



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 016 773 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.08.2005 Patentblatt 2005/31

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

(21) Anmeldenummer: **99811183.5**

(22) Anmeldetag: **21.12.1999**

(54) **Kühlbare Schaufel für eine Gasturbine**

Coolable turbine blade

Aube de turbine refroidissable

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **30.12.1998 DE 19860788**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.07.2000 Patentblatt 2000/27

(73) Patentinhaber: **ALSTOM Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Beeck, Alexander, Dr.**
79790 Küssaberg (DE)

- **Bonhoff, Bernhard, Dr.**
5400 Baden (CH)
- **Conzelmann, Rainer**
79761 Waldshut-Tiengen (DE)
- **McCarthy, Mark**
5400 Baden (CH)
- **Hall, Kenneth**
Gainesville, Georgia (US)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-98/57042 **GB-A- 1 605 180**
US-A- 3 966 357 **US-A- 4 767 261**

EP 1 016 773 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 eine kühlbare Schaufel für eine Gasturbine oder dergleichen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Eine derartige Schaufel ist beispielsweise aus der US 5,498,133 bekannt, von der die Erfindung ausgeht. Sie ist im Wesentlichen aus einem Schaufelblatt, einem Schaufelfuß sowie einer Schaufelwurzel aufgebaut. Das Schaufelblatt weist eine saugseitige und eine druckseitige Wand auf, die über eine Vorder- und eine Hinterkante miteinander verbunden sind. Die Wände definieren die Profilform und schließen innerhalb einen Hohlraum ein, der zu Kühlzwecken genutzt wird. Hierzu ist zumindest ein Kühlkanal integriert, der von einem Kühlmedium, in der Regel von Luft, durchströmt wird. In den Wänden, und insbesondere auch im Bereich der Hinterkante sind Ausblasöffnungen in Form von Durchgangsbohrungen vorhanden, über die ausgehend vom Kühlkanal das Kühlmedium austreten kann.

[0003] Ähnliche Schaufeln sind aus der US 4,767,261 und der GB 1605180 bekannt, welche eine gekühlte Schaufel eines Gasturbinentriebwerks bzw. ein Verfahren zur Herstellung einer Schaufel für ein Gasturbinentriebwerk betreffen.

[0004] Mit einem derartigen Kühlkonzept gelingt es, die Schaufel dem Grunde nach ausreichend zu kühlen und damit die konzipierte Lebensdauer zu erreichen. Die Ausblasöffnungen im Bereich der Hinterkante sind gebohrt, gegossen, erodiert, geätzt oder in anderer Art und Weise hergestellt und durchsetzen den Wandabschnitt vom Kühlkanal zur Außenoberfläche. Das Kühlmedium reduziert die Wandtemperatur durch Wärmeleitung und verbessert hierdurch die Bauteillebensdauer.

[0005] Besonders kritisch im Hinblick auf die konzipierte Lebensdauer erweist sich der Übergang vom Schaufelblatt zum Schaufelfuß, das heißt die Schaufelwurzel. Dies ist die Folge hoher thermischer und mechanischer Belastung, die einerseits durch die hohe Temperaturdifferenz zwischen dem stark gekühlten Schaufelblatt und dem heißen Schaufelfuß auftritt. Andererseits werden auch an dieser Stelle die Zentrifugal- und Biegebeanspruchungen vom Schaufelblatt auf den Schaufelfuß übertragen. Ganz besonders kritisch ist in diesem Zusammenhang der Hinterkantenbereich der Schaufelwurzel, der sich oftmals als der die Lebensdauer limitierende Bereich der Schaufel erweist. Trotz der Absenkung der Wandtemperaturen führt das Einbringen von Ausblasöffnungen im Bereich der Hinterkante zu einer Vergrößerung der Beanspruchung.

Darstellung der Erfindung

[0006] Die Erfindung versucht, die beschriebenen Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine kühlbare Schaufel für eine Gasturbine oder dergleichen der eingangs genannten Art anzugeben, die eine erhöhte Lebensdauer aufweist und mit der es gelingt, insbesondere die mechanischen und thermischen Belastungen im Hinterkantenbereich der Schaufelwurzel abzusenken.

[0007] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass bei einer kühlbaren Schaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 die Schaufelwurzel zumindest im Bereich der Hinterkante einen konkav gekrümmten Konturverlauf aufweist und eine der Ausblasöffnungen als Ausblasschlitz an der Schaufelwurzel angeordnet ist. Der Ausblasschlitz erstreckt sich in der Austrittsebene an der Hinterkante in radialer Richtung zumindest über den gesamten Bereich der Schaufelwurzel und besitzt eine Querschnittsform, die zumindest in der Austrittsebene dem Konturverlauf der Schaufelwurzel soweit folgt, dass Wandabschnitte mit angenähert konstanter Wanddicke entstehen.

[0008] Konkret wird damit die Zielsetzung verfolgt, einerseits die Temperaturbelastung an dieser kritischen Stelle und damit die Wandtemperatur abzusenken. Andererseits wird durch die Anpassung des Konturverlaufs ein Abbau der Spannungskonzentration in Folge Kerbwirkung vermieden, die ansonsten die Vorteile in Verbindung mit der verringerten Temperatur zunichte machen würde. Somit gelingt es, die mechanischen und thermischen Belastungen in dem besonders gefährdeten Bereich zu reduzieren und damit die Lebensdauer zu erhöhen.

[0009] Verschiedene weitere Maßnahmen sind darauf gerichtet, die mechanischen Spannungen infolge der Kerbwirkung durch eine Anpassung der Geometrie des Ausblasschlitzes weiter abzusenken.

[0010] Dies gelingt beispielsweise dadurch, dass der Ausblasschlitz einen dem Schaufelblatt zugeordneten Radialabschnitt mit konstanter Breite aufweist, der in einen der Schaufelwurzel zugeordneten Radialabschnitt kontinuierlich übergeht, welcher die Grundform eines gleichschenkligen Dreiecks mit konkav gekrümmten Schenkeln besitzt. Im Bereich der Hinterkante entsteht dadurch zu beiden Seiten des Ausblasschlitzes hin ein Wandabschnitt konstanter Breite, der sich ausgehend vom Bereich des Schaufelblattes in den kritischen Bereich der Schaufelwurzel hinein kontinuierlich erstreckt. Die mechanische Belastung kann in diesem Bereich optimal abgefangen werden.

[0011] Besonders günstig in diesem Sinne ist die Wahl einer birnenförmigen Querschnittsform, da hierdurch im radial innenliegenden Bereich, also zwischen der Schaufelwurzel und dem Schaufelfuß ein abgerundeter Übergang ohne Kontursprünge, und damit ohne Kerbwirkung, möglich wird.

[0012] Die vorstehend beschriebenen Ausblasschlitz-

ze lassen sich hinsichtlich ihrer exakten Anordnung und Formgebung für vorgegebene stationäre Betriebszustände der Gasturbine derart optimieren, dass die außen auf die Schaufelwurzel einwirkenden Zugspannungen durch die von innen über den Ausblassechitz infolge des Temperaturgradienten bewirkten Druckspannungen weitgehend kompensiert werden. Die Folge davon ist eine reduzierte Belastung an der äußeren Oberfläche der Schaufelwurzel, die durch die entsprechende Konturierung des unteren, radial innenliegenden Bereichs gegeben ist.

[0013] In diesem Sinne ist es optimal, wenn sich der Ausblassechitz in radialer Richtung nach oben hin in den Bereich des Schaufelblattes und nach unten hin in den Bereich des Schaufelfußes hinein erstreckt.

[0014] Weitere Optimierungsalternativen ergeben sich durch eine entsprechende Wahl des Querschnittsverlaufs in Strömungsrichtung des Kühlmediums.

[0015] Eine erste Variante besteht darin, die Querschnittsform des Ausblassechitzes durchgehend zwischen der Eintrittsebene am Kühlkanal und der Austrittsebene an der Oberfläche der Schaufelspitze beizubehalten. Diese Form ermöglicht eine maximale Kühlwirkung und minimiert die mechanische Spannungskonzentration im Bereich der Schaufelwandung.

[0016] Eine zweite Option besteht darin, in der Eintrittsebene am Kühlkanal die Form eines radial verlaufenden Längsschlitzes vorzusehen, die sich in Strömungsrichtung des Kühlmediums kontinuierlich erweitert und in die spezielle Querschnittsform in der Austrittsebene übergeht. Die radiale Erstreckung (Länge) kann hierbei konstant gehalten werden, wohingegen die Breite des Schlitzes kontinuierlich auf die Schlitzegeometrie in der Austrittsebene übergeht. Diese Variante zeichnet sich durch einen geringeren Verbrauch an Kühlmedium aus und vermeidet Spannungsspitzen in der Eintrittsebene am Kühlkanal.

[0017] Strömungstechnisch besonders vorteilhaft ist es, wenn der Ausblassechitz in Strömungsrichtung des Kühlmediums radial ansteigend verläuft. Das Kühlmedium wird somit unter einem bevorzugt spitzen Winkel in Bezug auf die Horizontalebene ausgeblasen und auf die Haupt-Heißgasströmung hin ausgerichtet.

[0018] Neben den geschilderten Vorteilen führt die Konturierung der Schaufelwurzel in Verbindung mit dem Ausblassechitz zu einer verbesserten Zugänglichkeit des innerhalb des Schaufelblattes gebildeten Hohlraums. Dieser Aspekt gewinnt speziell bei einem Einsatz der Gasturbine in Regionen mit hoher Staubbelaftung eine entscheidende Rolle, da dort der Hohlraum in gewissen Abständen gespült werden muss.

[0019] Es versteht sich von selbst, dass sich die erfindungsgemäße Kühlturbinen nicht nur als Stator-, sondern auch als Rotorschaukel einsetzen lässt. Auch ist es möglich, den Ausblassechitz in radialer Richtung durchgehend über die gesamte Hinterkante zu erstrecken und damit eine Vielzahl einzelner Kühlbohrungen in diesem Bereich zu ersetzen. Diese Variante hat herstel-

lungstechnische Vorteile und führt zusätzlich zu einer in radialer Richtung betrachtet ideal gleichmäßigen Ausprägung der Kühlturbinenströmung an der Hinterkante.

5 Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0020] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

10 Fig. 1 Schaufel in Schnittdarstellung;

Fig. 2 Schaufel gemäß Fig. 1 in einer Ansicht von links, vergrößerte Teilansicht;

15 Fig. 3 Ausblassechitz in perspektivischer Darstellung;

Fig. 4 Ausblassechitz in perspektivischer Darstellung, Variante zu dem Ausblassechitz gemäß Fig. 3.

[0021] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

25 Weg zur Ausführung der Erfindung

[0022] Der grundsätzliche Aufbau der erfindungsgemäßen kühlturbinen Schaufel 1 ergibt sich insbesondere aus den Fig. 1 und 2. Die Schaufel 1 weist ein Schaufelblatt 10 und einen Schaufelfuß 30 auf, wobei als Übergangsbereich zwischen dem Schaufelblatt 10 und dem Schaufelfuß 30 eine Schaufelwurzel 40 gebildet ist.

[0023] Das Schaufelblatt 10 ist aus einer saugseitigen Wand 12 und einer druckseitigen Wand 14 aufgebaut, die jeweils gegenüberliegend über eine Vorderkante 16 und eine Hinterkante 18 miteinander verbunden sind. Zwischen der saugseitigen Wand 12 und der druckseitigen Wand 14 entsteht somit ein Hohlraum 20, der sich durchgehend in radialer Richtung r vom Schaufelblatt 10 in den Schaufelfuß 30 hinein erstreckt.

[0024] Der Hohlraum 20 wird von einem Kühlmedium K durchströmt, das über den Bereich des Schaufelfußes 30 zugeführt, im Bereich des Schaufelblattes 10 mäanderförmig mehrfach umgelenkt und über Ausblasöffnungen in Form von Durchgangsbohrungen 60 und einem Ausblassechitz 50 ausgeblasen wird. Als Kühlmedium K wird in der Regel Luft verwendet, die aus der hier nicht dargestellten Verdichterstufe abgezweigt wird.

[0025] Die Schaufelwurzel 40 weist im Bereich der Hinterkante 18 einen konkav gekrümmten Konturverlauf auf, so dass ein kontinuierlicher Übergang ohne Krümmungssprung vom Schaufelblatt 10 in den Schaufelfuß 30 realisiert ist.

[0026] Im Bereich der Schaufelwurzel 40 ist der Ausblassechitz 50 angeordnet, der sich durchgehend zwischen einer Eintrittsebene 56 am Hohlraum 20 und einer Austrittsebene 58 an der Hinterkante 18 erstreckt. Im Bereich der Schaufelwurzel 40 besitzt er in der Aus-

trittsebene 58 eine Querschnittsform, die dem äußeren Konturverlauf der Schaufel 40 soweit folgt, dass zu beiden Seiten hin Wandabschnitte 42 mit angenähert konstanter Wanddicke d entstehen.

[0027] Der Ausblassechlitz 50 geht nach oben hin in einen Radialabschnitt 52 über, der nach Art eines Längsschlitzes eine konstante Breite b aufweist. Die Breite b ist derart gewählt, dass auch in diesem Radialabschnitt 52 eine konstante Wanddicke d erhalten bleibt. In einem Radialabschnitt 53, der der Schaufelwurzel 40 zugeordnet ist, besitzt der Ausblassechlitz (50) die Grundform eines gleichschenkligen Dreiecks mit konkav gekrümmten Schenkeln.

[0028] Nach unten hin, das heißt in Richtung auf einen Radialabschnitt 54, der dem Schaufelfuß 30 zugeordnet ist, weicht der Konturverlauf des Ausblassechlitzes 50 zurück, wobei eine birnenförmige Querschnittsform entsteht. Im Bereich der Schaufelwurzel 40 wird hierbei die maximale Breite B erreicht.

[0029] Der Ausblassechlitz 50 deckt somit den gesamten Bereich der Schaufelwurzel 40 ab und ragt in die beiden benachbarten Bereiche des Schaufelblattes 10 und des Schaufelfußes 30 hinein. Die Querschnittsform in Verbindung mit dem gewählten Konturverlauf der Schaufelwurzel 40 verhindert Kerbspannungen in diesem an sich kritischen Bereich und ermöglicht gleichzeitig eine effektive Kühlung.

[0030] In den Fig. 3 und 4 sind zwei Varianten eines möglichen Querschnittsverlaufes zwischen der Eintrittsebene 56 am Hohlraum 20 und der Austrittsebene 58 an der Hinterkante 18 angedeutet.

[0031] Die erste Variante gemäß Fig. 3 weist eine durchgehende, konstante Querschnittsform auf. Sie ermöglicht einen hohen Durchsatz an Kühlmedium, so dass die Kühlwirkung an der Hinterkante 18 maximal eingestellt werden kann.

[0032] Die in Fig. 4 dargestellte Variante hat einen in Strömungsrichtung des Kühlmediums K sich kontinuierlich ändernden Querschnitt. An der Eintrittsebene 56 ist ein durchgehender Längsschlitz konstanter Breite vorhanden, der sich zur Austrittsebene 58 hin erweitert und dort die birnenförmige Querschnittsform erreicht. Diese Variante hat den Vorteil eines geringeren Verbrauchs an Kühlmedium K.

[0033] Eine optimale Einleitung des Kühlmediums K in den hier nicht näher dargestellten Heißgasstrom ergibt sich dann, wenn der Ausblassechlitz 50 zwischen der Eintrittsebene 56 und der Austrittsebene 58 radial ansteigend verläuft, wie dies in Fig. 1 angedeutet ist.

[0034] Das vorstehend beschriebene Kühlkonzept eignet sich für Anwendungen bei Leit- und Laufschaufeln gleichermaßen gut. Die dem äußeren Konturverlauf der Schaufelwurzel angenäherte Verlauf der Querschnittsgeometrie des Ausblassechlitzes ermöglicht die wirksame Reduzierung der Materialbeanspruchung im besonders kritischen Bereich der Hinterkante, wodurch sich die Lebensdauer der Schaufel insgesamt erheblich steigern lässt.

Bezugszeichenliste

[0035]

5	1	Schaufel
	10	Schaufelblatt
	12	saugseitige Wand
	14	druckseitige Wand
	16	Vorderkante
10	18	Hinterkante
	20	Hohlraum, Kühlkanal
	30	Schafelfuß
	40	Schaufelwurzel
	42	Wandabschnitt
15	50	Ausblassechlitz
	52	Radialabschnitt
	53	Radialabschnitt
	54	Radialabschnitt
	56	Eintrittsebene
20	58	Austrittsebene
	60	Bohrung
	b	Schlitzbreite
	B	Schlitzbreite
25	d	Wanddicke
	r	radiale Richtung
	K	Kühlmedium

30 Patentansprüche

1. Kühlbare Schaufel für eine Gasturbine oder dergleichen, mit

- 35 - einem Schaufelblatt, das aus einer saugseitigen Wand und einer druckseitigen Wand aufgebaut ist, welche unter Bildung eines Hohlraumes über eine Vorderkante und eine Hinterkante verbunden sind,
- 40 - einem Schaufelfuß,
- einer Schaufelwurzel als Übergangsbereich zwischen dem Schaufelblatt und dem Schaufelfuß,
- 45 - wenigstens einem Kühlkanal, der im Hohlraum integriert und von einem Kühlmedium durchströmbar ist, sowie
- Ausblasöffnungen für das Kühlmedium, die ausgehend von einer Eintrittsebene am Hohlraum durchgehend zu einer Austrittsebene im Bereich der Hinterkante angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass zumindest im Bereich der Hinterkante (18) die Schaufelwurzel (40) einen konkav gekrümmten Konturverlauf aufweist und dass eine der Ausblasöffnungen als Ausblassechlitz (50) an der Schaufelwurzel (40) angeordnet ist, der sich in der Austrittsebene (58) der Hinterkante (18) in radialer Richtung (r) zumindest über

den gesamten Bereich der Schaufelwurzel (40) erstreckt und dessen Querschnittsform zumindest in der Austrittsebene (58) dem Konturverlauf der Schaufelwurzel (40) soweit folgt, dass Wandabschnitte (42) mit angenähert konstanter Wanddicke (d) entstehen.

2. Schaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausblasschlitz (50) einen dem Schaufelblatt (10) zugeordneten Radialabschnitt (52) konstanter Breite (b) aufweist und in einen der Schaufelwurzel (40) zugeordneten Radialabschnitt (53) kontinuierlich übergeht, der die Grundform eines gleichschenkligen Dreiecks mit konkavgekrümmten Schenkeln besitzt.
3. Schaufel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausblasschlitz (50) einen bimenförmigen Querschnitt aufweist.
4. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausblasschlitz (50) eine in Strömungsrichtung des Kühlmediums (K) konstante Querschnittsform aufweist.
5. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausblasschlitz (50) in der Eintrittsebene (56) die Form eines radial verlaufenden Längsschlitzes besitzt und in Strömungsrichtung des Kühlmediums (K) kontinuierlich in die Querschnittsform in der Austrittsebene (58) übergeht.
6. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausblasschlitz (50) einen Radialabschnitt (54) aufweist, der dem Schaufelfuß (30) zugeordnet ist.
7. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausblasschlitz (50) in Strömungsrichtung des Kühlmediums (K) radial ansteigend verläuft.
8. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Ausblasschlitz (50) in radialer Richtung (r) im Wesentlichen durchgehend über die Hinterkante (18) erstreckt.

Claims

1. Coolable blade or vane for a gas turbine or the like, having

- a main blade or vane part, which is composed of a suction-side wall and a pressure-side wall, which are connected via a leading edge and a trailing edge to form a cavity,
- a blade or vane foot,
- a blade or vane root as the transition region between the main blade or vane part and the blade or vane foot,
- at least one cooling passage, which is integrated in the cavity and through which a cooling medium can flow, and
- blow-out openings for the cooling medium, which, starting from an entry plane at the cavity, are arranged so as to run continuously all the way to an exit plane in the region of the trailing edge,

characterized in that, at least in the region of the trailing edge (18), the blade or vane root (40) has a concavely curved contour profile, and **in that** one of the blow-out openings is arranged as a blow-out slot (50) at the blade or vane root (40), which slot, in the exit plane (58) of the trailing edge (18), extends in the radial direction (r) at least over the entire region of the blade or vane root (40), and the cross-sectional shape of which slot, at least in the exit plane (58), follows the contour profile of the blade or vane root (40) to a sufficient extent for wall portions (42) of approximately constant wall thickness (d) to be formed.

2. Blade or vane according to Claim 1, **characterized in that** the blow-out slot (50) has a radial portion (52) of constant width (b) assigned to the main blade or vane part (10), and merges continuously into a radial portion (53) which is assigned to the blade or vane root (40) and has the basic shape of an isosceles triangle with concavely curved limbs.
3. Blade or vane according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the blow-out slot (50) has a pear-shaped cross section.
4. Blade or vane according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the blow-out slot (50) has a cross-sectional shape which is constant in the direction of flow of the cooling medium (K).
5. Blade or vane according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the blow-out slot (50), in the entry plane (56), is in the form of a radially running longitudinal slot, and in the direction of flow of the cooling medium (K) merges continuously into the cross-sectional shape of the exit plane (58).
6. Blade or vane according to one of the preceding claims, **characterized in that** the blow-out slot (50) has a radial portion (54) assigned to the blade or

vane foot (30).

7. Blade or vane according to one of the preceding claims, **characterized in that** the blow-out slot (50) has a radially rising profile in the direction of flow of the cooling medium (K).

8. Blade or vane according to one of the preceding claims, **characterized in that** the blow-out slot (50), as seen in the radial direction (r), extends substantially continuously over the trailing edge (18).

Revendications

1. Aube refroidissable pour une turbine à gaz ou similaire, comprenant :

- une pale d'aube qui est constituée d'une paroi côté aspiration et d'une paroi côté refoulement, lesquelles sont connectées par un bord avant et un bord arrière en formant un espace creux,
- une base d'aube,
- une racine d'aube servant de zone de transition entre la pale d'aube et la base d'aube,
- au moins un canal de refroidissement qui est intégré dans l'espace creux et qui peut être parcouru par un fluide de refroidissement, ainsi que
- des ouvertures de sortie pour le fluide de refroidissement, qui sont disposées en continu depuis un plan d'entrée au niveau de l'espace creux jusqu'à un plan de sortie dans la région du bord arrière,

caractérisée en ce qu'au moins dans la région du bord arrière (18), la racine d'aube (40) présente un contour d'allure courbe concave et **en ce que** l'une des ouvertures de sortie servant de fente de sortie (50) est disposée sur la racine d'aube (40) et s'étend dans la direction radiale (r) dans le plan de sortie (58) du bord arrière (18) au moins sur toute la région de la racine d'aube (40) et dont la forme en section transversale suit au moins dans le plan de sortie (58) le contour de la racine d'aube (40) dans une mesure telle que des portions de paroi (42) d'épaisseur de paroi approximativement constante (d) soient formées.

2. Aube selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la fente de sortie (50) présente une portion radiale (52) associée à la pale d'aube (10) de largeur constante (b) et se prolonge en continu dans une portion radiale (53) associée à la racine d'aube (40), qui possède la forme de base d'un triangle isocèle avec des branches de courbure concave.

3. Aube selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la fente de sortie (50) présente une section transversale en forme de poire.

4. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la fente de sortie (50) présente une forme en section transversale constante dans la direction d'écoulement du fluide de refroidissement (K).

5. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la fente de sortie (50) possède dans le plan d'entrée (56) la forme d'une fente longitudinale s'étendant radialement et se prolonge dans la direction de l'écoulement du fluide de refroidissement (K) en continu par la forme en section transversale dans le plan de sortie (58).

6. Aube selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la fente de sortie (50) présente une portion radiale (54) qui est associée à la base d'aube (30).

7. Aube selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la fente de sortie (50) s'étend de manière croissante radialement dans la direction de l'écoulement du fluide de refroidissement (K).

8. Aube selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la fente de sortie (50) s'étend dans la direction radiale (r) essentiellement en continu sur le bord arrière (18).

FIG 1

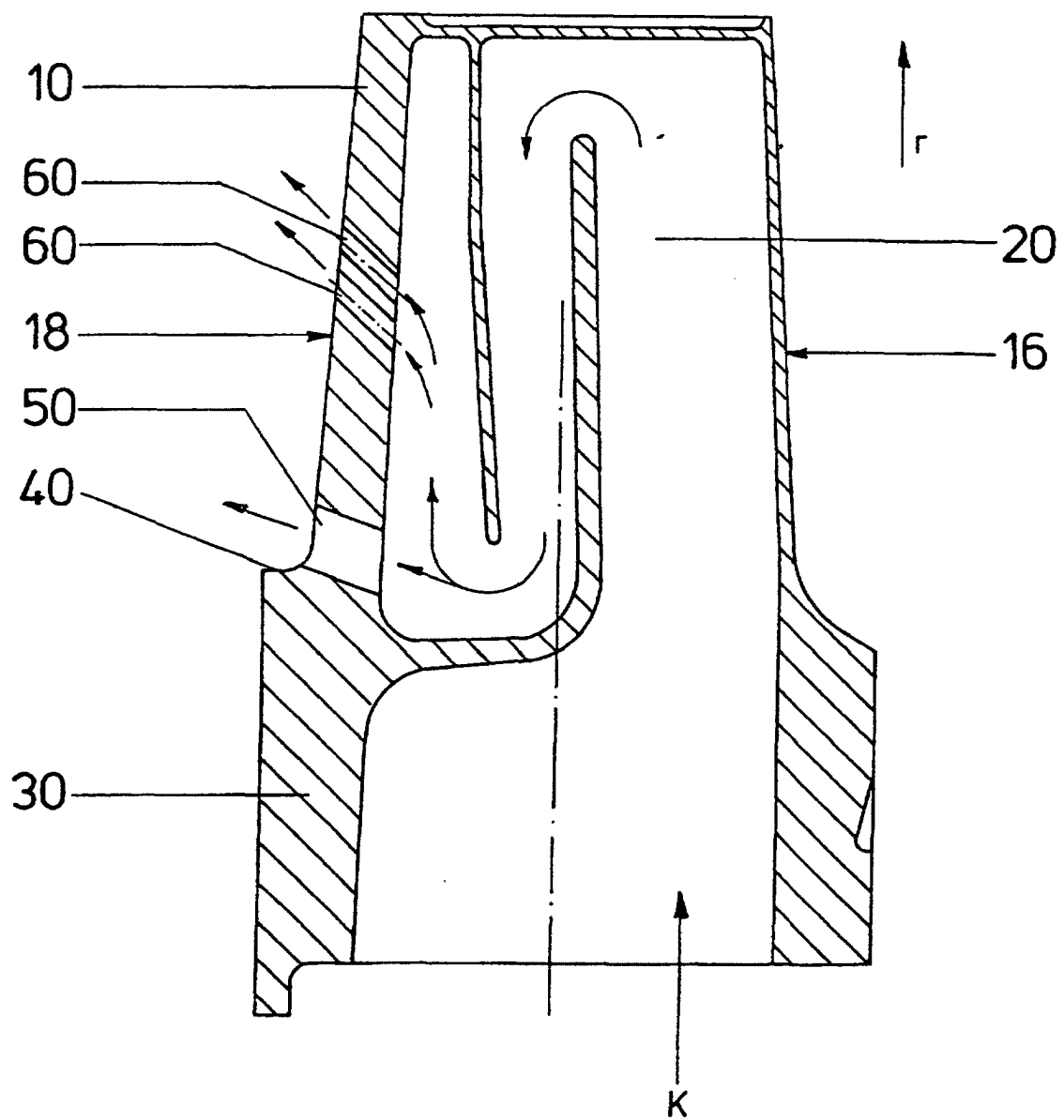


FIG 2

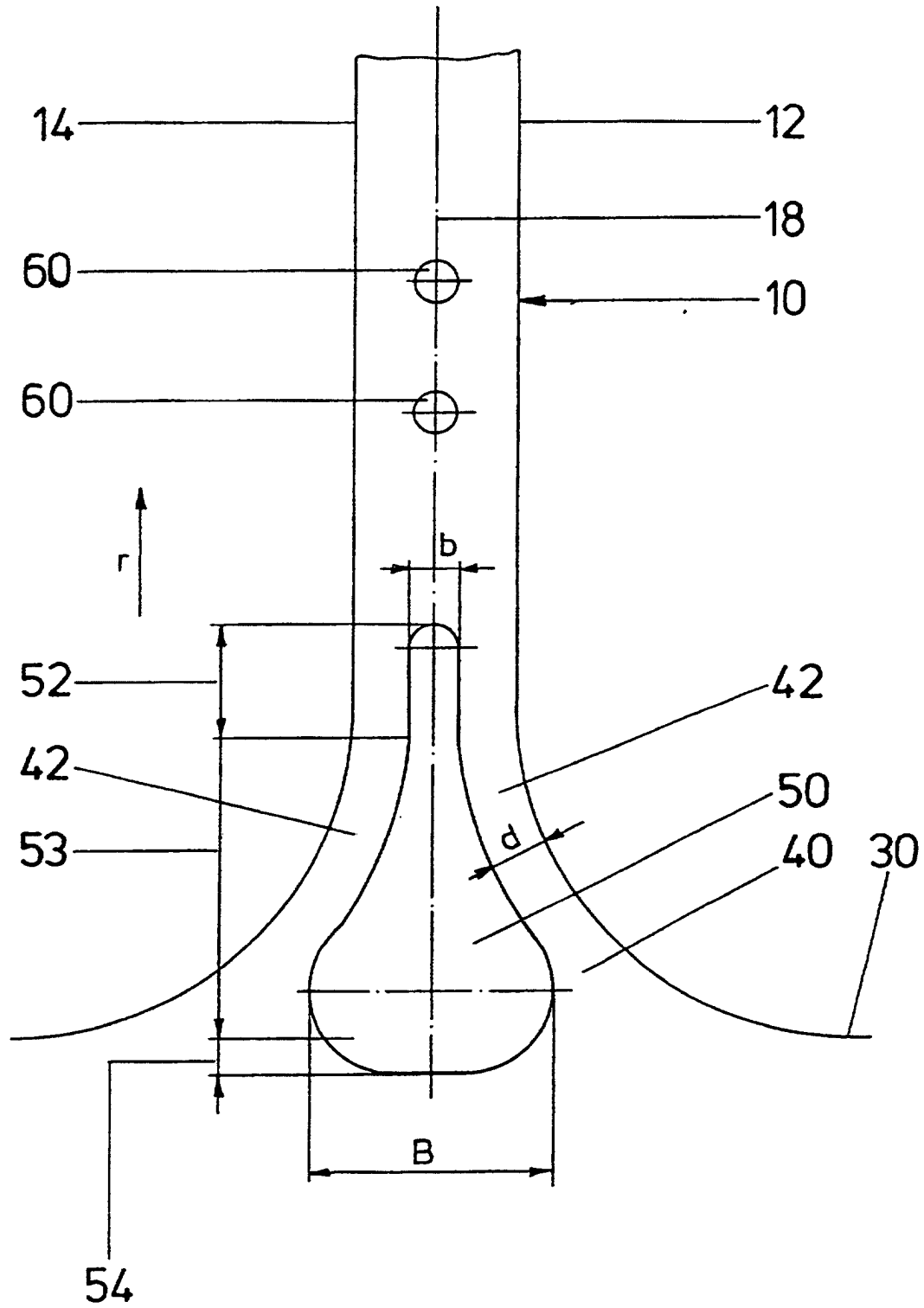


FIG 3

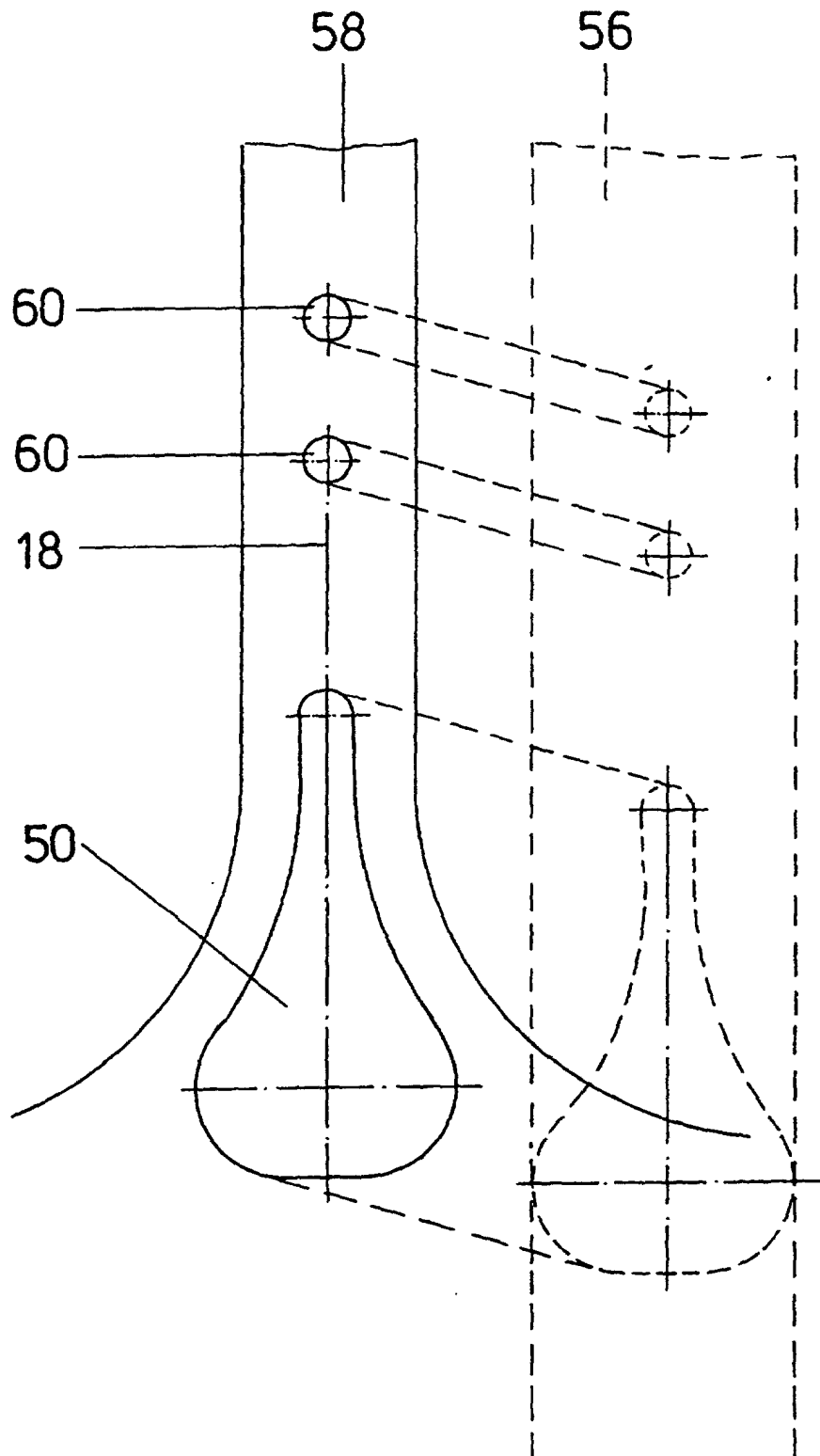


FIG 4

