



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.07.2000 Patentblatt 2000/27**

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

(21) Anmeldenummer: **99811183.5**

(22) Anmeldetag: **21.12.1999**

(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**

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

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

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

(74) Vertreter: **Liebe, Rainer et al**  
**ABB Business Services Ltd.,**  
**Intellectual Property (SLE-I),**  
**Haselstrasse 16/699**  
**5401 Baden (CH)**

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

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

(57) Kühlbare Schaufel für eine Gasturbine oder dergleichen, mit einem Schaufelblatt (10), das aus einer saugseitigen Wand (12) und einer druckseitigen Wand (14) aufgebaut ist, welche unter Bildung eines Hohlraumes (20) über eine Vorderkante (16) und eine Hinterkante (18) verbunden sind, einem Schaufelfuß (30), einer Schaufelwurzel (40) als Übergangsbereich zwischen dem Schaufelblatt (10) und dem Schaufelfuß (30), wenigstens einem Kühlkanal (20), der im Hohlraum (20) integriert und von einem Kühlmedium (K) durchströmbar ist, sowie Ausblasöffnungen für das Kühlmedium (K), die ausgehend von einer Eintrittsebene (56) am Hohlraum durchgehend zu einer Austrittsebene (58) im Bereich der Hinterkante (18) angeordnet sind, wobei dass zumindest im Bereich der Hinterkante (18) die Schaufelwurzel (40) einen konkav gekrümmten Konturverlauf aufweist und eine der Ausblasöffnungen als Ausblasschlitz (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.

FIG 1

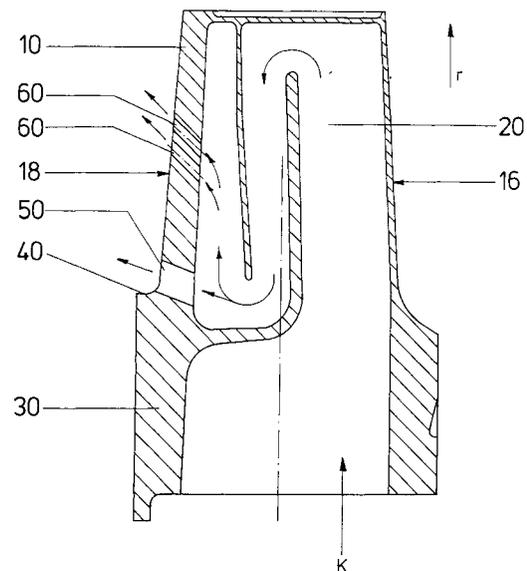
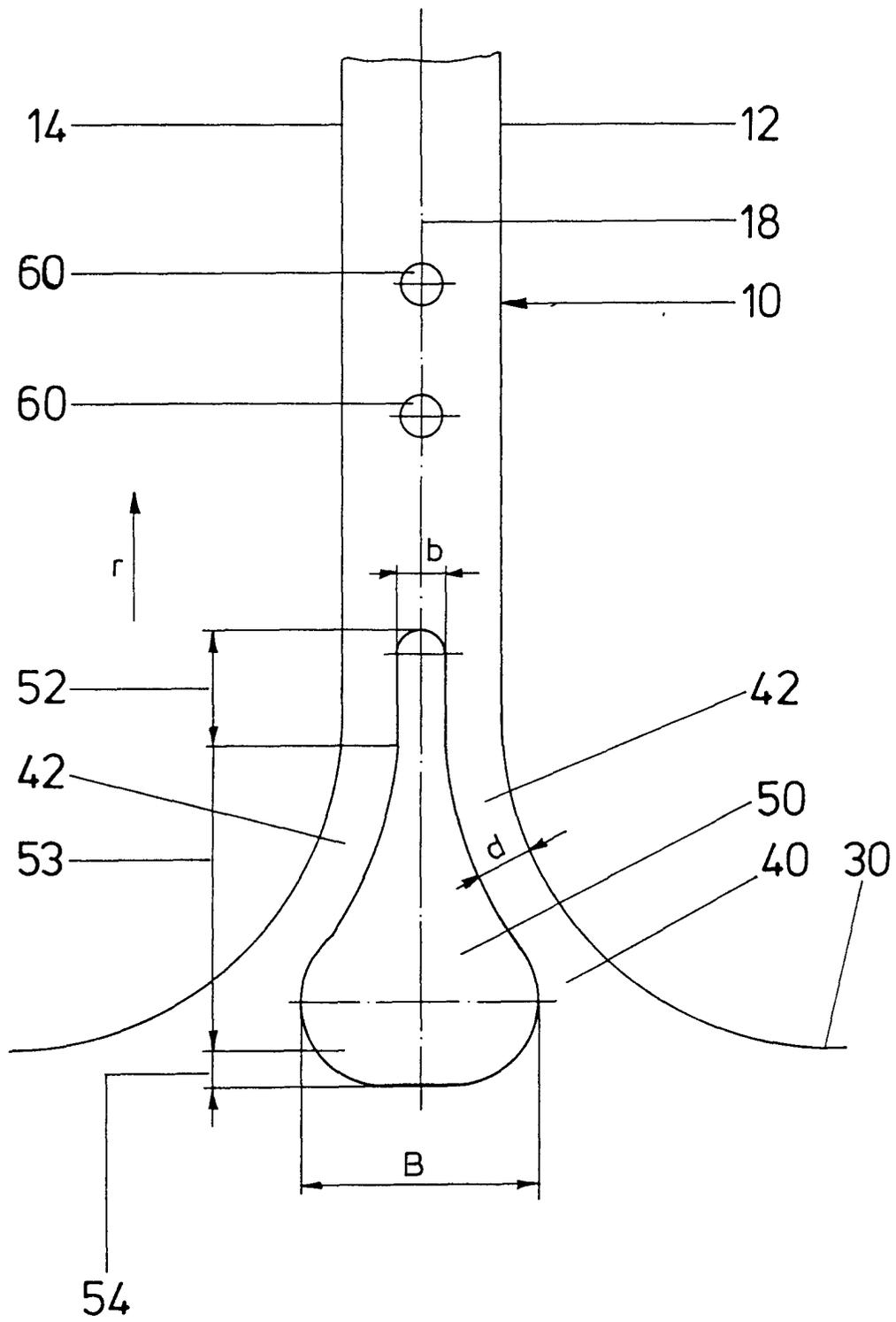


FIG 2



## 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]** 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.

**[0004]** 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

**[0005]** 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 abzusenkten.

**[0006]** 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 so weiter folgt, dass Wandabschnitte mit angenähert konstanter Wanddicke entstehen.

**[0007]** Konkret wird damit die Zielsetzung verfolgt, einerseits die Temperaturbelastung an dieser kritischen Stelle und damit die Wandtemperatur abzusenkten. 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.

**[0008]** Verschiedene weitere Maßnahmen sind darauf gerichtet, die mechanischen Spannungen infolge der Kerbwirkung durch eine Anpassung der Geometrie des Ausblasschlitzes weiter abzusenkten.

**[0009]** 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.

**[0010]** 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.

**[0011]** Die vorstehend beschriebenen Ausblasschlitz 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 Ausblasschlitz 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.

[0012] In diesem Sinne ist es optimal, wenn sich der Ausblassechlitz in radialer Richtung nach oben hin in den Bereich des Schaufelblattes und nach unten hin in den Bereich des Schaufelfußes hinein erstreckt.

[0013] Weitere Optimierungsalternativen ergeben sich durch eine entsprechende Wahl des Querschnittsverlaufs in Strömungsrichtung des Kühlmediums.

[0014] Eine erste Variante besteht darin, die Querschnittsform des Ausblassechlitzes 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.

[0015] 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 Schlitzgeometrie in der Austrittsebene übergeht. Diese Variante zeichnet sich durch einen geringeren Verbrauch an Kühlmedium aus und vermeidet Spannungsspitzen in der Eintrittsebene am Kühlkanal.

[0016] Strömungstechnisch besonders vorteilhaft ist es, wenn der Ausblassechlitz 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.

[0017] Neben den geschilderten Vorteilen führt die Konturierung der Schaufelwurzel in Verbindung mit dem Ausblassechlitz 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.

[0018] Es versteht sich von selbst, dass sich die erfindungsgemäße Kühlschaufel nicht nur als Stator-, sondern auch als Rotorschaufel einsetzen lässt. Auch ist es möglich, den Ausblassechlitz in radialer Richtung durchgehend über die gesamte Hinterkante zu erstrecken und damit eine Vielzahl einzelner Kühlbohrungen in diesem Bereich zu ersetzen. Diese Variante hat herstellungstechnische Vorteile und führt zusätzlich zu einer in radialer Richtung betrachtet ideal gleichmäßigen Ausprägung der Kühlluftströmung an der Hinterkante.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0019] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele

der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 Schaufel in Schnittdarstellung;

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

Fig. 3 Ausblassechlitz in perspektivischer Darstellung;

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

15 Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

20 [0020] Der grundsätzliche Aufbau der erfindungsgemäßen kühlbaren 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.

25 [0021] 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.

30 [0022] Der Hohlraum 20 wird von einem Kühlmedium  $K$  durchströmt, das über den Bereich des Schaufelfußes 30 zugeführt, im Bereich des Schaufelblattes 10 mäandrierend mehrfach umgelenkt und über Ausblasöffnungen in Form von Durchgangsbohrungen 60 und einem Ausblassechlitz 50 ausgeblasen wird. Als Kühlmedium  $K$  wird in der Regel Luft verwendet, die aus der hier nicht dargestellten Verdichterstufe abgezweigt wird.

35 [0023] 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.

40 [0024] Im Bereich der Schaufelwurzel 40 ist der Ausblassechlitz 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 Austrittsebene 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.

55 [0025] 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.

**[0026]** 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.

**[0027]** Der Ausblassechlitz 50 deckt somit den gesamten Bereich der Schaufelwurzel 40 ab und ragt in die beiden benachbarten Bereiche des Schaufelblattes 10 und der Schaufelwurzel 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.

**[0028]** 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.

**[0029]** 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.

**[0030]** 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  $K$ .

**[0031]** 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.

**[0032]** 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

### [0033]

- 1 Schaufel  
10 Schaufelblatt

- 12 saugseitige Wand  
14 druckseitige Wand  
16 Vorderkante  
18 Hinterkante  
20 Hohlraum, Kühlkanal  
30 Schaufelfuß  
40 Schaufelwurzel  
42 Wandabschnitt  
50 Ausblassechlitz  
52 Radialabschnitt  
53 Radialabschnitt  
54 Radialabschnitt  
56 Eintrittsebene  
58 Austrittsebene  
60 Bohrung

- $b$  Schlitzbreite  
 $B$  Schlitzbreite  
 $d$  Wanddicke  
 $r$  radiale Richtung  
 $K$  Kühlmedium

## Patentansprüche

1. Kühlbare Schaufel für eine Gasturbine oder dergleichen, mit

- 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,
- einem Schaufelfuß,
- einer Schaufelwurzel als Übergangsbereich zwischen dem Schaufelblatt und dem Schaufelfuß,
- 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 Auslassschlitz (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. 5
3. Schaufel nach Anspruch 1 oder 2, 10  
dadurch gekennzeichnet, dass der Auslassschlitz (50) einen birnenförmigen Querschnitt aufweist.
4. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 15  
dadurch gekennzeichnet, dass der Auslassschlitz (50) eine in Strömungsrichtung des Kühlmediums (K) konstante Querschnittsform aufweist.
5. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 20  
dadurch gekennzeichnet, dass der Auslassschlitz (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. 25
6. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30  
dadurch gekennzeichnet, dass der Auslassschlitz (50) einen Radialabschnitt (54) aufweist, der dem Schaufelfuß (30) zugeordnet ist.
7. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 35  
dadurch gekennzeichnet, dass der Auslassschlitz (50) in Strömungsrichtung des Kühlmediums (K) radial ansteigend verläuft.
8. Schaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 40  
dadurch gekennzeichnet, dass sich der Auslassschlitz (50) in radialer Richtung (r) im Wesentlichen durchgehend über die Hinterkante (18) erstreckt. 45

45

50

55

FIG 1

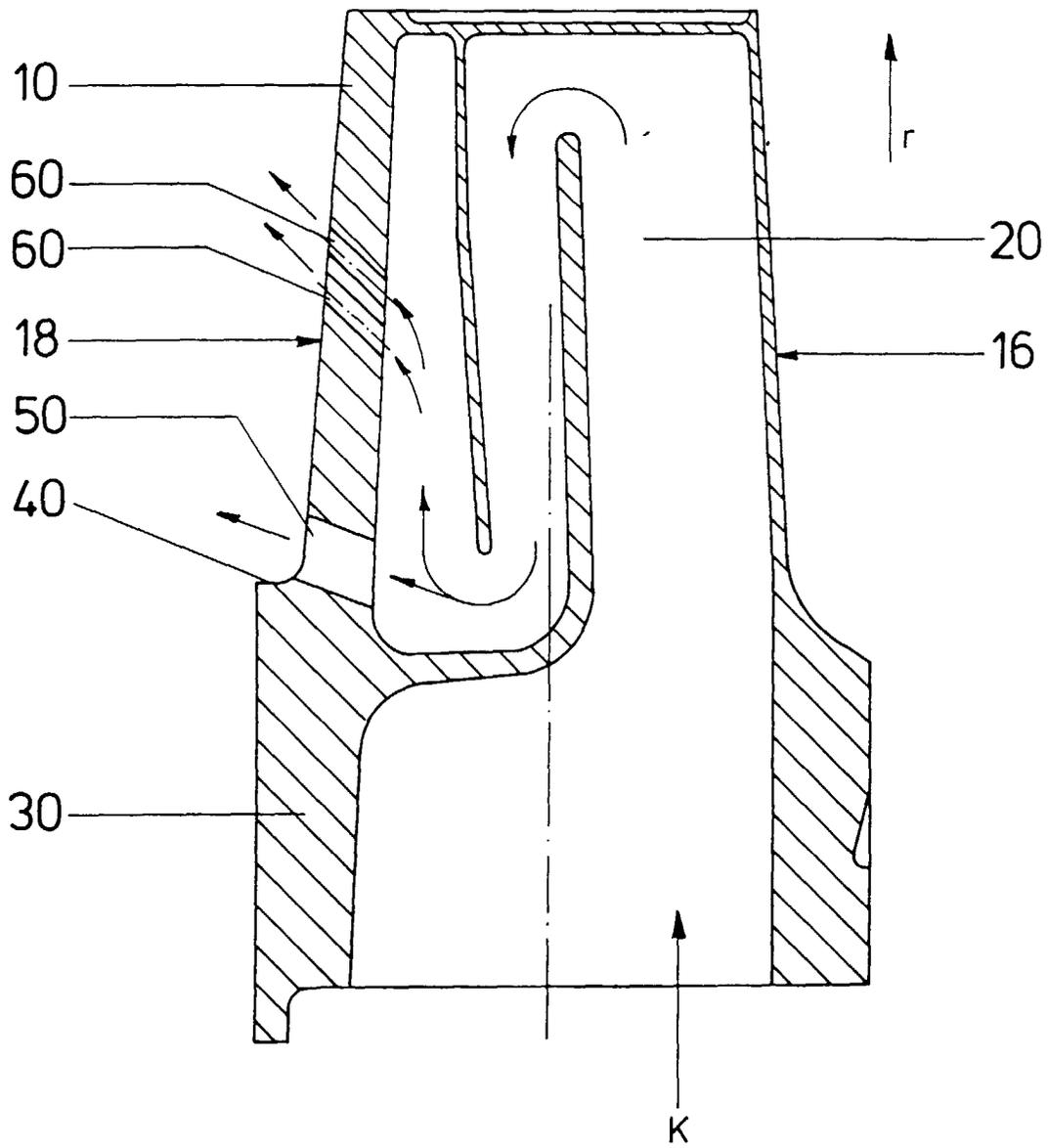


FIG 2

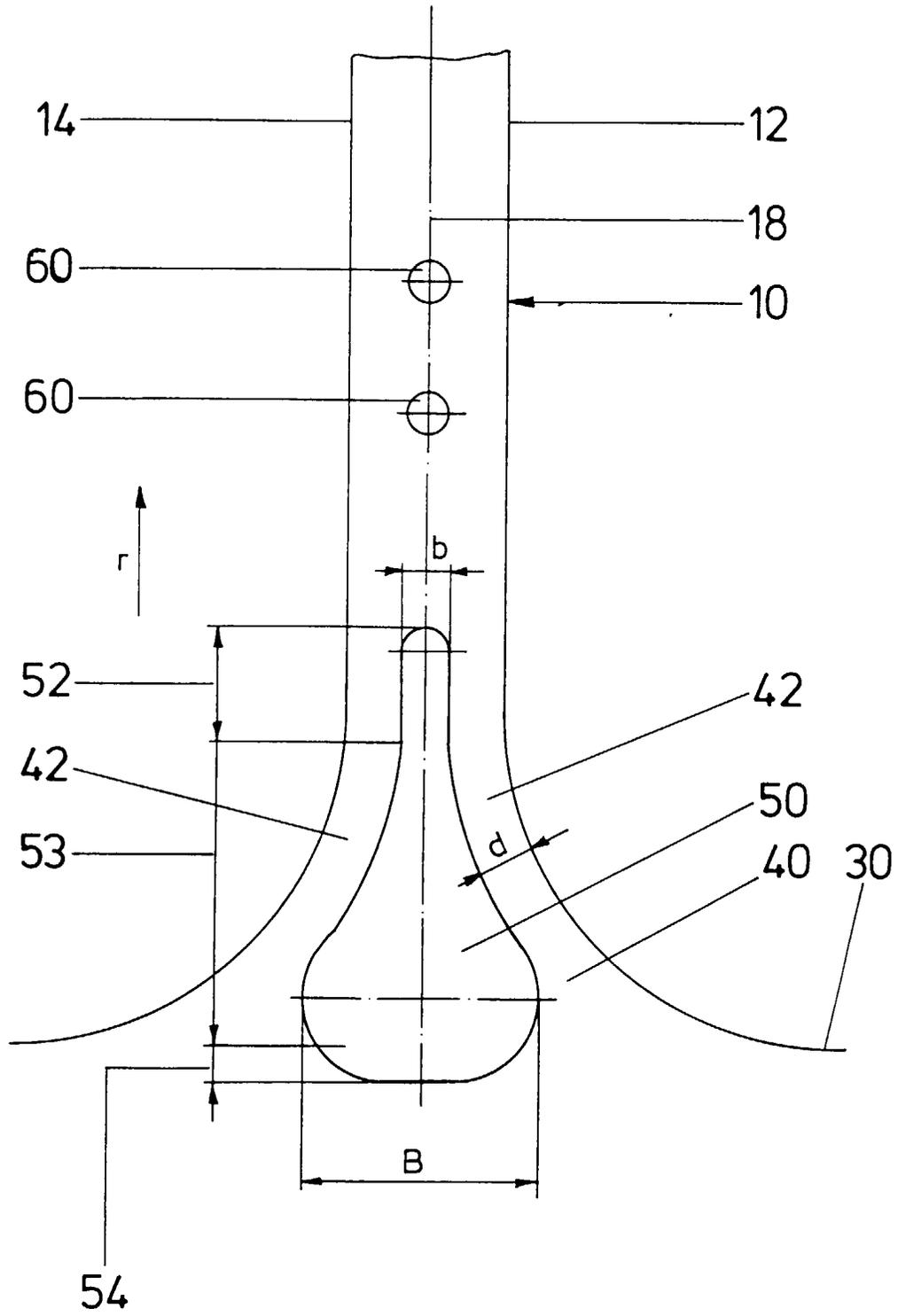


FIG 3

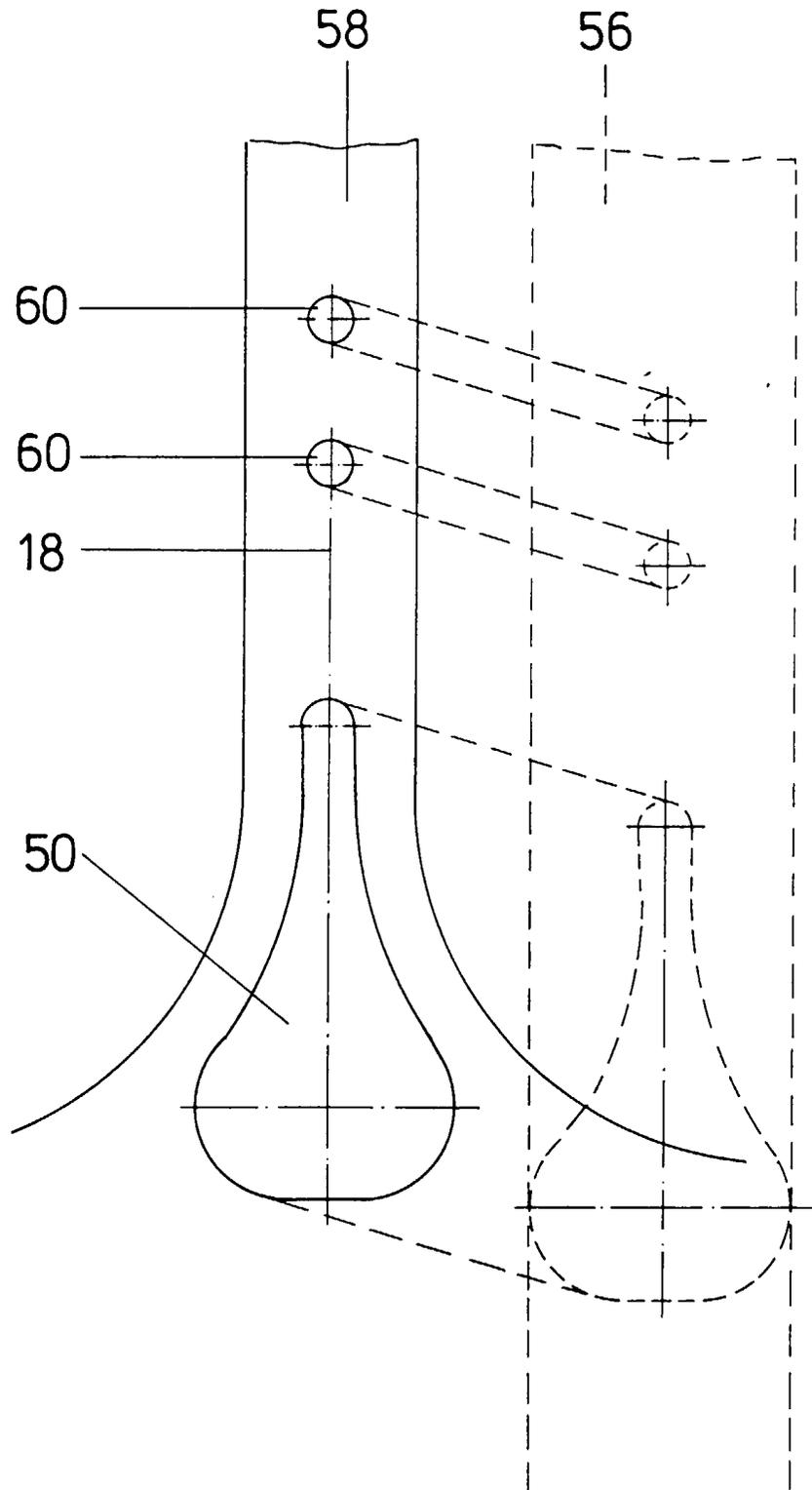


FIG 4

