort ist das Arbeitsfluid bereits so weit entspannt und abgekühlt, daß lediglich gering gekühlte Turbinenschaufeln zur Anwendung kommen. Dies bedeutet, daß lediglich ein geringerer Durchfluß von Kühlfluid durch die Turbine vorgesehen ist. Aufgrund des geringen Durchflusses funktioniert eine Mäanderstruktur von Strömungskanälen für das Kühlfluid bei gering gekühlten Turbinenschaufeln nicht zufriedenstellend. Aufgrund der langsamen Strömungsgeschwindigkeit des Kühlfluids würde dieses im Anfangsbereich eines mäandrierenden Strömungskanals zu stark kühlen und im Endbereich zu stark aufgeheizt sein und dort folglich in zu geringem Maße kühlen. Bei den genannten Turbinenschaufeln kann auch die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlfluids hinsichtlich der auftretenden Zentrifugalkräfte der Turbinendrehung zu gering sein.

[0004] Daher ist die Turbinenschaufel lediglich einfach längs ihrer Radialerstreckung von dem Kühlfluid durchströmt. Bei einfacher Durchströmung - das heißt bei Strömungskanälen praktisch ohne Umkehrstellen bezüglich der Radialrichtung der Kühlfluidströmung - treten die oben genannten Probleme nicht auf. Dazu sind Turbinenschaufeln mit Radialbohrungen oder mit geraden Radialkanälen bekannt, die von einem radial inneren Schaufelfuß zu weiter radial außen liegenden Ausströmöffnungen - in die Anstreifkante eingebrachten Ausströmöffnungen - verlaufen. Die resultierende Kühlfluidströmung weist dann die erwünschten, lokalen - an jedem Ort des Strömungskanals - praktisch überwiegend bis ausschließlich nach radial außen gerichteten Radialströmungskomponenten auf.

[0005] Aufgrund der technisch bedingten Mindestmaße sowohl des Gußkerns als auch der Wandstärke ist die Durchströmung und damit auch der Kühleffekt bei solchen Turbinenschaufeln stark inhomogen. So kann der Bereich einer Hinterkante, die sich in Abströmrichtung verschmälern soll, aufgrund der genannten, durch den Herstellungsprozeß bedingten Mindestmaße in der Regel nicht mehr von einem radialen Strömungskanal

durchsetzt sein. Es kommt zu einer Überhitzung der überhängenden Hinterkante. Des weiteren ergeben sich Einschränkungen - insbesondere durch die oben genannten Mindestmaße - in der Geometrie der meist großen Turbinenschaufeln im hinteren Bereich der Turbine.

[0006] Des Weiteren ist beispielsweise aus der US 3,885,609 eine gekühlte Turbinenlaufschaufel bekannt. Die bekannte Turbinenlaufschaufel weist im Bereich des Schaufelprofils im Wesentlichen drei Kühlkanäle auf, wovon der erste, anströmseitige Kühlkanal über seine gesamte Erstreckung im Querschnitt zylindrisch ist. Die beiden anderen Kanäle dienen zur Kühlung des Schaufelblatts sowie zur Kühlung der unteren bzw. oberen Hälfte der Profilhinterkante, indem die in den jeweiligen Kanälen strömende Kühlluft nach Umlenkung von einer radialen Strömungsrichtung in eine axiale Strömungsrichtung dort ausgeblasen wird. Zur Trennung der im Inneren strömenden Kühlluft sind einströmseitig in Radialrichtung der Turbine verlaufende Trennrippen vorgesehen, welche stromabwärts vorgesehene Biegungen zur Umlenkung der Kühlluft zur Profilhinterkante umfassen.

[0007] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Turbinenschaufel anzugeben, die trotz eines geringen Kühlfluidstroms an die technischen Erfordernisse für gering gekühlte Turbinenschaufeln hinsichtlich ihrer Geometrie angepaßt ist und die trotzdem eine weitgehend homogene Kühlung, insbesondere in den Randzonen, erlaubt.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0009] Die Erfindung bietet den Vorteil, daß sie eine homogene Kühlung der Turbinenschaufel, insbesondere im Bereich der Kanten, erlaubt. Besonders problematisch ist hier der Bereich des Hinterkantenkanals, in dem die strömungstechnischen Anforderungen z.B. eine Verschmälerung der Turbinenschaufel verlangen.

[0010] Der genannte Vorteil wird unter anderem dadurch erreicht, daß eine oder mehrere Hinterkantenkanäle vorhanden sind, deren Kühlfluidströmung an vorbestimmten Stellen lokale Querströmungskomponenten aufweisen und bei denen Ausströmöffnungen in eine Hinterkante der Turbinenschaufel eingebracht sind. Durch die Verwendung der Hinterkante als Bereich der Ausströmung von Kühlfluid wird für gering gekühlte Turbinenschaufeln eine große Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten eröffnet, die bislang nicht zugänglich waren.

[0011] So können die Hinterkantenkanäle - zumindest teilweise - ihr Kühlfluid über die Ausströmöffnungen, die in die Hinterkante eingebracht sind, ableiten. Dadurch wird auch für die - in Abströmrichtung gesehen - vor den Hinterkantenkanälen gelegenen Kanäle mehr Freiraum geschaffen. Ausströmöffnungen - insbesondere an der Anstreifkante -, die vorher durch die Hinterkantenkanäle beaufschlagt waren, können nunmehr zum Ausleiten von Kühlfluid aus vor den Hinterkantenkanälen gelegenen Strömungskanälen dienen.

[0012] Es wird ein dreifacher Nutzeffekt erreicht: Damit wird es nämlich erstmals möglich, die Hinterkante einer

erfindungsgemäßen Turbinenschaufel effektiv und homogen zu kühlen und zugleich eine dünne Hinterkante (im Sinne einer verbesserten Aerodynamik) zu haben. Des weiteren wird für die Hinterkantenkanäle eine natürliche Abströmung des Kühlfluids erreicht, die es erlaubt, auch die vor den Hinterkantenkanälen gelegenen, vorderen Strömungskanäle in ihrer Geometrie und insbesondere in ihrem Abströmverhalten an die technischen Erfordernisse anzupassen.

[0013] Dies bedeutet, daß beispielsweise vordere Strömungskanäle mehr Ausströmlänge entlang der Anstreifkante beaufschlagen können, als dies bislang der Fall war. Da die Hinterkantenkanäle einerseits weiter in Abströmrichtung zur Hinterkante verlagert sind und andererseits durch ihre gebogene Form ausweichen, können die davor gelegenen, vorderen Strömungskanäle den entstandenen Freiraum ausfüllen. Die vorderen Strömungskanäle können aufgrund der lokalen Querströmungskomponenten der Hinterkantenkanäle ebenfalls derart gebogen sein, daß auch sie lokale Querströmungskomponenten aufweisen. Dadurch ist eine andere Raumausnutzung innerhalb des Kühlvolumens der Turbinenschaufel gegeben mit besserer Ausnutzung der Kühlluft.

[0014] Damit können erstmalig auch Turbinenschaufeln im hinteren Bereich der Turbine - also gering gekühlte Turbinenschaufeln - mit geringsten bis verschwindenden Einschränkungen hinsichtlich der Geometrie ausgeführt sein. Es ist beispielsweise eine hinlänglich bekannte Anforderung (aus Festigkeitsgründen und Abgußgründen), daß sich die Turbinenschaufel vom Schaufelfuß weg in radialer Richtung verschmälert. Da die Ausströmöffnungen der Hinterkante verwendet werden, können sich die übrigen, insbesondere vorderen und mittleren Strömungskanäle in dieser Richtung bezüglich ihrer Ausdehnung parallel zur Abströmrichtung erweitern und somit die Dickenabnahme in Radialrichtung durch Verbreiterung parallel zur Abströmrichtung und Nutzung mehrerer Ausströmöffnungen der Anstreifkante durch einen Strömungskanal kompensieren. Dadurch kann bei bestmöglichem Wirkungsgrad der Turbine ein praktisch gleichbleibender Innenquerschnitt der Strömungskanäle erreicht werden verbunden mit einem schlanken Profil. Dies ist nur mit der Erfindung möglich, da der zusätzliche Raum lediglich durch die nunmehr freigewordenen Ausströmöffnungen an der Anstreifkante und den gebogenen Verlauf der Strömungskanäle ermöglicht wird. Zudem ist eine geschwungene Profilform zur Optimierung der Aerodynamik (Randzoneneffekte) möglich - im Gegensatz zur gebohrten Schaufel - mit Kühlmöglichkeit der Hinterkante, im Gegensatz zu bisherigen Geometrien.

[0015] Wie bereits oben ausgeführt, wird durch die Erfindung erreicht, daß der lokale, resultierende, effektive Innenquerschnitt praktisch über die ganze Länge eines Strömungskanals bis auf bezüglich des Strömungswiderstandes des Strömungskanals praktisch vernachlässigbare Querschnittsabweichungen gleich groß ist. Die

Querschnittsabweichungen betragen vorzugsweise weniger als zwanzig Prozent und insbesondere weniger als zehn Prozent des genannten Innenquerschnitts. Die resultierende, effektive Gesamtquerschnittsfläche der Einströmöffnungen ist vorzugsweise gleich der Gesamtquerschnittsfläche der Ausströmöffnungen eines Strömungskanals, wobei die jeweilige Gesamtquerschnittsfläche dem Innenquerschnitt des zugehörigen Strömungskanals entspricht. Die Umfangsform eines Querschnitts eines Strömungskanals verändert sich dabei über die ganze Länge des Strömungskanals erfindungsgemäß.

[0016] Bevorzugte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0017] Die Strömungskanäle können derart geformt sein, daß Querströmungskomponenten in Abströmrichtung und entgegengesetzt vorhanden sind. Bevorzugt sind aber ausschließlich oder überwiegend Querströmungskomponenten in Abströmrichtung vorgesehen. Die Querströmungskomponenten bewirken eine Durchströmung der Hinterkante, die bislang nicht vorhanden war. Durch die Nutzung der genannten Querströmungskomponenten wird das Kühlfluid des weiteren automatisch zu den Ausströmöffnungen in der Hinterkante geführt.

[0018] Bevorzugt ist, daß ein Hinterkantenkanal und/oder ein vorderer Strömungskanal zumindest abschnittsweise, insbesondere mit ihren/seinen äußeren Radialabschnitten, von der Radialrichtung in Abströmrichtung abbiegen/abbiegt.

[0019] Um Totzonen zu vermeiden und den Strömungswiderstand insgesamt zu verringern, so daß das gesamte, zur Verfügung stehende Kühlvolumen effektiv ausgenutzt wird, ist vorgesehen, daß die Abbiegeabschnitte ausgerundet sind. Die Abbiegeabschnitte verlaufen dann ohne Kanten mit Krümmung.

[0020] Es können mehrere Hinterkantenkanäle vorhanden sein. Insbesondere ist der in Abströmrichtung gesehen letzte Hinterkantenkanal praktisch ausschließlich mit in die Hinterkante eingebrachten Ausströmöffnungen versehen. Unter Zugrundelegung der erfinderischen Idee, Querströmungskomponenten zu verwenden und Ausströmöffnungen in der Hinterkante vorzusehen, ist dies die effektivste Lösung und möglichst wenige - vorzugsweise gar keine - anderen Ausströmöffnungen als die der Hinterkante beaufschlagt und somit belegt.

[0021] Daher kann der letzte Hinterkantenkanal auch in einem Radialabstand radial innen vor der Anstreifkante enden. Erfindungsgemäß braucht dieser Kanal nämlich überhaupt keine Ausströmöffnungen in der Anstreifkante. Damit wird erst eine besonders effektive Formgebung der Turbinenschaufel - insbesondere hinsichtlich des Wirkungsgrades der Turbine - ermöglicht.

[0022] Zusätzlich kann ein radial durchgehender Hinterkantenkanal vorhanden sein, der sowohl in die Anstreifkante eingebrachte Ausströmöffnungen als auch in die Hinterkante eingebrachte Ausströmöffnungen auf-

weist. Ein solcher, radial durchgehender Hinterkantenkanal bildet quasi den Übergang zwischen einem vorderen Strömungskanal und einem Hinterkantenkanal, der lediglich Ausströmöffnungen aufweist, die in die Hinterkante eingebracht sind. Durch einen solchen, radial durchgehende Hinterkantenkanal wird ein weicher Übergang erreicht. Dadurch kann das zur Verfügung stehende Kühlvolumen effektiv genutzt werden.

[0023] Dann kann beispielsweise der letzte Hinterkantenkanal radial weiter innen liegende, in die Hinterkante eingebrachte Ausströmöffnungen und der radial durchgehende Hinterkantenkanal radial weiter außen liegende, in die Hinterkante eingebrachte Ausströmöffnungen aufweisen. Zwischen dem letzten Hinterkantenkanal und dem radial durchgehenden Hinterkantenkanal kann eine Öffnung, das ist ein Durchbruch im Innenbereich zwischen den beiden Strömungskanälen, vorgesehen sein. Die Wandung zwischen den einzelnen Strömungskanälen, die alle Strömungskanäle trennt, ist dann an der Stelle der Öffnung unterbrochen. Die durchgehende Verbindung dient dazu, Gießbarkeit im Sinne der Kernlage zu ermöglichen.

[0024] Eine erfindungsgemäße Turbinenschaufel ist gering gekühlt, d.h. ohne Mäanderstruktur der Strömungskanäle ausgeführt. Sie wird für den hinteren Bereich einer Turbine und/oder für gering gekühlte Turbinen/Turbinenschaufeln verwendet.

Patentansprüche

1. Kühlluiddurchströmte Turbinenschaufel, mit mehreren, in Abströmrichtung des Arbeitsfluids benachbart angeordneten Strömungskanälen, die zwischen Einströmöffnungen an einem radial inneren Schaufelfuß und demgegenüber weiter radial außen liegenden Ausströmöffnungen verlaufen, mit einer bezüglich der Radialrichtung praktisch umkehrfreien Kühlluiddurchströmung, und mit einem in Abströmrichtung gesehen vorderen Strömungskanal, dessen Ausströmöffnungen in eine Anstreifkante der Turbinenschaufel eingebracht sind, wobei zumindest ein Hinterkantenkanal vorhanden ist, dessen Kühlluiddurchströmung an vorbestimmten Stellen lokale Querströmungskomponenten aufweist und bei dem Ausströmöffnungen in eine Hinterkante der Turbinenschaufel eingebracht sind, wobei sich die Turbinenschaufel vom Schaufelfuß weg in radialer Richtung verschmälert, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich zumindest der vordere Strömungskanal zur Anstreifkante hin seine Ausdehnung parallel zur Abströmrichtung erweitert und somit die Dickenabnahme in Radialrichtung durch Verbreiterung parallel zur Abströmrichtung und durch Nutzung mehrerer Ausströmöffnungen der Anstreifkante durch den vorderen Strömungskanal kompensiert.

2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** Querströmungskomponenten in Abströmrichtung vorhanden sind.
3. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Hinterkantenkanal und/oder ein vorderer Strömungskanal zumindest abschnittsweise, insbesondere mit ihren/seinen äußeren Radialabschnitten, von der Radialrichtung in Abströmrichtung (2) abbiegen/abbiegt.
4. Turbinenschaufel nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** ausgerundete Abbiegeabschnitte vorhanden sind.
5. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere Hinterkantenkanäle vorhanden sind.
6. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der in Abströmrichtung gesehen letzte Hinterkantenkanal ausschließlich in die Hinterkante eingebrachte Ausströmöffnungen aufweist.
7. Turbinenschaufel nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der letzte Hinterkantenkanal in einem Radialabstand radial innen vor der Anstreifkante endet.
8. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein radial durchgehender Hinterkantenkanal vorhanden ist, der sowohl in die Anstreifkante eingebrachte Ausströmöffnungen als auch in die Hinterkante eingebrachte Ausströmöffnungen aufweist.
9. Turbinenschaufel nach den Ansprüchen 6, 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der letzte Hinterkantenkanal radial innen liegende, in die Hinterkante eingebrachte Ausströmöffnungen und daß der radial durchgehende Hinterkantenkanal radial weiter außen liegende, in die Hinterkante eingebrachte Ausströmöffnungen aufweist.
10. Turbinenschaufel nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der letzte Hinterkantenkanal über eine Öffnung mit dem radial durchgehenden Hinterkantenkanal kommuniziert.
11. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der lokale, resultierende, effektive Innenquerschnitt praktisch über die ganze Länge eines Strömungskanals bis auf bezüglich des Strömungswiderstandes des Strömungskanals vernachlässigbare Querschnittsabweichungen

gleich groß ist.

12. Turbinenschaufel nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Querschnittsabweichungen weniger als 20 Prozent, insbesondere weniger als Prozent des Innenquerschnitts (25) betragen.
13. Verwendung einer Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 12 für den hinteren Bereich einer Turbine und/oder für eine gering gekühlte Turbine.

Claims

1. Turbine blade, through which cooling fluid flows, having a plurality of flow ducts adjacently arranged in the efflux direction of the working fluid, which flow ducts extend between inlet flow openings on a radially inner blade root and, opposite to them, further radially outwardly located outlet flow openings, having a cooling fluid flow which is practically free of reversal relative to the radial direction, and having, viewed in the efflux direction, a front flow duct whose outlet flow openings are introduced into a rubbing edge of the turbine blade, wherein at least one trailing edge duct is present whose cooling fluid flow has local transverse flow components at predetermined locations and, for which trailing edge duct, outlet flow openings are introduced into a trailing edge of the turbine blade, wherein the turbine blade becomes narrower away from the blade root in the radial direction, **characterized in that** at least the front flow duct extends in the direction of the rubbing edge in terms of its extent parallel to the efflux direction and, therefore, compensates for the decrease in thickness in the radial direction by spreading parallel to the efflux direction and by utilizing a plurality of outlet flow openings in the rubbing edge by means of the front flow duct.
2. Turbine blade according to Claim 1, **characterized in that** transverse flow components are present in the efflux direction.
3. Turbine blade according to one of Claims 1 and 2, **characterized in that** a trailing edge duct and/or a front flow duct deflect/deflects, at least in sections, from the radial direction in the efflux direction, in particular with their/its outer radial sections.
4. Turbine blade according to Claim 3, **characterized in that** rounded deflection sections are present.
5. Turbine blade according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** a plurality of trailing edge ducts are present.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

6. Turbine blade according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the last trailing edge duct, viewed in the efflux direction, has outlet flow openings introduced exclusively into the trailing edge.
7. Turbine blade according to Claim 6, **characterized in that** the last trailing edge duct ends before the rubbing edge radially inward at a radial distance.
8. Turbine blade according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** a radially continuous trailing edge duct is present which has both outlet flow openings which are introduced into the rubbing edge and outlet flow openings which are introduced into the trailing edge.
9. Turbine blade according to Claims 6, 7 and 8, **characterized in that** the last trailing edge duct has radially inwardly located outlet flow openings, which are introduced into the trailing edge, and **in that** the radially continuous trailing edge duct has outlet flow openings, which are located radially further outward and are introduced into the trailing edge.
10. Turbine blade according to Claim 9, **characterized in that** the last trailing edge duct communicates with the radially continuous trailing edge duct by means of an opening.
11. Turbine blade according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the local, resultant, effective internal cross section is practically of the same size over the complete length of a flow duct with the exception of negligible cross-sectional deviations relating to the flow resistance of the flow duct.
12. Turbine blade according to Claim 11, **characterized in that** the cross-sectional deviations are less than 20 percent, in particular less than 10 percent, of the internal cross section.
13. Use of a turbine blade according to one of Claims 1 to 12 for the rear region of a turbine and/or for a turbine with little cooling.

Revendications

1. Aube de turbine, dans laquelle passe du fluide de refroidissement et qui a plusieurs canaux d'écoulement voisins dans la direction d'évacuation du fluide de travail, qui s'étendent entre des ouvertures d'entrée sur une emplanture intérieure radialement et en face d'autres ouvertures de sortie extérieures radialement, comprenant un écoulement de fluide de refroidissement pratiquement sans retour par rapport à la direction radiale, et un canal d'écoulement avant considéré dans la direction d'évacuation, dont les

ouvertures de sortie sont ménagées dans un bord d'attaque de l'aube de turbine, dans laquelle il y a au moins un canal de bord arrière, dont l'écoulement de fluide de refroidissement a, en des endroits déterminés à l'avance, des composantes d'écoulement transversales locales et dans laquelle des ouvertures de sortie sont ménagées dans un bord arrière de l'aube de turbine, dans laquelle l'aube de turbine est rétrécie en direction radiale en s'éloignant de l'emplanture.

caractérisée

en ce qu'au moins un canal d'écoulement avant s'élargit vers le bord d'attaque dans son étendue parallèlement à la direction d'évacuation et ainsi la diminution d'épaisseur dans la direction radiale est compensée par le canal d'écoulement avant par l'élargissement parallèlement à la direction d'évacuation et par l'utilisation de plusieurs ouvertures de sortie du bord d'attaque.

2. Aube de turbine suivant la revendication 1, **caractérisé**

en ce que les composantes d'écoulement transversales sont présentes dans la direction d'évacuation.

3. Aube de turbine suivant l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée**

en ce qu'un canal de bord arrière et/ou un canal d'écoulement avant est/sont courbé (s) dans la direction (2) d'évacuation par rapport à la direction radiale, au moins par tronçon, notamment par son/ses tronçon(s) extérieur(s) radial.

4. Aube de turbine suivant la revendication 3, **caractérisée**

en ce qu'il y a des tronçons courbés arrondis.

5. Aube de turbine suivant l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée**

en ce qu'il y a plusieurs canaux de bord arrière.

6. Aube de turbine suivant l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée**

en ce que le dernier canal de bord arrière, vu dans la direction d'évacuation, a des ouvertures de sortie ménagées exclusivement dans le bord arrière.

7. Aube de turbine suivant la revendication 6, **caractérisée**

en ce que le dernier canal de bord arrière se termine à l'intérieur radialement avant le bord d'attaque à une distance radiale.

8. Aube de turbine suivant l'une des revendications 1 à 7,

caractérisée

en ce qu'il y a un canal de bord arrière, qui est continu radialement et qui a à la fois les ouvertures de sortie ménagées dans le bord d'attaque et les ouvertures de sortie ménagées dans le bord arrière.

9. Aube de turbine suivant les revendications 6, 7 et 8, **caractérisée**

en ce que le dernier canal de bord arrière a des ouvertures de sortie se trouvant à l'intérieur radialement et ménagées dans le bord arrière et en ce que le canal de bord arrière, qui est continu radialement, a des ouvertures de sortie se trouvant plus loin radialement à l'extérieur et ménagées dans le bord arrière.

10. Aube de turbine suivant la revendication 9, **caractérisée**

en ce que le dernier canal de bord arrière communique avec le canal de bord arrière, qui est continu radialement, par l'intermédiaire d'une ouverture.

11. Aube de turbine suivant l'une des revendications 1 à 10, **caractérisée**

en ce que la section transversale intérieure, efficace, locale, résultante, est pratiquement aussi grande sur toute la longueur d'un canal d'écoulement, à l'exception d'écarts de section transversale négligeables, en ce qui concerne la résistance à l'écoulement du canal d'écoulement.

12. Aube de turbine suivant la revendication 11, **caractérisée**

en ce que les écarts de section transversale représentent moins de 20 pourcent, notamment moins de 10 pourcent de la section transversale intérieure.

13. Utilisation d'une aube de turbine suivant l'une des revendications 1 à 12, pour la partie arrière d'une turbine et/ou pour une turbine peu refroidie.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3885609 A [0006]