

(19)



(11)

**EP 1 557 533 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**12.03.2008 Patentblatt 2008/11**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/18 (2006.01) F01D 5/20 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **04001468.0**

(22) Anmeldetag: **23.01.2004**

(54) **Kühlung einer Turbinenschaufel mit einem Doppelboden zwischen Schaufelblatt und Schaufelspitze**

Cooling of a turbine blade with a raised floor between blade and tip

Refroidissement d'une aube de turbine avec faux-plancher entre l'aube et son extrémité

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE GB IT LI**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.07.2005 Patentblatt 2005/30**

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

(72) Erfinder:  
• **Baldauf, Stefan, Dr.  
45481 Mülheim an der Ruhr (NL)**

- **Bolms, Hans-Thomas, Dr.  
45481 Mülheim (DE)**
- **Händler, Michael  
40699 Erkrath (DE)**
- **Lerner, Christian  
45701 Herten (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**GB-A- 2 279 705 JP-A- 2 140 402**  
**US-A- 3 732 031 US-A- 4 946 346**  
**US-A- 5 752 802 US-A- 6 135 715**  
**US-A- 6 164 914 US-A1- 2003 026 698**

**EP 1 557 533 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

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel mit einem zur Spitze der Turbinenschaufel hin, entlang einer Schaufelachse, in Form eines Hohlprofils angeordneten Schaufelblatt und mit einer Schaufelspitze in Form eines Hohlprofils, bei der das Schaufelblatt an seiner dem Turbinenschaufelende zugewandten Seite einen im Hohlprofil quer zur Schaufelachse verlaufende erste Wand aufweist und die Schaufelspitze an ihrer von dem Turbinenschaufelende abgewandten Seite eine im Hohlprofil quer zur Schaufelachse verlaufende zweite Wand aufweist, wobei sich die erste Wand und die zweite Wand unter Bildung eines kühlungstechnische Mittel tragenden Doppelbodens gegenüberliegen. Die Erfindung betrifft auch eine Gasturbine mit einem entlang einer Achse der Gasturbine sich erstreckenden Strömungskanal mit ringförmigem Querschnitt zur Beaufschlagung mit einem Arbeitsfluid und einer Anzahl von entlang der Achse angeordneten Schaufelstufen, wobei eine Schaufelstufe eine Anzahl von ringförmig angeordneten sich radial in den Strömungskanal erstreckende Turbinenschaufeln aufweist, die mit einem Kühlfluid beaufschlagbar sind.

**[0002]** Bei einer Gasturbine obiger Art treten im Strömungskanal Temperaturen auf, die im Bereich zwischen 1000°C und 1400°C liegen können, wenn dieser mit einem Arbeitsfluid in Form von Heißgas beaufschlagt wird. Turbinenschaufeln, die zur Aufnahme der kinetischen Energie des Arbeitsfluids demselben ausgesetzt sind, sind im Hinblick auf derartige Belastungen auszulegen. Eine Turbinenschaufel kann in Form einer sich mit einem Rotor und an dem Rotor befestigten Laufschaufel ausgebildet sein. Weiters kann eine Turbinenschaufel in Form einer am Gehäuse einer Turbine fest angebrachten Leitschaufel ausgebildet sein. Gleichermaßen ist bei beiden Schaufelarten insbesondere die Spitze der Turbinenschaufel hohen thermischen Belastungen ausgesetzt. Bei einer Laufschaufel tritt zudem die durch die Rotationsbewegung auftretende hohe mechanische Belastung hinzu.

**[0003]** Die äußere Formgebung der Schaufelspitze ist primär durch eine aerodynamische Aufgabenstellung bestimmt. Weiterhin spielen bei der Formgebung fertigungstechnische Gründe eine wesentliche Rolle. Daneben ist für die weitere Ausgestaltung einer Turbinenschaufel, und dabei insbesondere der Schaufelspitze, infolge der hohen thermischen Belastungen eine kühlungstechnische Auslegung relevant. Um nämlich hohe Standzeiten zu erreichen, muss die Spitze gekühlt werden. Ohne Kühlung der Schaufelspitze würde diese rasch oxidieren. Die Lebensdauer-Anforderungen an Leitschaufeln, und insbesondere an Laufschaufeln, werden dennoch immer größer. Das heißt die Bauteiltemperatur muss durch den Einsatz von einem Kühlfluid innerhalb gut vertretbarer Grenzen gehalten werden. Darüber hinaus sollte bei der kühlungstechnischen Auslegung einer Turbinenschaufel, insbesondere einer Laufschaufel, bei der insbesondere die Auslegung der Schaufelspitze

relevant ist, der Einsatz von Kühlfluid effizient gestaltet werden, um den Gesamtwirkungsgrad und die Leistung einer Gasturbine zu steigern.

**[0004]** Zur Kühlung einer Turbinenschaufel und insbesondere einer Turbinenschaufelspitze sind eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen worden. Die US 4,519,745 sieht zur Kühlung eines Schaufelblatts in Form eines Hohlprofils eine geriffelte Aufteilung der Innenwand des Hohlprofils vor. Zur Kühlung einer Schaufelspitze ist eine Vielzahl von Kanälen und eine Aussparung in einer Lageraufnahme fläche für die Schaufelspitze vorgesehen, so dass die Schaufelspitze von außen mit einem über die Kanäle und die Aussparung transportierten Kühlfluid gekühlt werden kann.

**[0005]** Die DE 198 131 73 A1 offenbart eine gekühlte Laufschaufel einer Gasturbine, dessen Schaufelblatt im Hohlprofil eine Vielzahl von Stegen trägt, welche als Verwirbelungseinrichtungen dienen. Ein Schirmblech oder Deck- oder Schaufelversteifungsband ist des Weiteren am Ende der Laufschaufel angeordnet. Eine Kühlluftöffnung und ein Kühlluftauslass stehen mit dem Hohlprofil um dieses Deckband herum in Verbindung. Des Weiteren ist das Deckband verformt und weist einen schmalen mittleren Abschnitt auf, so dass dieses Deckband leichtgewichtig gemacht wird. In ähnlicher Weise sind viele Deckband-Kühlluftöffnungen parallel zueinander derart ausgebildet, dass eine Gestalt vorgesehen wird, mittels derer die Kühlluft von dem Kühlluftauslass nach außen abgelassen werden kann.

**[0006]** Ferner zeigt die US 6,164,914 eine Turbinenschaufel mit einer Anstreifkante nach Art eines doppelten Bodens.

**[0007]** Es ist auch bekannt eine Laufschaufelspitze dadurch intensiv zu kühlen, dass Bohrungen im Hohlprofil der Schaufelspitze selbst vorgesehen sind, um eine Schaufelspitze im Rahmen einer Filmkühlung zu kühlen. Dabei wird ein Kühlfluid aus den Bohrungen getrieben und legt sich in Form eines Films kühlend auf die Außenoberfläche des Hohlprofils. Bei den oben genannten Turbinenschaufeln besteht das Problem, dass einerseits die Kühlung einer Schaufelspitze noch effizienter gestaltet werden kann, aber zum anderen die kühlungstechnische Auslegung einer Schaufelspitze im Vergleich zum Schaufelblatt zu komplex ist, als dass sie fertigungstechnisch vorteilhaft hergestellt werden könnte.

**[0008]** Wünschenswert wäre, zur Steigerung der Leistung und des Gesamtwirkungsgrads einer Gasturbine, eine Turbinenschaufel, bei der ein Einsatz von Kühlmedium möglichst effizient gestaltet werden kann und die sich zudem leichter herstellen lässt.

**[0009]** An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Turbinenschaufel und eine Gasturbine mit einer Turbinenschaufel anzugeben, bei der eine verbesserte Kühlung der Schaufelspitze vorgesehen ist, welche sich besonders einfacher herstellen lässt.

**[0010]** Betreffend die Turbinenschaufel wird die Aufgabe durch die Erfindung mittels der eingangs genannten Turbinenschaufel gelöst, bei der erfindungsgemäß die

Schaufelspitze und das Schaufelblatt getrennt hergestellt ist und die zweite Wand ein Verschlussmittel für eine Kernhaltebohrung in der ersten Wand aufweist.

**[0011]** Die kühlungstechnischen Mittel sind insbesondere zur Kühlung der Schaufelspitze vorgesehen und stellen Maßnahmen dar, die einen verbesserten Wärmeübergang zwischen Schaufel und Kühlmedium unterstützen. Die wesentliche Erkenntnis der Erfindung liegt darin, dass der durch die erste und die zweite Wand gebildete Doppelboden besonders effektiv zur Anbringung von kühlungstechnischen Mitteln als den Wärmeübergang verbessernde Maßnahme geeignet ist und damit zu einer besonders effizienten Kühlung der Schaufelspitze genutzt werden kann. Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass die Geometrie eines Doppelbodens eine besonders geeignete Grundlage für ein kühlungstechnisches Mittel ist. Dabei kommen unterschiedliche Arten von kühlungstechnischen Mitteln in Frage, die allesamt im Rahmen der Geometrie des genannten Doppelbodens sehr effektiv auslegbar sind.

**[0012]** Die Erfindung schlägt vor, dass das Schaufelblatt und die Schaufelspitze, im Rahmen des Herstellungsverfahrens, getrennt, z.B. in einem Gussverfahren, hergestellt ist. Auf diese Weise ist es nämlich besonders einfach möglich den oben genannten Doppelboden und den damit für kühlungstechnische Maßnahmen zur Verfügung stehenden Hohlraum herzustellen. Gusstechnisch stellt die Bildung einer solchen Geometrie üblicherweise ein Problem dar, wenn die Turbinenschaufel im Ganzen hätte gegossen werden müssen. Die Anordnung der obigen Hohlräume und der genannten kühlungstechnischen Mittel lässt sich besonders einfach durch die getrennte Herstellung von Schaufelblatt und Schaufelspitze bewirken.

**[0013]** Bei einem getrennten Gießvorgang für das Schaufelblatt und die Schaufelspitze ist im Rahmen des Gussverfahrens für das Schaufelblatt zweckmäßigerweise in der ersten Wand eine Haltebohrung für das Schaufelblatt, auch als Kernhaltebohrung bezeichnet, vorzusehen. Bei einer getrennt gegossenen Schaufelspitze trägt zweckmäßigerweise die zweite Wand einen Stopfen oder ein anderes Verschlussmittel für die Kernhaltebohrung, so dass in einem zusammengesetzten Zustand von Schaufelblatt und Schaufelspitze das Verschlussmittel an der zweiten Wand die Kernhaltebohrung in der ersten Wand verschließt.

**[0014]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an die Turbinenschaufel hinsichtlich der Kühlung der Schaufelspitze mit einer ganzen Reihe von weiteren Vorteilen gegenüber bisher üblichen Maßnahmen auszugestalten. Vorteilhaft handelt es sich bei der ersten und/oder der zweiten Wand um eine Wand, die sich über den gesamten Querschnitt des Hohlprofils im Innenraum des Hohlprofils quer zur Schaufelachse erstreckt, vorzugsweise senkrecht zur Schaufelachse, also horizontal. Der gemäß dem Konzept der Erfindung gebildete und kühlungstechnische

Mittel tragende Doppelboden sieht also die Bildung eines Hohlraums zwischen der ersten Wand und der zweiten Wand vor.

**[0015]** Zweckmäßigerweise ist das kühlungstechnische Mittel ein Mittel aus der Gruppe bestehend aus: Turbulatormittel, Prallkühlmittel und Filmkühlmittel. D.h. zweckmäßig kommen zur Steigerung der Kühlungseffizienz das Prinzip der Turbulatoren, Prallkühlung und Filmkühlung oder andere Maßnahmen zur Erhöhung der Kühlwirkung des eingesetzten Kühlmediums oder zur Absenkung der äußeren Heißgastemperatur einzeln oder in Kombination zur Anwendung.

**[0016]** Vorteilhafterweise trägt zur Bildung des Turbulatormittels die erste Wand und/oder die zweite Wand eine Anzahl von Verwirbelungselementen. Solche Verwirbelungselemente dienen zur Verwirbelung eines Kühlfluids, wenn die Turbinenschaufel mit einem Kühlfluid beaufschlagt wird. Dazu ist insbesondere die Verwirbelung des Kühlfluids zwischen der ersten Wand und der zweiten Wand, also im oben genannten Hohlraum, zweckmäßig. Geeigneterweise dient dazu eine Anordnung von Nippeln, Dimpeln oder anderen geeigneten Anordnungen, z.B. Stege u.a., an dem Hohlprofil oder den Wänden. Weitere Verwirbelungselemente haben zudem eine vorteilhafte Wirkung hinsichtlich der Wärmeableitung von der Schaufelspitze, wie z.B. eine geeignete Anordnung von Rippen oder Fugen.

**[0017]** Zweckmäßigerweise trägt zur Bildung eines Prallkühlmittels die erste Wand eine Anzahl von Prallkühlöffnungen, die es erlauben bei Beaufschlagung der Turbinenschaufel mit Kühlfluid, das Kühlfluid auf die zweite Wand prallen zu lassen. Dazu wird ein Kühlfluid vom Schaufelblatt her zur Schaufelspitze zunächst durch die erste Wand und dann ggf. zusätzlich durch die zweite Wand geleitet. Eine Prallkühlöffnung in der ersten Wand zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass sie in einem Winkel im Bereich von etwa 0° gemessen zur Schaufelachse, also senkrecht zur zweiten Wand, angeordnet ist. Eine angemessene räumliche Nähe der zweiten Wand zur ersten Wand führen dazu, dass ein durch die Prallkühlöffnungen mit geeignetem Druck tretendes Kühlfluid auf die zweite Wand prallt und diese sowie die Schaufelspitze besonders effizient im Rahmen der Prallkühlung kühlt. Diese Maßnahme kann insbesondere durch eine Anordnung von Verwirbelungselementen obiger Art an der zweiten Wand noch effektiver gestaltet werden.

**[0018]** Zweckmäßigerweise trägt zur Bildung eines Filmkühlmittels die zweite Wand und/oder das Hohlprofil der Schaufelspitze eine Anzahl von Filmkühlöffnungen, die es erlauben bei Beaufschlagung der Turbinenschaufel mit Kühlfluid einen Film aus Kühlfluid auf der Wandstruktur der Schaufelspitze zu erzeugen. Insbesondere führen solche Filmkühlöffnungen also in Richtung des Turbinenschaufelendes schräg von innen nach außen und leiten Kühlfluid auf die Innenwand und/oder Außenwand der Schaufelspitze. Eine Filmkühlöffnung ist also im Wesentlichen in einem Winkel von  $\leq 90^\circ$  und deutlich

größer als 0° gemessen zur Schaufelachse in der zweiten Wand angeordnet. Darüber hinaus können Filmkühlöffnungen zur Kühlung des Schaufelblattes ggf. auch an der ersten Wand, vorgesehen sein. Weitere Maßnahmen können durch weitere Kühlöffnungen oder Kühlkanäle realisiert werden.

**[0019]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Wandstruktur der Schaufelspitze eine höhere Porosität und/oder eine geringere Wandstärke aufweisen als die Wandstruktur des Schaufelblatts. Dies betrifft vor allem auch die äußeren Wände der Schaufelspitze und des Schaufelblatts. Dies hat den Vorteil, dass die zu kühlende Masse einer Schaufelspitze möglichst gering gehalten ist. Weiterhin ist es möglich das Schaufelblatt und die Schaufelspitze aus unterschiedlichen Materialien herzustellen, um besondere Vorteile wie z.B. geringes Gewicht oder hohe Wärmeleitfähigkeit der Schaufelspitze oder z.B. hohe Festigkeit des Schaufelblatts gleichzeitig realisieren zu können.

**[0020]** Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung hat es sich im Rahmen des oben erläuterten Konzepts als besonders vorteilhaft erwiesen, dass das Schaufelblatt und die Schaufelspitze, im Rahmen des Herstellungsverfahrens, getrennt, z.B. in einem Gussverfahren, hergestellt wird. Auf diese Weise ist es nämlich besonders einfach möglich den oben genannten Doppelboden und den damit für kühlungstechnische Maßnahmen zur Verfügung stehenden Hohlraum herzustellen.

**[0021]** Zweckmäßigerweise trägt zur Bildung eines Filmkühlmittels die zweite Wand und/oder das Hohlprofil der Schaufelspitze eine Anzahl von Filmkühlöffnungen, die es erlauben bei Beaufschlagung der Turbinenschaufel mit Kühlfluid einen Film aus Kühlfluid auf der Wandstruktur der Schaufelspitze zu erzeugen. Insbesondere führen solche Filmkühlöffnungen also in Richtung des Turbinenschaufelendes schräg von innen nach außen und leiten Kühlfluid auf die Innenwand und/oder Außenwand der Schaufelspitze. Eine Filmkühlöffnung ist also im Wesentlichen in einem Winkel von  $\leq 90^\circ$  und deutlich größer als 0° gemessen zur Schaufelachse in der zweiten Wand angeordnet. Darüber hinaus können Filmkühlöffnungen zur Kühlung des Schaufelblattes ggf. auch an der ersten Wand, vorgesehen sein. Weitere Maßnahmen können durch weitere Kühlöffnungen oder Kühlkanäle realisiert werden.

**[0022]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Wandstruktur der Schaufelspitze eine höhere Porosität und/oder eine geringere Wandstärke aufweisen als die Wandstruktur des Schaufelblatts. Dies betrifft vor allem auch die äußeren Wände der Schaufelspitze und des Schaufelblatts. Dies hat den Vorteil, dass die zu kühlende Masse einer Schaufelspitze möglichst gering gehalten ist. Weiterhin ist es möglich das Schaufelblatt und die Schaufelspitze aus unterschiedlichen Materialien herzustellen, um besondere Vorteile wie z.B. geringes Gewicht oder hohe Wärmeleitfähigkeit der Schaufelspitze oder z.B. hohe Festigkeit des Schaufelblatts

gleichzeitig realisieren zu können.

**[0023]** Des Weiteren hat es sich im Rahmen der obigen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung auch als vorteilhaft erwiesen, dass das Schaufelblatt und die Schaufelspitze aus unterschiedlichen Materialien gegossen sind. Insbesondere ist das Schaufelblatt aus einem hochfesten Material gegossen. Insbesondere ist die Schaufelspitze aus einem hochwärmeleitenden Material gegossen. Diese Art der Ausbildung liegt die Überlegung zugrunde, dass das Schaufelblatt vor allem hinsichtlich mechanischer Anforderungen, vor allem aufgrund der rotatorischen Belastung einer Laufschaufel ausgelegt werden sollte. Dagegen ist vor allem die Schaufelspitze hinsichtlich kühlungstechnischer Maßnahmen aufgrund der gegenüber einem Schaufelblatt höheren thermischen Belastung auszulegen.

**[0024]** Vorteilhaft ist die Schaufelspitze an das Schaufelblatt im Rahmen eines Fügeverfahrens angelötet und/oder angeschweißt. Eine mechanische Verbindung ist auch zusätzlich oder alternativ möglich.

**[0025]** Die Erfindung führt auch auf eine Gasturbine eingangs genannter Art, bei der die Turbinenschaufeln nach oben erläuteter Art ausgebildet sind.

**[0026]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht maßgeblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Im Einzelnen zeigt die Zeichnung in:

FIG 1 eine schematisierte Darstellung einer mit Kühlfluid beaufschlagten Laufschaufel an einem Rotor einer Gasturbine,

FIG 2 eine Laufschaufel mit einem Schaufelblatt und einer Schaufelspitze gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei das Schaufelblatt und die Schaufelspitze getrennt hergerichtet werden,

FIG 3 eine Laufschaufel mit einem Schaufelblatt und einer Schaufelspitze gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

**[0027]** Figur 1 zeigt eine an einem Rotor 3 einer nicht näher dargestellten Gasturbine befestigte Laufschaufel 1. Die Laufschaufel 1 ist dabei eine von einer Anzahl von ringförmig angeordneten, sich radial in einen Strömungskanal 5 der Gasturbine erstreckenden Turbinenschaufeln, die in ihrer Gesamtheit eine Schaufelstufe bilden, die sich in den ringförmigen Querschnitt des Strömungskanals 5 erstreckt. Eine Vielzahl solcher ringförmigen Schaufelstufen ist dabei ebenso wie der Strömungskanal entlang einer Achse 7 der nicht näher dargestellten Gasturbine angeordnet. Der Strömungskanal 5 wird mit einem Arbeitsfluid 9 in Form eines Heißgasgemisches beaufschlagt, das sich unter Antrieb der Laufschaufel 1 entspannt und damit seine kinetische Energie unter Dre-

hung des Rotors zum Antrieb eines nicht näher dargestellten Generators abgibt.

**[0028]** Die Laufschaufel 1 weist zum Turbinenschaufelende 29 hin, entlang ihrer Schaufelachse 11 nacheinander angeordnet einen Plattformbereich 13, ein in Form eines Hohlprofils angeordnetes Schaufelblatt 15 und eine in Form eines Hohlprofils angeordnete Schaufelspitze 17 auf. Der Plattformbereich 13 umfasst dabei eine Schaufelplattform zur Begrenzung des Strömungskanals 5 und einen Schaufelfuß, die im Einzelnen nicht dargestellt sind. Die Laufschaufel 1 ist wie vorliegend schematisch angedeutet, über ein Kanalsystem 19 mit einem Kühlfluid 21 beaufschlagbar. Das Kühlsystem 19 verfügt dabei auch über geeignete Dosierungsmittel 23, die die Zuführung 25 des Kühlfluids 21 in die Laufschaufel regeln können und die hier nur schematisch mit den Bezugszeichen 23 angedeutet sind.

**[0029]** Die Kühlung der Laufschaufel 1 erstreckt sich dabei insbesondere auch auf das Schaufelblatt 15 und die Schaufelspitze 17.

**[0030]** Im Einzelnen ist in Figur 2 eine Ausführungsform der Auslegung des Kühlsystems 19 im Bereich 27 zwischen dem Schaufelblatt 15 und der Schaufelspitze 17 dargestellt. Figur 3 zeigt die Ausführungsform gemäß der Erfindung. Der Übergangsbereich 27 umfasst dabei insbesondere das Schaufelblatt 15 an seiner dem Turbinenschaufelende 29 der Turbinenschaufel 1 zugewandten Seite und die Schaufelspitze 17 an ihrer von dem Turbinenschaufelende 29 der Laufschaufel 1 abgewandten Seite.

**[0031]** Während sich das oben erläuterte Konzept der Erfindung als besonders nützlich für die hier gezeigten Ausführungsformen einer Laufschaufel erweisen, so sollte dennoch klar sein, dass das beschriebene Konzept gleichermaßen im Rahmen einer Leitschaufel einer Gas- oder Dampfturbine umgesetzt werden kann.

**[0032]** Figur 2 zeigt eine Laufschaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei das Schaufelblatt und die Schaufelspitze getrennt hergestellt sind 31 im Übergangsbereich 27 der Figur 1 in einer perspektivischen Schnittansicht. Die Laufschaufel 31 weist ein als Hohlprofil ausgebildetes Schaufelblatt 33 und eine als Hohlprofil ausgebildete Schaufelspitze 35 auf. Das Hohlprofil des Schaufelblatts 33 weist dabei einen Hohlraum 37 auf und das Hohlprofil der Schaufelspitze 35 weist dabei einen Hohlraum 39 auf, die Teil des in Figur 1 dargestellten Kühlsystems 19 sind und mit Kühlfluid beaufschlagbar sind. Das Schaufelblatt 33 weist an seiner dem in Figur 1 dargestellten Turbinenschaufelende 29 der Turbinenschaufel 31 zugewandten Seite eine quer zur Schaufelachse 11 verlaufende erste Wand 41 auf. Die Schaufelspitze 35 weist an ihrer von dem in Figur 1 dargestellten Turbinenschaufelende 29 der Turbinenschaufel 1 abgewandten Seite eine quer zur Schaufelachse 11 verlaufende zweite Wand 43 auf. Die erste Wand 41 und die zweite Wand 43 liegen sich dabei unter Bildung eines Doppelbodens 45 gegenüber. Durch die Bildung eines Doppelbodens 45 wird zwischen der ersten Wand 41 und

der zweiten Wand 43, die sich beide über den gesamten Querschnitt des Hohlprofils horizontal erstrecken, ein Hohlraum 47 gebildet. Der Doppelboden 45 trägt dabei kühlungstechnische Mittel, die im Folgenden im Einzelnen erläutert sind.

**[0033]** Bei der vorliegenden Ausführungsform trägt die zweite Wand 43 eine Anzahl von Verwirbelungs- oder Turbulatorelementen in Form von Nippeln 49 und Dimpeln 51. Ein Nippel 49 ist dabei in den Hohlraum 47 hinein an der zweiten Wand 43 angeformt. Ein Dimpel 51 erweitert den Hohlraum 47 in Form einer Ausnehmung in der zweiten Wand 43. Die genannten Verwirbelungselemente dienen vornehmlich zur Verwirbelung eines Kühlfluids, das durch die Prallkühlöffnungen 53 in der ersten Wand 41 dem Hohlraum 47 zugeführt werden kann. Insbesondere sind die Prallkühlöffnungen 53 senkrecht zur zweiten Wand 43 angeordnet. Darüber hinaus ist die erste Wand 41 so nah an der zweiten Wand 43 angeordnet, dass ein entsprechend druckbeaufschlagtes Kühlmedium über die Prallkühlöffnungen 53 auf die zweite Wand 43 prallt und die Schaufelspitze 35 über den zweiten Steg 43 im Rahmen einer Prallkühlung effektiv kühlt. Durch die genannten Verwirbelungselemente in Form von Nippeln 49 und Dimpeln 51 wird diese erläuterte Prallkühlung noch verstärkt. Das heißt in der Schaufelspitze aufgenommene Wärme wird dadurch effektiv durch das Kühlfluid abgeführt.

**[0034]** Darüber hinaus weist die zweite Wand 43 eine erste Anzahl von Filmkühlöffnungen 55 und eine zweite Anzahl von Filmkühlöffnungen 57 auf. Eine erste Filmkühlöffnung 55 ist dabei in Richtung des Turbinenschaufelendes 29 der Turbinenschaufel 31 schräg von innen nach außen ausgerichtet und kann somit auf angemessene sanfte Weise einen Film aus Kühlfluid auf die Innenwand 59 der Schaufelspitze 35 leisten.

**[0035]** Eine noch schräger angeordnete zweite Filmkühlöffnung 57 ermöglicht es über den selben Mechanismus einen weiteren Film aus Kühlfluid auf der Außenwand 61 der Schaufelspitze 35 zu erzeugen.

**[0036]** Um die zu kühlende Masse der Schaufelspitze 35 möglichst gering zu halten, weist die Wandstruktur der Schaufelspitze 35 eine Wandstärke 63 auf, die geringer ist, als die Wandstärke 65 der Wandstruktur des Schaufelblatts 33. Darüber hinaus weist die Wandstruktur der Schaufelspitze 35 aus dem gleichen Grund eine nicht dargestellte höhere Porosität als die Wandstruktur des Schaufelblattes 33 auf.

**[0037]** Bei der hier dargestellten Laufschaufel 31 ist also der einen Hohlraum 47 umfassende Doppelboden 45 der Laufschaufel 31 in vorteilhafterweise mit kühlungstechnischen Mitteln versehen, die es erlauben, die Schaufelspitze 35 effektiv zu kühlen und damit Kühlmedium einzusparen, was den Gesamtwirkungsgrad einer Gasturbine erhöhen kann. Insbesondere lässt sich die in Figur 2 dargestellte, Laufschaufel 31 vorteilhaft im Rahmen eines Herstellungsverfahrens herstellen, das ein getrenntes Gießverfahren, und damit eine getrennte Herstellung des Schaufelblattes 33 einerseits und der

Schaufelspitze andererseits vorsieht. Die getrennt gegossene Schaufelspitze 35 wird dann an das getrennt gegossene Schaufelblatt 33 unter Bildung des Doppelbodens 45 und des Hohlraums 47 angelötet. Der besonders vorteilhafte Doppelboden 45 mit Hohlraum 47 und kühlungstechnischen Mitteln lässt sich also besonders zweckmäßig über einen getrennten Gießvorgang für Schaufelspitze 35 und Schaufelblatt 33 wie erläutert erreichen. Hinzu kommt vorteilhafterweise, dass das Schaufelblatt 33 aus einem anderen Material gegossen werden kann als die Schaufelspitze 35. So wird zweckmäßigerweise das Schaufelblatt 33 hinsichtlich seiner größeren mechanischen Beanspruchung aus einem hochfesten Material gegossen, während die Schaufelspitze 35 hinsichtlich ihrer höheren thermischen Beanspruchung aus einem hochwärmeleitenden Material, z.B. einem Kobalt-Werkstoff, gegossen wird.

**[0038]** Eine Laufschaufel gemäß Anspruchs 1, ist in Figur 3 gezeigt, die insbesondere im Hinblick auf eine Vereinfachung des Herstellungsverfahrens zusätzlich zur in Figur 2 dargestellten Laufschaufel weitere Elemente aufweist. Die übrigen Merkmale der Figur 2 sind in Figur 3 mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0039]** Bei der hier dargestellten Laufschaufel 71 sieht das Schaufelblatt 73 eine Kernhaltebohrung 77 in der ersten Wand 79 vor, die vorliegend über einen Stopfen 81 in der zweiten Wand 83 der Schaufelspitze 85 verschlossen ist, sobald die getrennt hergestellte Schaufelspitze 85 und das getrennt hergestellte Schaufelblatt 73 aneinander gefügt sind. Da die hier erläuterte anspruchsvolle Spitzengeometrie der Schaufelspitze 85 nicht zusammen mit dem Schaufelblatt 73 abgegossen werden muss, vereinfacht sich der Abguss der Schaufel 71.

**[0040]** Weiterhin kann mit der aufgesetzten Spitze 85 die hier gezeigte Kernhaltebohrung 77, die gusstechnisch vorhanden ist, besonders zuverlässig verschlossen werden. Die Verbindung zwischen Schaufelspitze 85 und Schaufelblatt 73 ist vorliegend durch ein besonders geeignetes Schweißverfahren im Fügebereich 87 hergestellt. Die Verbindungsflächen zwischen Schaufelspitze 85 und Schaufelblatt 73 im Fügebereich 87 lassen sich besonders einfach und präzise herstellen. Der Verschluss der Kernhaltebohrung 77 erfolgt im Rahmen einer speziell ausgemessenen Passung des Stopfens 81 auf die Kernhaltebohrung 77.

**[0041]** Sowohl bei der in Figur 2 gezeigten Laufschaufel 31 als auch bei der in Figur 3 gezeigten Laufschaufel 71 lassen sich im Rahmen einer getrennten Herstellung von Schaufelblatt 33, 73 und Schaufelspitze 35, 85 verhältnismäßig komplexe kühlungstechnische Mittel dennoch auf relativ einfache Weise im Rahmen eines gusstechnischen Herstellungsverfahrens im Schaufelprofil 31, 71 vorsehen und damit eine besonders effiziente Kühlung der Schaufelspitze 35, 85 erreichen.

**[0042]** Zusammenfassend ist zur effizienteren Kühlung einer Schaufelspitze 85 eine Turbinenschaufel gemäß Anspruch 1 ausgebildet.

## Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (71) mit einem zum Turbinenschaufelende (29) hin entlang einer Schaufelachse (11) in Form eines Hohlprofils angeordneten Schaufelblatt (73) und mit einer Schaufelspitze (85) in Form eines Hohlprofils, bei der das Schaufelblatt (73) an seiner dem Turbinenschaufelende (29) zugewandten Seite eine im Hohlprofil quer zur Schaufelachse (11) verlaufende erste Wand (79) aufweist und die Schaufelspitze (85) an ihrer von dem Turbinenschaufelende (29) abgewandten Seite eine im Hohlprofil quer zur Schaufelachse (11) verlaufende zweite Wand (83) aufweist, wobei sich die erste Wand (79) und die zweite Wand (83) unter Bildung eines kühlungstechnischen Mittel tragenden Doppelbodens (45) gegenüberliegen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufelspitze (85) und das Schaufelblatt (73) getrennt hergestellt sind und die zweite Wand (83) ein Verschlussmittel für eine Kernhaltebohrung in der ersten Wand (41, 79) aufweist.
2. Turbinenschaufel (71) nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** das kühlungstechnische Mittel eines aus der Gruppe bestehend aus, Turbulatormittel, Prallkühlmittel und Filmkühlmittel, ist.
3. Turbinenschaufel (71) nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bildung eines Turbulatormittels die erste Wand (79) und/oder die zweite Wand (83) eine Anzahl von Nippeln, Dimpeln, Rippen, Fugen oder anderen Verwirbelungselementen trägt.
4. Turbinenschaufel (71) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bildung eines Prallkühlmittels die erste Wand (79) eine Anzahl von Prallkühlöffnungen trägt, die es erlauben bei Beaufschlagung der Turbinenschaufel (71) mit Kühlfluid, das Kühlfluid auf die zweite Wand (83) prallen zu lassen.
5. Turbinenschaufel (71) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bildung eines Filmkühlmittels die zweite Wand (83) und/oder das Hohlprofil der Schaufelspitze (85) eine Anzahl von Filmkühlöffnungen (55) trägt, die es erlauben bei Beaufschlagung der Turbinenschaufel (71) mit Kühlfluid, einen Film aus Kühlfluid auf der Wandstruktur der Schaufelspitze (85) zu erzeugen.
6. Turbinenschaufel (71) nach einem der Ansprüche 1

bis 5

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Wandstruktur der Schaufelspitze (85) eine höhere Porosität und/oder eine geringere Wandstärke aufweist als die Wandstruktur des Schaufelblattes (73).

7. Turbinenschaufel (71) nach einem der Ansprüche 1 bis 6

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Schaufelblatt (73) und die Schaufelspitze (85) aus unterschiedlichen Materialien hergestellt sind, wobei das Schaufelblatt (73) aus einem hochfesten Material gegossen ist und die Schaufelspitze (85) aus einem hochwärmeleitenden Material hergestellt ist.

8. Turbinenschaufel (71) nach einem der Ansprüche 1 bis 7

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Schaufelspitze (85) an das Schaufelblatt (73) angefügt ist, wobei die Schaufelspitze (85) und das Schaufelblatt (73) insbesondere angelötet oder angeschweißt sind.

9. Gasturbine (1) mit einem entlang einer Achse (7) der Gasturbine (1) sich erstreckenden Strömungskanal (5) mit ringförmigem Querschnitt zur Beaufschlagung mit einem Arbeitsfluid (9), einer Anzahl von entlang der Achse angeordneten Schaufelstufen, wobei eine Schaufelstufe eine Anzahl von ringförmig angeordneten sich radial in den Strömungskanal (5) erstreckende Turbinenschaufeln (71) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, die mit einem Kühlfluid beaufschlagbar sind, aufweist.

## Claims

1. Turbine blade (71) comprising an aerofoil (73), arranged in the form of a hollow profile along a blade axis (11) towards the turbine blade end (29), and comprising a blade tip (85) in the form of a hollow profile, in which turbine blade (71) the aerofoil (73), on its side facing the turbine blade end (29), has a first wall (79) running in the hollow profile transversely to the blade axis (11), and the blade tip (85), on its side facing away from the turbine blade end (29), has a second wall (83) running in the hollow profile transversely to the blade axis (11), wherein the first wall (79) and the second wall (83) are opposite one another, with a raised floor (45) having cooling means being formed, **characterized in that** the blade tip (85) and the aerofoil (73) are separately produced and

the second wall (83) has a closure means for a core exit hole in the first wall (41, 79).

2. Turbine blade (71) according to Claim 1, **characterized in that** the cooling means is one of the group consisting of turbulator means, impingement-cooling means and film-cooling means.
3. Turbine blade (71) according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, to form a turbulator means, the first wall (79) and/or the second wall (83) has a number of nipples, dimples, ribs, seams or other swirl elements.
4. Turbine blade (71) according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that**, to form an impingement-cooling means, the first wall (79) has a number of impingement-cooling openings which, when cooling fluid is admitted to the turbine blade, enable the cooling fluid to impinge on the second wall (83).
5. Turbine blade (71) according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that**, to form a film-cooling means, the second wall (83) and/or the hollow profile of the blade tip (85) has a number of film-cooling openings (55) which, when cooling fluid is admitted to the turbine blade (71), enable a film of cooling fluid to be produced on the wall structure of the blade tip (85).
6. Turbine blade (71) according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the wall structure of the blade tip (85) has higher porosity and/or a smaller wall thickness than the wall structure of the aerofoil (73).
7. Turbine blade (71) according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the aerofoil (73) and the blade tip (85) are produced from different materials, the aerofoil (73) being cast from a high-strength material and the blade tip (85) being produced from a material having high thermal conductivity.
8. Turbine blade (71) according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the blade tip (85) is joined to the aerofoil (73), the blade tip (85) and the aerofoil (73) in particular being brazed or welded in place.
9. Gas turbine (1) comprising a flow duct (5) which extends along an axis (7) of the gas turbine (1) and has an annular cross section for the admission of a working fluid (9), and comprising a number of blade stages arranged along the axis, a blade stage having a number of turbine blades (71) according to one of the preceding claims, which turbine blades (71) are arranged in an annular manner and extend radially into the flow duct (5) and to which a cooling fluid can be admitted.

## Revendications

1. Aube (71) de turbine ayant une lame (73) d'aube disposée sous la forme d'un profilé creux le long d'un axe 11 d'aube allant vers l'extrémité (29) de l'aube de turbine et une pointe (85) d'aube sous la forme d'un profilé creux, dans laquelle la lame (73) d'aube a, à son extrémité tournée vers l'extrémité (29) d'aube de turbine, une première paroi (79) s'étendant dans le profilé creux transversalement à l'axe (11) de l'aube, et la pointe (85) d'aube a, à son extrémité éloignée de l'extrémité (29) d'aube de turbine, une deuxième paroi (83) s'étendant dans le profilé creux transversalement à l'axe (11) de l'aube, dans laquelle, La première paroi (79) et la deuxième paroi (83) sont opposées en formant un fond (45) double portant un moyen de technique de refroidissement. **caractérisée**, en ce la pointe (85) d'aube et la lame (73) d'aube sont fabriquées séparément et la deuxième paroi (83) a un moyen de fermeture d'un trou de retenu du noyau de la première paroi (41 79)
2. Aube (71) de turbine suivant la revendication 1, **caractérisée en ce que** le moyen de technique de refroidissement est un moyen choisi dans le groupe constitué d'un moyen à dispositif donnant une turbulence, d'un moyen de refroidissement par rebondissement et d'un moyen de refroidissement pelliculaire.
3. Aube (71) de turbine suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** pour former un moyen donnant une turbulence, la première paroi (79) et/ou la deuxième paroi (83) portent un certain nombre de mamelons, de bossages, de nervures, de rainures ou d'autres éléments de tourbillonnement.
4. Aube (71) de turbine suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que**, pour former un moyen de refroidissement par rebondissement, la première paroi (79) porte un certain nombre d'ouvertures de refroidissement par rebondissement qui permettent de faire rebondir le fluide de refroidissement sur la deuxième paroi (83) lorsque l'aube (71) de turbine est alimentée en fluide de refroidissement.
5. Aube (71) de turbine suivant l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que**, pour former un moyen de refroidissement pelliculaire, la deuxième paroi (83) et/ou le profilé creux de la pointe (85) de l'aube porte un certain nombre d'ouvertures de refroidissement pelliculaire qui permettent de produire une pellicule de fluide de refroidissement sur la structure de paroi de la pointe (85) d'aube lorsque l'aube (71) de turbine est alimentée en fluide de re-

froidissement.

6. Aube (71) de turbine suivant l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la structure de paroi de la pointe (85) d'aube à une porosité plus grande et/ou une épaisseur de paroi plus petite que la structure de paroi de la lame (73) d'aube.
7. Aube (71) de turbine suivant les revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** la lame (73) d'aube et la pointe (85) d'aube sont fabriquées dans du matériau différent, la lame (73) d'aube étant coulée en un matériau très résistant et la pointe (85) d'aube étant fabriquée en un matériau très conducteur de la chaleur.
8. Aube (71) de turbine suivant l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** la pointe (85) d'aube est assemblée à la lame (73) d'aube la pointe (85) d'aube et la lame (73) d'aube étant notamment brasée ou soudée.
9. Turbine (1) à gaz ayant un canal (5) d'écoulement, s'étendant le long d'un axe (7) de la turbine (1) à gaz et de section transversale annulaire, pour l'alimentation en un fluide (9) de travail, un certain nombre d'étages d'aubes disposés le long de l'axe, un étage d'aubes ayant un certain nombre d'aubes (71) de turbine suivant l'une des revendications précédentes, disposées annulairement, s'étendant radialement dans le canal (5) et pouvant être alimentées en un fluide de refroidissement.

FIG 1

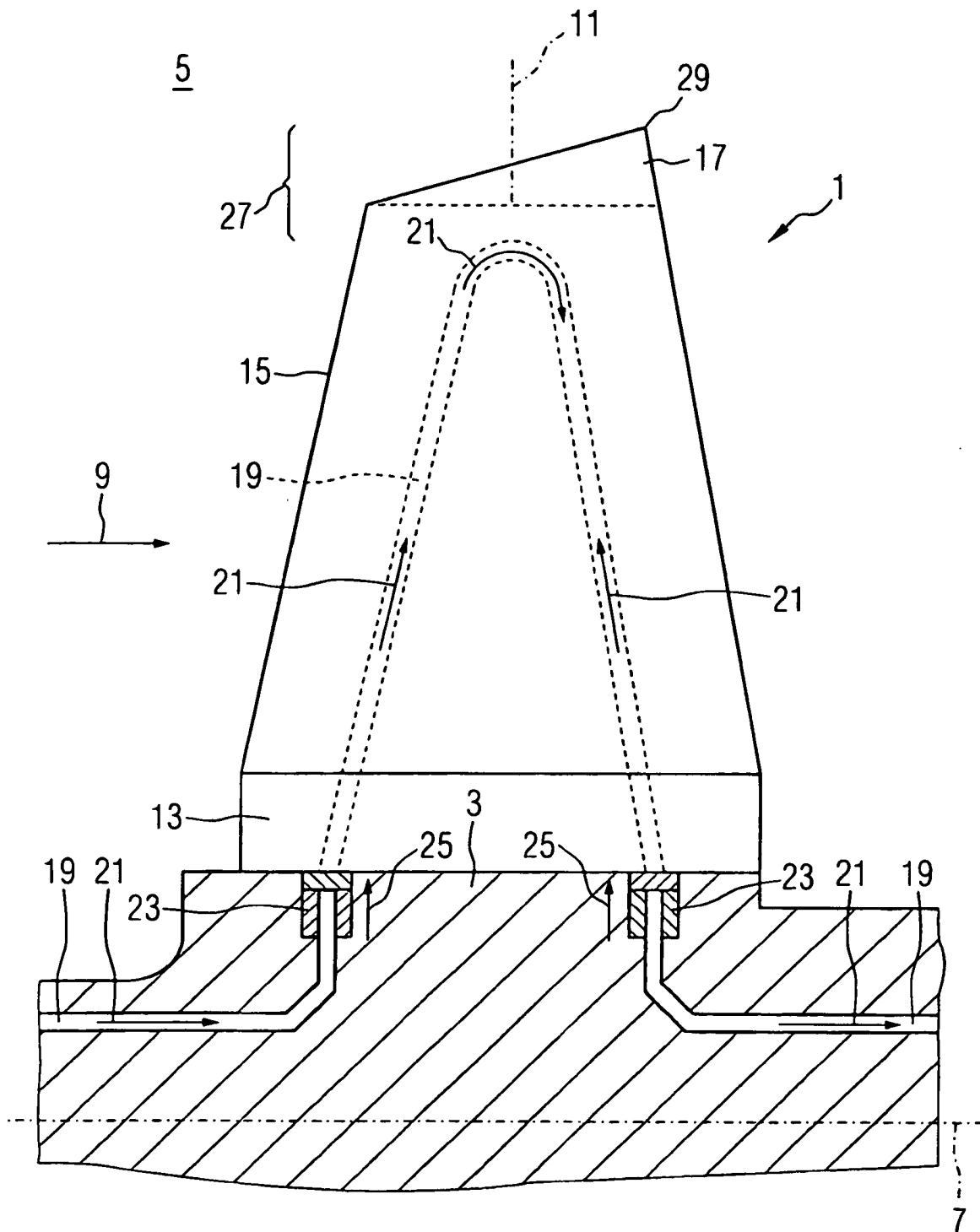


FIG 2

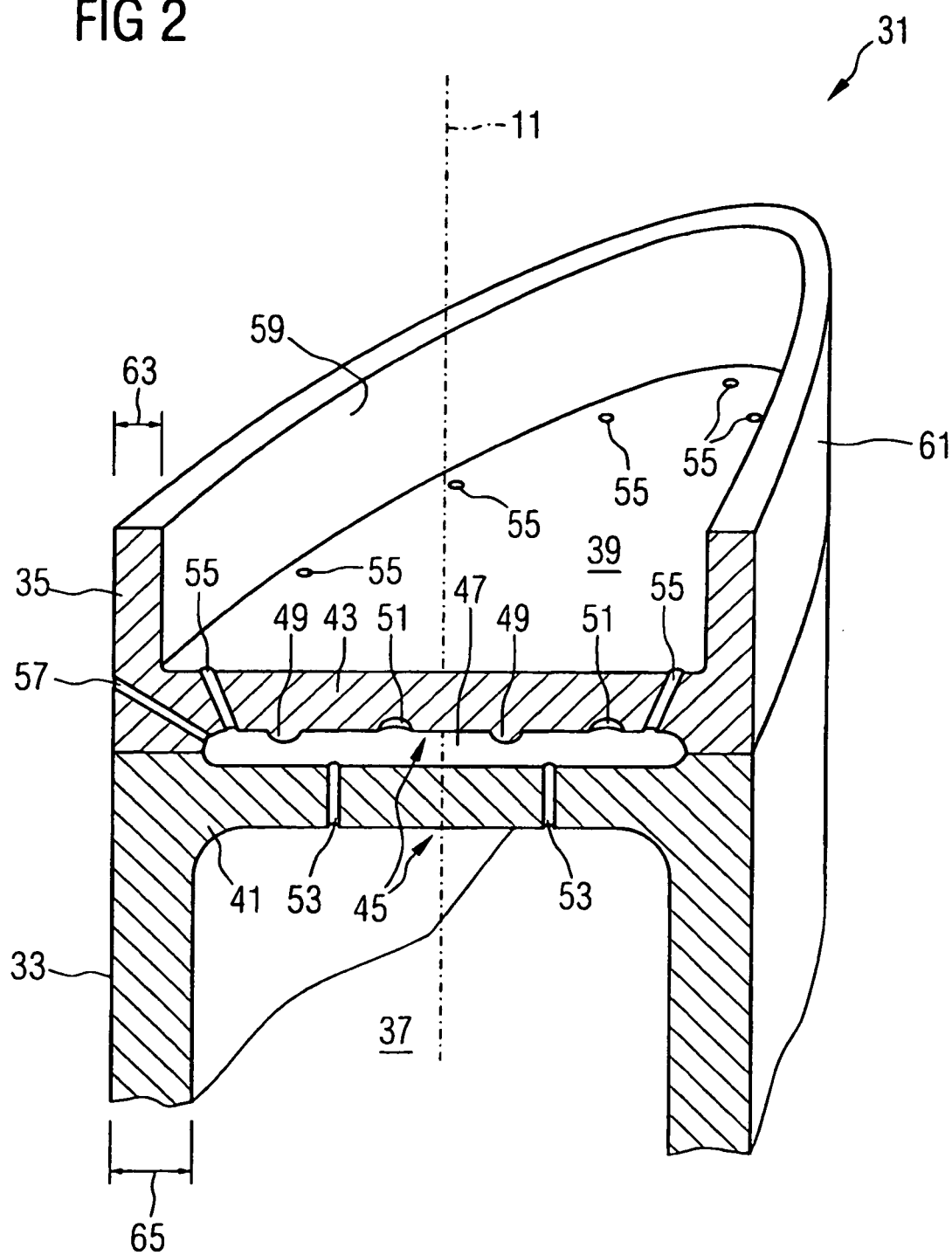
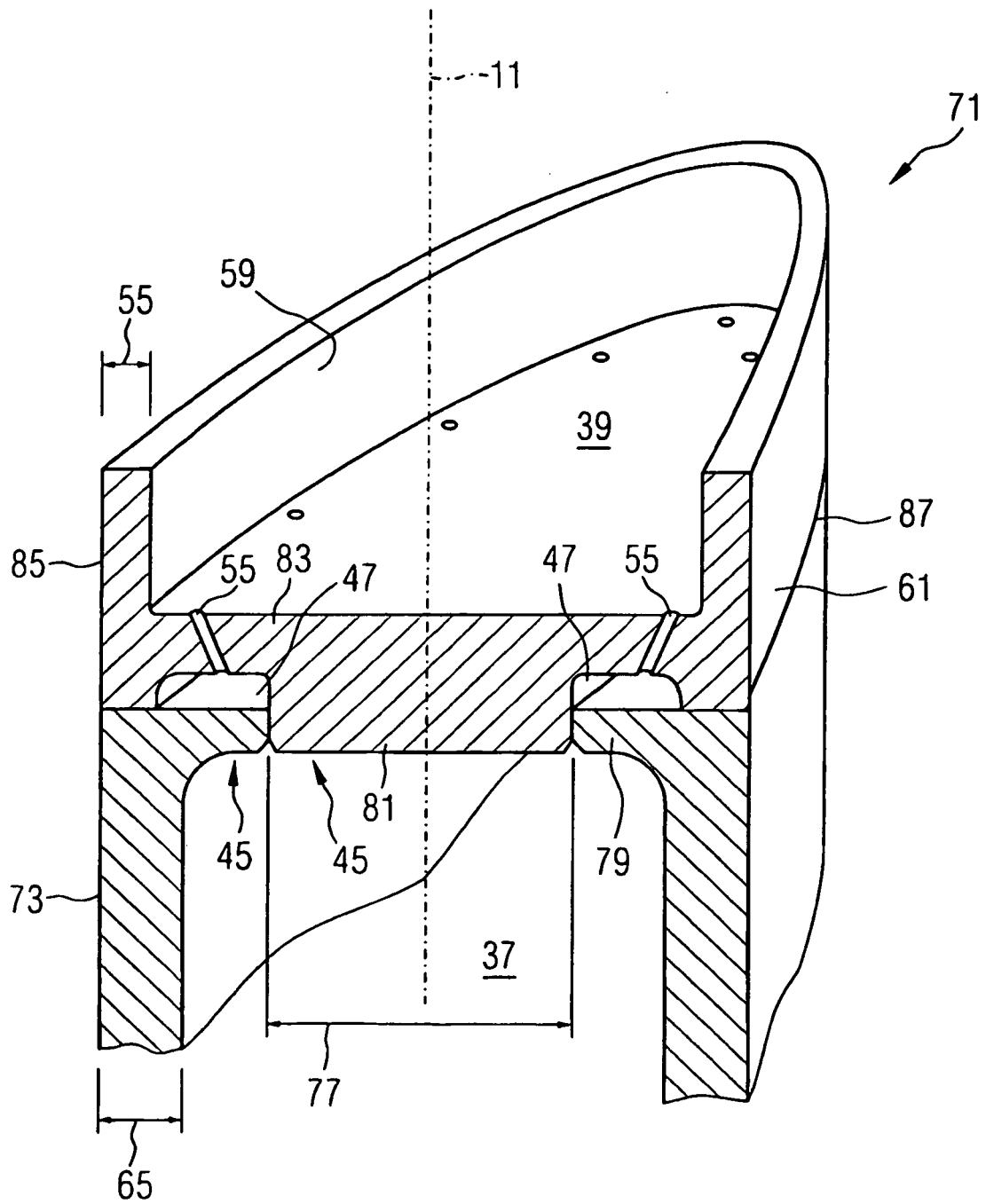


FIG 3



**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 4519745 A [0004]
- DE 19813173 A1 [0005]
- US 6164914 A [0006]