



(11)

EP 2 828 484 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.05.2019 Patentblatt 2019/19

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

(21) Anmeldenummer: **13714573.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/055965

(22) Anmeldetag: **21.03.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/139926 (26.09.2013 Gazette 2013/39)

(54) **TURBINENSCHAUFEL**

TURBINE BLADE

AUBE DE TURBINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **22.03.2012 EP 12160893**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.01.2015 Patentblatt 2015/05

(73) Patentinhaber: **Ansaldo Energia IP UK Limited London W1G 9DQ (GB)**

(72) Erfinder:
• **SCHNIEDER, Martin CH-5408 Ennetbaden (CH)**

• **SHCHUKIN, Sergey CH-5507 Mellingen (CH)**

(74) Vertreter: **Bernotti, Andrea et al Studio Torta S.p.A. Via Viotti, 9 10121 Torino (IT)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 447 320 EP-A1- 0 806 546
EP-A1- 2 107 215 EP-A2- 2 228 517
EP-A2- 2 258 925 JP-A- 2002 242 607
US-A- 3 191 908 US-A- 5 246 340

EP 2 828 484 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

Technisches Gebiet

[0001] Die Offenbarung bezieht sich auf eine Turbinenschaufel für eine Strömungsrotationsmaschine mit einem Schaufelblatt, das von einer konkaven Druck- und einer konvexen Saugseitenwand begrenzt ist, die einen Hohlraum einschließen, der von der Druck- und Saugseitenwand sowie von einer sich in Längsrichtung erstreckenden, die Saug- und die Druckseitenwand inwändig verbindenden Zwischenwand begrenzt ist.

Stand der Technik

[0002] Turbinenschaufeln der vorstehend genannten Gattung stellen hitzebeständige Bauteile dar, die insbesondere innerhalb von Turbinenstufen von Gasturbinenanordnungen eingesetzt werden und in Form von Leit- oder Laufschaufeln den unmittelbar aus der Brennkammer austretenden Heißgasen ausgesetzt sind.

[0003] Die Hitzebeständigkeit derartiger Turbinenschaufeln rührt einerseits von der Verwendung hitzebeständiger Materialien und andererseits von einer höchst effizienten Kühlung der den Heißgasen unmittelbar ausgesetzten Turbinenschaufeln her, die zu Zwecken einer kontinuierlichen Durchströmung und Beaufschlagung mit einem Kühlmittel, vorzugsweise von Kühlluft, über entsprechende Hohlräume verfügen, die an ein Kühlmittelspeisesystem der Gasturbinenanordnung angeschlossen sind, das zur Kühlung sämtlicher hitzeexponierten Gasturbinenkomponenten Kühlluft während des Gasturbinenbetriebes, so insbesondere den Turbinenschaufeln, zur Verfügung stellt.

[0004] Herkömmliche Turbinenschaufeln verfügen über einen Schaufelfuß, an den sich radialwärts mittel- oder unmittelbar das Schaufelblatt anschließt, das eine konkav geformte Druckseitenwand sowie eine konvex geformte Saugseitenwand besitzt, die sich im Bereich der Schaufelvorderkante einstückig verbinden und zwischen denen ein Zwischenraum begrenzt ist, der zu Kühlzwecken von Seiten des Schaufelfußes mit Kühlluft versorgt wird. Der Begriff "radialwärts" bezeichnet hierbei die Turbinenschaufelerstreckung im montierten Zustand innerhalb der Gasturbinenanordnung, die radial zur Rotationsachse der Rotoreinheit orientiert ist. Um die Kühlluftzufuhr und -verteilung innerhalb des zwischen der Saugseiten- und Druckseitenwand eingeschlossenen Zwischenraumes für eine optimierte Kühlung der Turbinenschaufel vorzunehmen, ist der Zwischenraum mit radial verlaufenden Zwischenwänden versehen, die jeweils radial innerhalb des Schaufelblattes orientierte Hohlräume voneinander abgrenzen, von denen einige über fluidische Verbindungen verfügen. An geeigneten Stellen längs der Hohlräume sind Durchtrittsöffnungen in der Saug- oder Druckseitenwand, im Bereich der Turbinenschaufelvorder- und/oder -hinterkante oder an der Turbinenschaufelspitze vorgesehen, so dass die Kühlluft

nach Aussen in den Heißgaskanal der Turbinenstufe entweichen kann.

[0005] Eine zu Kühlzwecken optimierte Gasturbinenschaufel ist der EP 1 319 803 A2 zu entnehmen, die innerhalb des Turbinenschaufelblattes eine Vielzahl radial orientierte Kühlkanalhohlräume vorsieht, die jeweils mäanderförmig fluidisch verbunden sind und nach Maßgabe unterschiedlich stark hitzebelasteter Schaufelblattbereiche mit mehr oder weniger Kühlluft durchströmt werden. Insbesondere gilt es den Bereich der Schaufelvorderkante, der die größte Strömungs- und Hitzeexposition der Heißgase erfährt in besonders effizienter Weise zu kühlen. Hierzu erstreckt sich innwändig längs zur Schaufelvorderkante ein Hohlraum, der von der Saug- und Druckseitenwand, die sich an der Schaufelvorderkante vereinen sowie von einer Zwischenwand, die innwändig die Saug- und Druckseite miteinander verbindet, begrenzt wird und der von Seiten des Schaufelfusses mit Kühlluft gespeist wird. Üblicherweise gelangt die durch den Hohlraum strömende Kühlluft im Bereich der Schaufelblattspitze nach außen. Um den Wärmeübergang zwischen der Schaufelblattwand und der den Hohlraum durchströmenden Kühlluft zu verbessern, sind darüber hinaus längs der den Hohlraum einschließenden Wandbereiche, die Kühlluftströmung verwirbelnde Strukturen vorgesehen.

[0006] Eine weitere bevorzugte Kühlung des Schaufelvorderkantenbereiches einer Turbinenschaufel ist in der US 5,688,104 beschrieben. Längs der Schaufelvorderkante verläuft ein Hohlraum, der zum einen von der Saug- und Druckseitenwand, die sich an der Schaufelvorderkante vereinen, sowie von einer Zwischenwand, die die Saug- und Druckseitenwand innerhalb des Schaufelblattes starr miteinander verbindet, begrenzt ist. Der längs der Schaufelvorderkante verlaufende Hohlraum wird mit Kühlluft gespeist, die ausschließlich durch innerhalb der Zwischenwand vorgesehene Kühlkanalöffnungen in den Hohlraum eintritt. Die geradlinig ausgebildete Zwischenwand ist in radialer Längserstreckung mit einer Vielzahl einzelner Durchgangskanäle versehen, durch die Kühlluft aus einem angrenzenden radial verlaufenden Kühlkanal längs des Schaufelblattes in Form einer Prallkühlung in Richtung der Schaufelvorderkante innerhalb des vorstehend bezeichneten Hohlraums eintritt. Zur Ausleitung der in den Hohlraum eingebrachten Kühlluft sind jeweils längs der Schaufelvorderkante zur Saug- und Druckseitenaußenwand gerichtete Filmkühlöffnungen vorgesehen, durch die die innerhalb des Hohlraumes eingebrachte Kühlluft unter Ausbildung einer Filmkühlung jeweils an der Druck- sowie Saugseitenaußenwand ausgebracht wird.

[0007] Um die Kühlwirkung insbesondere der Schaufelvorderkante einer Turbinenschaufel zu verbessern, bietet es sich mit den bekannten Kühltechniken an, einerseits die Kühlluftzuführung zu steigern, andererseits die Kühlmechanismen der Prallkühlung zu optimieren.

[0008] Turbinenschaufeln, die zu Zwecken einer optimierten Hitzebeständigkeit insbesondere im Bereich der

Schaufelvorderkante über die vorstehend erläuterten Kühlmaßnahmen verfügen, zeigen jedoch im Schaufelvorderkantenbereich längs der Druck- und Saugseitenwand häufig Ermüdungserscheinungen, die im Endstadium durch Rissbildung in Erscheinung treten. Der Grund für derartige Rissbildungen liegt im Auftreten von thermomechanischen Spannungen innerhalb der Saug- und Druckseitenwand im Schaufelvorderkantenbereich, die durch hohe Temperaturunterschiede zwischen der Heißgasbeaufschlagten Schaufelvorderkante und den Kühlluftbeaufschlagten inneren Wandbereichen des Schaufelblattes herrühren. Insbesondere im Falle transients Betriebszustände der Gasturbinenanordnung, wie sie beim Anfahren oder bei Lastwechseln in der Turbinenstufe auftreten, können Temperaturunterschiede zwischen der Heißgasbeaufschlagten Schaufelvorderkante und den mit Kühlluft beaufschlagten Zwischen- und Innenwandabschnitten von ca. 1000°C auftreten. Es liegt auf der Hand, dass bei derart großen Temperaturunterschieden erhebliche thermomechanische Spannungen innerhalb der Saugseiten- und Druckseitenwand längs der Schaufelvorderkante auftreten, die zu erheblichen Materialbelastungen, wie vorstehend erwähnt, führen.

[0009] Aus der EP 0 447 320 A1 ist eine Schaufel mit Saug- und Druckseitenwand bekannt, in die eine die Saug- und die Druckseitenwand inwandig verbindenden Zwischenwand eingesetzt ist, die Löcher zur Prallkühlung der Seitenwand aufweist.

[0010] Aus der EP 2107215 A1, US 3191908 und der JP 2002 242607 A sind Schaufeln mit einer die Saug- und Druckseitenwand inwandig verbindenden Zwischenwand bekannt, die Löcher zur Prallkühlung der Seitenwand aufweist.

[0011] Die EP 0 806 546 A1 offenbart eine Turbinenschaufel mit keramischen Vorderkanteneinsatz, der auf die Vorderkante des Schaufelprofils aufgesetzt ist und prallluftgekühlt wird.

[0012] Aus der EP 2258 925 A2 und der US 5246340 sind Schaufeln mit einer die Saug- und Druckseitenwand verbindenden Zwischenwand bekannt, die Löcher zur Einleitung eines Flusses eines Kühlmediums in den vorderen Kühlkanal aufweist.

Darstellung der Offenbarung

[0013] Der Offenbarung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Turbinenschaufel gemäß Anspruch 1 für eine Strömungsrotationsmaschine mit einem Schaufelblatt, das von einer konkaven Druck- und einer konvexen Saugseitenwand begrenzt ist, die im Bereich einer dem Schaufelblatt zuordenbaren Schaufelvorderkante verbunden sind und einen sich Längserstreckung der Schaufelvorderkante erstreckenden Hohlraum einschließen, der innwandig von der Druck- und Saugseitenwand im Bereich der Schaufelvorderkante sowie von einer sich in Längsrichtung zur Schaufelvorderkante erstreckenden, die Saug- und die Druckseitenwand inwandig verbindenden Zwischenwand begrenzt ist, da-

durch weiterzubilden, dass die durch Temperaturunterschiede bedingten Ermüdungserscheinungen im Bereich der Schaufelvorderkante reduziert bis ganz vermieden werden sollen, um auf diese Weise die Lebensdauer der stark hitzeexponierter Turbinenschaufeln zu verbessern. Die hierfür erforderlichen Maßnahmen sollen möglichst die an sich bekannten Kühlmaßnahmen nicht beeinträchtigen, sondern darüber hinaus verbessern und unterstützen. Auch sollen die hierfür erforderlichen Maßnahmen weder kostenintensive noch herstellungsrelevant aufwendige Aufwendungen erfordern.

[0014] Eine lösungsgemäße Turbinenschaufel für eine Strömungsrotationsmaschine weist ein Schaufelblatt auf, das von einer konkaven Druck- und einer konvexen Saugseitenwand begrenzt ist. Diese Wände sind im Bereich einer dem Schaufelblatt zuordenbaren Schaufelvorderkante verbunden und schliessen einen sich in Längserstreckung der Schaufelvorderkante erstreckenden Hohlraum ein, der inwandig von der Druck- und Saugseitenwand im Bereich der Schaufelvorderkante sowie von einer sich in Längsrichtung zur Schaufelvorderkante erstreckenden, die Saug- und die Druckseitenwand inwandig verbindenden Zwischenwand begrenzt ist. Diese Zwischenwand sowie die Saug- und/oder Druckseitenwand sind ein zusammenhängendes Teil. Dies ist typischerweise als Gussteil hergestellt. Die offenbarte Turbinenschaufel zeichnet sich dadurch aus, dass die Zwischenwand im Anschlussbereich an die Saug- und/oder Druckseitenwand wenigstens abschnittsweise eine Perforierung aufweist, um die Elastizität zu erhöhen. Als Perforierung ist dabei eine Vielzahl von Löchern zu verstehen. Diese sind typischerweise entlang einer Linie angeordnet. Typischerweise ist diese Linie zumindest abschnittsweise gerade. Beispielsweise können drei oder mehr Löcher entlang einer Geraden angeordnet sein. Insbesondere wird damit die Elastizität der Zwischenwand erhöht. Durch den elastischen Anschlussbereich wirkt die Zwischenwand weniger versteifend auf die gesamte Schaufel, so dass auch die Verspannungen zwischen Druck- und Saugseitenwand reduziert werden. Als Anschlussbereich der Zwischenwand an die Saug- und/oder Druckseitenwand ist hier der an die Saug- und/oder Druckseitenwand angrenzende Bereich der Zwischenwand bezeichnet. Der Anschlussbereich kann sich bis zu einem Viertel der Distanz zwischen Saug- und Druckseitenwand erstrecken. Typischerweise erstreckt sich der Anschlussbereich auf eine Distanz, die kleiner als die Dicke der Zwischenwand ist oder kleiner als ein bis zweimal der Dicke der Zwischenwand ist. Nach einer Ausführung ist der Anschlussbereich auf eine Rundung oder Hohlkehle im Übergang von Zwischenwand an die Saug- und/oder Druckseitenwand beschränkt. Nach einer weiteren Ausführung ist der Anschlussbereich auf einen Bereich ab der Seitenwand beschränkt, die dem doppelten Radius der Rundung oder Hohlkehle im Übergang von Zwischenwand an die Saug- und/oder Druckseitenwand entspricht.

[0015] Der Offenbarung liegt die Erkenntnis zugrunde,

dass die Ermüdungsrisssbildungen im Schaufelvorderkantenbereich von mit Heißgasen exponierten Turbinenschaufeln vornehmlich darauf zurückzuführen sind, dass dem thermisch bedingten Ausdehnungs- und Schrumpfbestreiben der Druck- und Saugseitenwandbereiche im Schaufelvorderkantenbereich die Unnachgiebigkeit der starr ausgebildeten, stets mit Kühlluft umströmten Zwischenwand, die der Schaufelvorderkante unmittelbar innerhalb des Schaufelblattes nachgeordnet ist und die Saugseitenwand und Druckseitenwand fest miteinander verbindet, mechanisch entgegenwirkt, wodurch die stark erhitzten Hitzeexponierten Saug- und Druckseitenwandbereiche eine erhöhte innere mechanische Spannung erfahren, die wiederum eine hohe Materialbeanspruchung nach sich zieht, die letztlich zu den die Lebensdauer reduzierenden Ermüdungserscheinungen führt. Zur Begegnung des die Ermüdungserscheinungen hervorruhenden mechanischen Zwangs, der auf die Druck- und Saugseitenwandbereiche längs der Schaufelvorderkante wirkt, wird die der Schaufelvorderkante unmittelbar nachgeordnete Zwischenwand, die gemeinsam mit den Innenwänden der Druck- und Saugseitenwand den längs der Schaufelvorderkante verlaufenden Hohlraum begrenzt, lösungsgemäß derart modifiziert, so dass die Zwischenwand bzw. der Anschlussbereich der Zwischenwand eine Elastizität erfährt, wodurch dem thermisch bedingten Ausdehnungs- und Schrumpfbestreiben der Saugseiten- und Druckseitenwandbereiche längs der Schaufelvorderkante zumindest teilweise nachgegeben werden können. Die Zwischenwand weist hierzu in Abkehr zur herkömmlich starren Wandverbindung zwischen Zwischenwand und Saug- und Druckseitenwand zumindest an einem Anschlussbereich zur Seitenwand eine Perforierung auf, durch die die vorstehend beschriebene Elastizität realisierbar ist. Nach einer Ausführungsform umfasst die Perforierung eine Reihe von zylindrischen Löchern. Nach einer weiteren Ausführungsform umfasst die Perforierung eine Reihe von Langlöchern oder Schlitzten, deren längere Seite sich parallel zur jeweils benachbarten Saug- oder Druckseitenwand erstreckt.

[0016] Durch den Anschluss der Zwischenwand an die Seitenwand, bilden sich relativ Dicke Materialansammlungen deren Verhältnis von Oberfläche zu Volumen viel kleiner ist als in einem freien Wandabschnitt. Auf der Innenseite ist durch den Anschluss ausserdem die Strömung der Wände behindert, so dass sich die Temperatur des Schaufelmaterials im Anschlussbereich bei transienten Änderungen der Heissgas- oder Kühllufttemperaturen langsamer ändert als die Materialtemperaturen in einem freien Wandabschnitt. Dies führt zu zusätzlichen Wärmespannungen, die durch die Perforierung reduziert werden.

[0017] Typischerweise ist der Anschlussbereich von Zwischenwand an die Saug- und/oder Druckseitenwand sogar mit einer Rundung oder Hohlkehle ausgebildet. Diese Hohlkehle ist bei gegossenen Schaufeln fertigungsbedingt. Durch sie werden einerseits Spannungs-

konzentration am Wandanschluss reduziert, andererseits werden durch die Hohlkehle die Materialansammlungen im Anschlussbereich von Zwischenwand an die Saug- und/oder Druckseitenwand noch vergrößert. Die Perforierung im Anschlussbereich verbessert den Wärmeübergang auf der Innenseite der Wände, so dass transienten Temperaturänderungen besser gefolgt werden kann. Um den Effekt der Materialansammlung weiter entgegen zu wirken und den Wärmeübergang im Anschlussbereich zu verbessern verläuft nach einer Ausführungsform die Perforierung zumindest teilweise durch die Hohlkehle.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform der Turbinenschaufel weist die Zwischenwand in Erstreckung von der Saug- zur Druckseitenwand oder umgekehrt wenigstens einen von einem geradlinigen Wandverlauf abweichenden, gekrümmt ausgebildeten Wandabschnitt auf. Diese Krümmung erhöht die Elastizität, so dass sich insbesondere in Kombination mit dem perforierten Anschlussbereich der Zwischenwand eine flexible Zwischenwand ergibt.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die der Schaufelvorderkante unmittelbar zugewandte Zwischenwand, die die Saug- und Druckseiteninnenwand miteinander verbindet, einen "V"- bzw. "U"-förmigen Wandquerschnitt auf, der sich vorzugsweise über die gesamte radiale Länge der Zwischenwand erstreckt. Eine derart lösungsgemäß ausgebildete Krümmung der Zwischenwand, deren Verlauf sich von der Saug- zur Druckseitenwand bzw. umgekehrt erstreckt und in eben dieser Raumrichtung eine krümmungsbedingte Wandelastizität ermöglicht, erlaubt im Falle einer thermisch induzierten Ausdehnung von Saug- und Druckseitenwand im Schaufelvorderkantenbereich durch elastische Streckung der gekrümmten Zwischenwand dem Bestreben der Saug- und Druckseitenwand sich relativ voneinander zu beabstanden nachzugeben.

Im umgekehrten Fall einer thermisch bedingten Materialschumpfung, die zu einer Verringerung des gegenseitigen Abstandes zwischen Druck- und Saugseitenwand im Schaufelvorderkantenbereich führt, vermag die gekrümmt ausgebildete Zwischenwand durch Erhöhung der Wandkrümmung dem sich verringernden Wandabstand zu folgen.

[0020] Nach einer weiteren Ausführungsform weist die Turbinenschaufel am Grund des "v-" oder "u-förmig" ausgebildeten Querschnittes der Zwischenwand wenigstens abschnittsweise eine Perforierung auf, die parallel zu der Perforierung des Anschlussbereichs verläuft, um die Elastizität zu erhöhen. Insgesamt ergibt sich so für die Zwischenwand eine scharnierartige Struktur, zwischen den beiden Schenkel des "v-" oder "u-förmig" ausgebildeten Querschnittes, die eine Drehbewegung der Schenkel um die Perforierungen ermöglicht, und somit für einen Ausgleich bei Änderungen des gegenseitigen Abstandes zwischen Druck- und Saugseitenwand sorgt.

[0021] Durch die vorstehend erläuterte Nachgiebigkeit

der Zwischenwand kann sich der gegenseitige Abstand zwischen Druck- und Saugseitenwand im Schaufelvorderkantenbereich je nach Temperaturniveau einstellen ohne dass dabei schädliche mechanische Verspannungen innerhalb der Druck- und Saugseitenwand insbesondere im Verbindungsbereich zur innenliegenden Zwischenwand auftreten.

[0022] Selbstverständlich ist es denkbar, die betreffende Zwischenwand mit von der "V"- bzw. "U"-Wandquerschnittsform abweichenden gekrümmt ausgebildeten Wandkonturen auszubilden. So sind beispielsweise im Querschnitt wellig oder zieharmonikaartig ausgebildete Zwischenwandformen möglich. Allen derartigen lösungsgemäß auszubildenden Wandabschnitten ist jedoch gemeinsam, dass sie über eine krümmungsbedingte Wandelastizität verfügen und durch die Perforierung flexibel an die Aussenwände angeschlossen sind.

[0023] Zur weiteren Verbesserung der Wandelastizität sieht ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel vor, die Zwischenwand zumindest bereichsweise mit einer gleichen oder vorzugsweise geringeren Zwischenwanddicke auszubilden, verglichen zu den Wanddicken der Saug- und Druckseitenwand im Schaufelvorderkantenbereich. Nicht notwendigerweise ist es erforderlich, dass die Zwischenwand längs ihres gesamten Wandquerschnittes über eine gleich bleibende Wanddicke verfügen muss. Es lassen sich auf diese Weise die Zwischenwanddicke, Elastizität des perforierten Anschlussbereichs und das Krümmungsverhalten der Zwischenwand aufeinander derart optimiert abstimmen, dass eine besonders geeignete Wandelastizität erzielbar ist. Gilt es besonders hohe Wandelastizitäten zu realisieren, so eignen sich besonders stark gekrümmte und/oder geeignet dünn gewählte Wandabschnitte längs der Zwischenwand.

[0024] Auch begrenzt sich die lösungsgemäße Maßnahme einer Zwischenwand mit perforiertem Anschlussbereich nicht notwendigerweise auf die unmittelbar der Schaufelvorderkante zugewandte Zwischenwand. Selbstverständlich ist es möglich, auch weitere, innerhalb des Schaufelprofils vorgesehene Zwischenwände, in lösungsgemäßer Weise mit Perforierung oder Perforierung und gekrümmt auszuführen, um thermisch induzierte Schrumpfs- oder Ausdehnungseffekte, betreffend die Druck- und Saugseitenwand, spannungsfrei nachgeben zu können. Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, dass die "V"- bzw. "U"-förmig ausgebildete Wandkrümmung der der Schaufelvorderkante unmittelbar zugewandten Zwischenwand derart ausgebildet und angeordnet ist, so dass die konvexe Wandseite des "V"- oder "U"-förmig ausgebildeten Wandabschnittes dem Bereich der Schaufelvorderkante zugewandt ist.

[0025] Ferner ist es vorteilhaft, die sich von der Saug- zur Druckseitenwand bzw. in umgekehrter Richtung erstreckende Krümmungskontur der Zwischenwand derart auszubilden, so dass die der Schaufelvorderkante zugewandte konvexe Wandseite der Zwischenwand weitgehend parallel zu der den Hohlraum begrenzenden, an der Schaufelvorderkante verbundenen Saug- und Druck-

seitenwand ausgebildet und angeordnet ist. Eine derartige Ausbildung ist insbesondere bei der Realisierung einer sogenannten Prallkühlung besonders vorteilhaft, wie dies die weiteren Erläuterungen unter Bezugnahme auf ein diesbezügliches Ausführungsbeispiel zeigen werden. Hierbei ist es möglich, zielgerichtet Prallkühlluftströmungen durch jeweils innerhalb der Zwischenwand eingebrachte Durchtrittskanäle auf bestimmte Innenwandbereiche im Schaufelvorderkantenbereich zu richten. Auf diese Weise lassen sich temperaturbedingte Materialspannungen durch eine optimierte Kühlung des Schaufelvorderkantenbereichs wirkungsvoll begegnen.

[0026] Um eine ausreichende Flexibilität zu erreichen, wird nach einem Ausführungsbeispiel eine Lochreihe als Perforierung angesehen, in der in Perforierungsrichtung der Anteil der Lochlängen mindestens 30% der Gesamtlänge des perforierten Bereichs beträgt. Für hohe Flexibilität beträgt nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Anteil der Lochlängen mindestens 50% der Gesamtlänge des perforierten Bereichs. Dies wird z.B. durch eine Reihe von zylindrischen Bohrungen realisiert, die jeweils mit dem doppelten Durchmesser beabstandet sind. Insbesondere bei Ausführungen mit Langlöchern oder Schlitzten kann ein Anteil der Lochlängen 70% der Gesamtlänge des perforierten Bereichs überschreiten.

[0027] Der Anschlussbereich der Zwischenwand an die Druck- oder Saugseitenwand umfasst beispielsweise jeweils bis zu 20% des Wandabstandes zwischen beiden Seitenwänden. Typischerweise erstreckt sich der Anschlussbereich ein oder zwei Wanddicken der Zwischenwand in Verbindungsrichtung der Zwischenwand.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0028] Bevorzugte Ausführungsformen der Offenbarung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben, die lediglich zur Erläuterung dienen und nicht einschränkend auszulegen sind. In den Zeichnungen zeigen:

- | | |
|---------------|---|
| Fig. 1 | Illustration zur schematischen Anordnung von Turbinenleit- und Turbinenlaufschaufeln innerhalb einer Turbinenstufe, |
| Fig. 2 | repräsentatives Profil durch eine Turbinenschaufel und |
| Fig. 3a, b, c | alternative Varianten zur Ausbildung einer Perforation in einer Zwischenwand im Bereich der Schaufelvorderkante, |
| Fig. 4a - d | alternative Varianten zur Ausbildung einer Zwischenwand im Bereich der Schaufelvorderkante. |

Detaillierte Beschreibung

[0029] In Fig. 1 sind in schematischer Darstellung eine

Leitschaufel 2 sowie eine Laufschaufel 3 dargestellt, wie sie in einer nicht weiter illustrierten Turbinenstufe 1 längs einer Leit- und Laufschaufelreihe angeordnet sind. Es sei angenommen, dass die Leitschaufel 2 sowie die Laufschaufel 3 mit einem Heißgasstrom H in Kontakt treten, der in der Darstellung von links nach rechts die jeweiligen Schaufelblätter 4 der Leitschaufel 2 sowie der Laufschaufel 3 überströmt. Die Schaufelblätter 4 der Leit- und Laufschaufeln 2, 3 ragen in den Heißgaskanal der Turbinenstufe 1 einer Gasturbinenanordnung hinein, der durch jeweils radial innen liegende Deckbänder 2i, 3i sowie durch die radial außen liegenden Deckbänder 2a der Leitschaufeln 2 sowie radial außen liegenden Wärmetausegmenten 3a begrenzt ist. Die Laufschaufel 3 ist an einer nicht weiter dargestellten Rotoreinheit R montiert, die um eine Rotationsachse A drehbar gelagert ist.

[0030] In Fig. 2 ist eine Querschnittsdarstellung durch eine Leit- bzw. Laufschaufel dargestellt, die sich längs einer aus Fig. 1 entnehmbaren Schnittebene A-A ergibt. Das typische Schaufelprofil einer Turbinenleit- oder Turbinenlaufschaufel zeichnet sich durch ein aerodynamisch profiliertes Schaufelblatt 4 aus, das von einer konvexen Saugseitenwand 7 sowie von einer konkaven Druckseitenwand 6 beidseitig begrenzt ist. Die konvex ausgebildete Saugseitenwand 7 sowie die konkav ausgebildete Druckseitenwand 6 vereinen sich einstückig im Bereich der Schaufelvorderkante 5, die, wie bereits eingangs erläutert, dem durch die Turbinenstufe einer Gasturbinenanordnung hindurch tretenden Heißgasstrom unmittelbar ausgesetzt ist. Es liegt auf der Hand, dass der Turbinenschaufelbereich längs der Schaufelvorderkante 5 eine besonders starke thermische Belastung erfährt.

[0031] Zur Kühlung der den Heißgasen ausgesetzten Turbinenschaufel sind innerhalb des Schaufelblattes 4 radial orientierte Hohlräume 9, 10, 11 etc. vorgesehen, die mit Kühlluft gespült werden. Die einzelnen Hohlräume 9, 10, 11 etc. sind durch Zwischenwände 8, 12, 13 etc. gegenseitig abgetrennt. Je nach Ausbildung und Ausformung der Turbinenschaufel kommunizieren die einzelnen Kühlkanäle 9, 10, 11 etc. miteinander.

[0032] Um das eingangs geschilderte Problem der ermüdungsbedingten Rissbildung in der Saug- und Druckseitenwand 6, 7 nahe der Schaufelvorderkante 5 zu lösen, ist die vorderste Zwischenwand 8 im Anschlussbereich an die Saug- 7 und/oder Druckseitenwand 6 wenigstens abschnittsweise mit einer Perforierung 16 versehen. Ausführungsbeispiele von Perforierungen 16 sind in den Fig. 3a, b und c dargestellt.

[0033] Ein erstes Ausführungsbeispiel ist in der Fig. 3a gezeigt. Je eine Perforierung 16 ist im Anschlussbereich der Zwischenwand 8 an die Saug- und Druckseitenwand 6, 7 vorgesehen. Die Perforierungen des gezeigten Beispiels sind eine Reihe von zylindrischen Löchern 18, die parallel zu der Saug- und Druckseitenwand 6, 7 angeordnet sind. Die Perforierung 16 an der Druckseitenwand 6 verläuft in dem Beispiel nur über einen Abschnitt der Zwischenwand 8.

[0034] Ein zweites Ausführungsbeispiel ist in der Fig. 3b gezeigt. Je eine Perforierung 16 ist im Anschlussbereich der Zwischenwand 8 an die Saug- und Druckseitenwand 6, 7 vorgesehen. Die Perforierungen dieses Beispiels sind eine Reihe von Langlöchern 19, die parallel zu der Saug- und Druckseitenwand 6, 7 angeordnet sind und deren längere Seite sich jeweils parallel zur benachbarten Saug- 7 bzw. Druckseitenwand 6 erstreckt.

[0035] In dem dritten Ausführungsbeispiel der Fig. 3c ist zusätzlich zu den Perforierung 16 des in Fig. 3b gezeigten Beispiels noch eine Mittel- Perforierung 20 vorgesehen, die parallel zu den Saug- und Druckseitenwänden 6, 7 in der Mitte der Zwischenwand 8 verläuft. Zusammen mit den Perforierungen 16 im Anschlussbereich an die Saug- und Druckseitenwand 6, 7 wird so eine zweigeteilte Zwischenwand 8 gebildet, die flexibel zusammengeklappt werden kann.

[0036] Zur besseren Illustration der Zwischenwandausbildung sei auf das in Fig. 4a illustrierte detailliert dargestellte Ausführungsbeispiel verwiesen, das das Schaufelprofil im Schaufelvorderkantenbereich zeigt. Die Fig. 4a zeigt eine Perforierung 16 im Anschlussbereich der Saugseitenwand 7 und im Anschlussbereich der Druckseitenwand 6. Die Hauptrichtung des Materialausdehnungs- bzw. Schrumpfungsbestrebens 21 der Seitenwände 6, 7 verläuft in dem Beispiel im wesentlichen parallel zur Erstreckung der Zwischenwand 8.

[0037] Im Unterschied zu einer geradlinigen Ausbildung, wie dies in Fig. 1, 2, 3 und 4a bei den Zwischenwänden 8, 12, 13 der Fall ist, ist in Fig. 4b ein Ausführungsbeispiel mit einer gekrümmten Zwischenwand 8 dargestellt. Die Zwischenwand 8 verfügt über einen U-förmig ausgebildeten Wandquerschnitt, der beidseitig sowohl zur Saugseitenwand 6 als auch zur Druckseitenwand 7 innwandig einstückig verbunden ist. Die U-förmige Wandausbildung der Zwischenwand 8 verleiht dem Schaufelprofilbereich eine zusätzliche elastische Verformbarkeit dergestalt, dass dem thermisch bedingten Materialausdehnungs- bzw. Schrumpfungsbestreben der Saug- und Druckseitenwand nachgegeben werden kann, indem der Wandabstand w nicht fix, wie bisher, sondern in gewissen Grenzen, die durch die Form und Krümmungselastizität der Zwischenwand 8 sowie die Elastizität der Perforierung 16 bestimmt sind, variabel ist.

[0038] In Fig. 4c ist detailliert ein Ausführungsbeispiel mit einer zusätzlichen Mittel- Perforierung 20 dargestellt. Diese teilt die Zwischenwand 8 in zwei Schenkel, die ausgehend von dem Anschlussbereich an die Seitenwände 6, 7 in einem Winkel aufeinander zu laufen, wobei der Winkel durch die Mittel- Perforierung 20 flexibel verändert werden kann und somit dehnungsbedingte Änderungen im Abstand zwischen der Druck- und Saugseitenwand leicht ausgeglichen werden können.

[0039] Weiter ist in Fig. 4c ein Beispiel für eine mögliche Filmkühlungsanordnung gezeigt. Durch die Filmkühlöffnungen 14 gelangt Kühlluft aus dem Hohlraum 9 nach außen und bildet jeweils einen oberflächlich an der Saug- 6 und Druckseitenaußenwand 7 anliegenden Kühlluftfilm

aus. Die U-förmig ausgebildete Zwischenwand 8, die beidseitig sowohl mit der Innenwand der Saug- 7 als auch Druckseitenwand 6 einstückig verbunden ist, weist vorzugsweise einen konvexseitigen Wandverlauf auf, der der Schaufelvorderkante 5 zugewandt ist und weitgehend parallel zu der den Hohlraum 9 begrenzenden, an der Schaufelvorderkante 5 einstückig verbundenen Saug- 7 und Druckseitenwand 6 ausgebildet ist. Die Kühlluft gelangt in diesem Beispiel zumindest teilweise durch die Perforierungen 16 und Mittelperforierung 20 in den vorderen Hohlraum 9.

[0040] Ein weiteres Ausführungsbeispiel mit Details zur Kühlung ist in Fig. 4d dargestellt. Hier weist die Zwischenwand Perforierungen 16 an den Anschlussbereichen an die Saug- 7 und Druckseitenwand 6 auf. Neben der Perforierung weist sie noch Kühlluftdurchtrittskanäle 15a, b, c auf, die zur Prallluftkühlung der Innenwandseite der Schaufelwandvorderkante dienen. In besonders vorteilhafter Weise sind die Durchtrittskanäle 15a, b, c bezüglich ihrer Durchtrittskanallängserstreckung und der damit vorgegebenen Durchströmungsrichtung zumindest in drei Gruppen unterteilbar. Eine erste Gruppe an Durchtrittskanälen 15a zeichnet sich durch eine auf die Saugseitenwand 7 gerichtete Durchströmungsrichtung aus, eine zweite Gruppe an Durchtrittskanälen 15b zeichnet sich durch eine auf die Schaufelvorderkante gerichtete Durchströmungsrichtung aus und eine dritte Gruppe an Durchtrittskanälen 15c zeichnet sich durch eine auf die Druckseitenwand 6 gerichtete Durchströmungsrichtung aus. Die Durchtrittskanäle 15a, 15b und 15c verteilen sich längs der gesamten radialen Erstreckung in der Zwischenwand 8 und sorgen auf diese Weise für eine effektive und individuelle Kühlung des Schaufelvorderkantenbereiches der Turbinenschaufel. Selbstverständlich können weitere Durchtrittskanäle an der Zwischenwand 8 zu Zwecken einer optimierten Prallkühlung angebracht werden.

[0041] Weiter kann die Prallluftkühlung mit einer Mittel-Perforierung kombiniert werden. Typischerweise haben Prallluftkühlungslöcher einen grösseren Durchmesser, z. B. doppelt so grossen Durchmesser, als Perforierungslöcher.

Bezugszeichenliste

[0042]

1	Turbinenstufe
2	Leitschaufel
2i	Inneres Deckband der Leitschaufel
2a	Äußeres Deckband der Leitschaufel
3	Laufschaukel
3i	Inneres Deckblatt der Laufschaukel
3a	Wärmestausegment
4	Schaufelblatt
5	Schaufelvorderkante
6	Konkave Druckseitenwand
7	Konvexe Saugseitenwand

8	Zwischenwand
9	Hohlraum
10,11	Hohlräume
12,13	Zwischenwände
5 14	Filmkühlöffnungen
15	Durchtrittskanäle
16	Perforierung
17	Hohlkehle
18	Loch
10 19	Langloch
20	Mittel- Perforierung
21	Haupttrichtung des Materialausdehnungs- bzw. Schrumpfungsbestrebens
R	Rotoreinheit
15 A	Rotationsachse
E	Elastizitätsfreiheitsgrad
W	Wandabstand

20 Patentansprüche

1. Turbinenschaufel für eine Strömungsrotationsmaschine, die Turbinenschaufel umfasst ein Schaufelblatt (4), das von einer konkaven Druck- (6) und einer konvexen Saugseitenwand (7) begrenzt ist, die im Bereich einer dem Schaufelblatt (4) zuordenbaren Schaufelvorderkante (5) verbunden sind und einen sich in Längserstreckung der Schaufelvorderkante (5) erstreckenden Hohlraum (9) einschließen, der inwandig von der Druck- (6) und Saugseitenwand (7) im Bereich der Schaufelvorderkante (5) sowie von einer sich in Längsrichtung zur Schaufelvorderkante (5) erstreckenden, die Saug- (7) und die Druckseitenwand (6) inwandig verbindenden Zwischenwand (8) begrenzt ist, wobei die Turbinenschaufel im Übergang von Zwischenwand (8) an die Saug- (7) und/oder Druckseitenwand (6) eine Rundung oder Hohlkehle (17) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenwand (8) in einem Anschlussbereich an die Saug- (7) und/oder Druckseitenwand (6) wenigstens abschnittsweise eine Perforierung (16) aufweist um die Elastizität der Zwischenwand in dem Anschlussbereich zu erhöhen, wobei der Anschlussbereich auf einen Bereich ab der Saug- (7) und/oder Druckseitenwand (6) beschränkt ist, der dem doppelten Radius der Rundung oder Hohlkehle (17) entspricht.
2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Perforierung (16) eine Reihe von zylindrischen Löchern (18) umfasst.
3. Turbinenschaufel nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Perforierung eine Reihe von Langlöchern (19) oder Schlitzfenstern umfasst, deren längere Seite sich parallel zur benachbarten Saug- (7) und/oder Druckseitenwand (6) er-

streckt.

4. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anschlussbereich von Zwischenwand (8) an die Saug- (7) und/oder Druckseitenwand (6) eine Hohlkehle (17) umfasst und die Perforierung (16) zumindest teilweise durch die Hohlkehle (17) verläuft. 5
5. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenwand (8) eine dem Hohlraum (9) abgewandte Wandseite aufweist, die wenigstens einen weiteren Hohlraum (10) zusammen mit der Saug- (7) und Druckseitenwand (6) begrenzt, 10
und
dass die Hohlräume (9, 10) Kühlkanäle sind, in die ein Kühlmittel einleitbar ist. 15
6. Turbinenschaufel nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass Öffnungen der Perforierung (16) parallel zur Oberfläche der Saug- (7) respektive Druckseitenwand (6) im Anschlussbereich der Zwischenwand (8) ausgeführt sind und im Betrieb Kühlluft durch diese Öffnungen von dem einen Hohlraum (10) in den weiteren Hohlraum (9) strömt und ein Austrittsstrahl der jeweiligen Öffnung tangential zur Innenwand der jeweiligen Saug- (7) respektive Druckseitenwand (6) verlaufen. 20 25 30
7. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenwand (8) in Erstreckung von der Saug- (7) zur Druckseitenwand (6) oder umgekehrt wenigstens einen von einem geradlinigen Wandverlauf abweichenden, gekrümmt ausgebildeten Wandabschnitt aufweist und der wenigstens eine gekrümmte Wandabschnitt derart ausgebildet ist, dass der Wandabschnitt eine krümmungsbedingte Elastizität in Richtung der Erstreckung der Zwischenwand (8) von der Saug- (7) zur Druckseitenwand (6) oder umgekehrt aufweist. 35 40
8. Turbinenschaufel nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine gekrümmt ausgebildete Wandabschnitt in einem die Schaufelvorderkante (5) schneidenden Querschnitt "v-" oder "u-förmig" ausgebildet ist. 45
9. Turbinenschaufel nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Turbinenschaufel am Grund des "v-" oder "u-förmig" ausgebildeten Querschnittes der Zwischenwand (8) wenigstens abschnittsweise eine Perforierung (16) aufweist, die parallel zu der Perforierung des Anschlussbereichs verläuft, um die Elastizität zu erhöhen. 50 55
10. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 7 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, dass die konvexe Wandseite des "v-" oder "u-förmig" ausgebildeten Wandabschnittes weitgehend parallel zur den Hohlraum (9) begrenzenden, an der Schaufelvorderkante (5) verbundenen Saug- (7) und Druckseitenwand (6) ausgebildet und angeordnet ist.

11. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass in der Zwischenwand (8) Durchtrittskanäle (15) für eine Prallkühlung der an der Schaufelvorderkante (5) verbundenen Saug- (7) und Druckseitenwand (6) vorgesehen sind.
12. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die innerhalb der Zwischenwand (8) angeordneten Durchtrittskanäle hinsichtlich ihrer durch eine den Durchtrittskanälen zuordenbaren Durchtrittskanallängserstreckung vorgegebenen Durchströmungsrichtung zumindest in drei Gruppen unterteilbar sind: eine erste Gruppe von Durchtrittskanälen (15a) mit einer auf die Saugseitenwand (7) gerichteten Durchströmungsrichtung, eine zweite Gruppe von Durchtrittskanälen (15b) mit einer auf die Schaufelvorderkante (5) gerichteten Durchströmungsrichtung sowie eine dritte Gruppe von Durchtrittskanälen (15c) mit einer auf die Druckseitenwand (6) gerichteten Durchströmungsrichtung.
13. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die Turbinenschaufel eine Leit- oder Laufschaufel einer Turbinenstufe einer Gasturbinenanordnung ist.

Claims

1. Turbine vane for a rotary turbomachine, the turbine vane comprising a turbine blade (4) which is delimited by a concave pressure-side wall (6) and a convex suction-side wall (7) which are connected in the region of a vane leading edge (5) assigned to the turbine blade (4), and enclose a cavity (9) which extends in the longitudinal extent of the vane leading edge (5) and is delimited on the inner wall by the pressure-side wall (6) and the suction-side wall (7) in the region of the vane leading edge (5) and by an intermediate wall (8) which extends in the longitudinal direction to the vane leading edge (5) and connects the suction-side wall (7) and the pressure-side wall (6) on their inner walls, wherein the turbine vane has a rounding or hollow groove (17) at the transition from the intermediate wall (8) to the suction-side wall (7) and/or pressure-side wall (6),

- characterised in that** the intermediate wall (8) has a perforation (16) at least in portions in a connecting region to the suction-side wall (7) and/or pressure-side wall (6) in order to increase the elasticity of the intermediate wall in the connecting region, wherein the connecting region is restricted to a region from the suction-side wall (7) and/or pressure-side wall (6) which corresponds to twice the radius of the rounding or hollow groove (17).
2. Turbine vane according to claim 1, **characterised in that** the perforation (16) comprises a row of cylindrical holes (18).
 3. Turbine vane according to claim 1, **characterised in that** the perforation comprises a row of slots (19) or slits, the longer side of which extends parallel to the adjacent suction-side wall (7) and/or pressure-side wall (6).
 4. Turbine vane according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the connecting region from the intermediate wall (8) to the suction-side wall (7) and/or pressure-side wall (6) comprises a hollow groove (17), and the perforation (16) runs at least partially through the hollow groove (17).
 5. Turbine vane according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** the intermediate wall (8) has a wall side facing away from the cavity (9) which, together with the suction-side wall (7) and pressure-side wall (6), delimits at least one further cavity (10), and that the cavities (9, 10) are cooling channels into which a coolant can be conducted.
 6. Turbine vane according to claim 5, **characterised in that** openings of the perforation (16) are formed parallel to the surface of the suction-side wall (7) or pressure-side wall (6) in the connecting region of the intermediate wall (8), and during operation cooling air flows through these openings from the one cavity (10) into the further cavity (9), and an output jet of the respective opening runs tangentially to the inner wall of the respective suction-side wall (7) or pressure-side wall (6).
 7. Turbine vane according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** in its extent from the suction-side wall (7) to the pressure-side wall (6) or vice versa, the intermediate wall (8) has at least one curved wall portion deviating from a rectilinear wall contour, and the at least one curved wall portion is configured such that the wall portion has a curve-induced elasticity in the direction of the extent of the intermediate wall (8) from the suction-side wall (7) to the pressure-side wall (6) or vice versa.
 8. Turbine vane according to claim 7, **characterised in that** the at least one curved wall portion is configured with a V or U shape in a cross-section intersecting the vane leading edge (5).
 9. Turbine vane according to claim 8, **characterised in that** at the base of the V- or U-shaped cross-section of the intermediate wall (8), the turbine vane comprises at least in portions a perforation (16) which runs parallel to the perforation of the connecting region in order to increase the elasticity.
 10. Turbine vane according to any of claims 7 to 9, **characterised in that** the convex wall side of the V- or U-shaped wall portion is formed and arranged largely parallel to the suction-side wall (7) and pressure-side wall (6) delimiting the cavity (9) and connected to the vane leading edge (5).
 11. Turbine vane according to any of claims 7 to 10, **characterised in that** passage channels (15) are provided in the intermediate wall (8) for impingement cooling of the suction-side wall (7) and pressure-side wall (6) connected to the vane leading edge (5).
 12. Turbine vane according to any of claims 7 to 11, **characterised in that**, with regard to their flow direction predefined by a longitudinal extent which can be assigned to the passage channels, the passage channels arranged inside the intermediate wall (8) can be divided into at least three groups: a first group of passage channels (15a) with a flow direction oriented onto the suction-side wall (7), a second group of passage channels (15b) with a flow direction oriented onto the vane leading edge (5), and a third group of passage channels (15c) with a flow direction oriented onto the pressure-side wall (6).
 13. Turbine vane according to any of claims 1 to 12, **characterised in that** the turbine vane is guide vane or a rotor vane of a turbine stage of a gas turbine arrangement.

Revendications

1. Aube de turbine pour une turbomachine rotative, la pale de turbine comprenant une pale (4), qui est délimitée par une paroi concave côté pression (6) et une paroi convexe côté aspiration (7), qui sont reliées au niveau d'une arête avant de pale (5) pouvant correspondre à la pale (4) et qui forment une cavité (9), s'étendant dans l'extension longitudinale de l'arête avant de la pale (5), qui est délimitée, à l'intérieur des parois, par les parois côté pression (6) et côté aspiration (7) au niveau de l'arête avant de la pale (5) ainsi que par une paroi intermédiaire (8) s'étendant dans la direction longitudinale vers l'arête avant de la pale (5), reliant à l'intérieur des parois

les parois côté aspiration (7) et côté pression (6), l'aube de turbine comprenant, dans la transition entre la paroi intermédiaire (8) et les parois côté aspiration (7) et/ou côté pression (6), un arrondi ou une gorge (17),

caractérisée en ce que la paroi intermédiaire (8) comprend, dans une partie de raccordement aux parois côté aspiration (7) et/ou côté pression (6) au moins à certains endroits une perforation (16) afin d'augmenter l'élasticité de la paroi intermédiaire dans la partie de raccordement, la partie de raccordement étant limitée à une partie à partir de la paroi côté aspiration (7) et/ou côté pression (6), qui correspond au double du rayon de l'arrondi ou de la gorge (17).

2. Aube de turbine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la perforation (16) comprend une rangée de trous cylindriques (18).
3. Aube de turbine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la perforation comprend une rangée de trous allongés (19) ou de fentes dont le côté le plus long est parallèle à la paroi côté aspiration (7) et/ou côté pression (6) adjacente.
4. Aube de turbine selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la partie de raccordement de la paroi intermédiaire (8) aux parois côté aspiration (7) et/ou côté pression (6) comprend une gorge (17) et **en ce que** la perforation (16) s'étend au moins partiellement à travers la gorge (17).
5. Aube de turbine selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** la paroi intermédiaire (8) comprend un côté de paroi opposé à la cavité (9), qui délimite au moins une autre cavité (10) avec les parois côté aspiration (7) et côté pression (6), et **en ce que** les cavités (9, 10) sont des canaux de refroidissement dans lequel un produit de refroidissement peut être introduit.
6. Aube de turbine selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** les ouvertures de la perforation (16) sont réalisées parallèlement à la surface de la paroi côté aspiration (7) respectivement paroi côté pression (6) dans la partie de raccordement de la paroi intermédiaire (8) et, pendant le fonctionnement, l'air de refroidissement s'écoule à travers ces ouvertures d'une cavité (10) à l'autre cavité (9) et un jet de sortie de l'ouverture correspondante s'étendant de manière tangentielle par rapport à la paroi interne de la paroi côté aspiration (7) respectivement paroi côté pression (6) correspondante.
7. Aube de turbine selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** la paroi intermédiaire (8) comprend, dans l'extension de la paroi côté aspira-

tion (7) à la paroi côté pression (6) ou inversement, au moins une portion de paroi réalisée de manière courbe, s'écartant d'un tracé de paroi linéaire et **en ce que** l'au moins une portion de paroi courbe est réalisée de façon à ce que la portion de paroi présente une élasticité due à sa courbure en direction de l'extension de la paroi intermédiaire (8) de la paroi côté aspiration (7) vers la paroi côté pression (6) ou inversement.

8. Aube de turbine selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** l'au moins une portion de paroi réalisée de manière courbe est réalisée en forme de v ou en forme de u dans une section transversale coupant l'arête avant de l'aube (5).
9. Aube de turbine selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** l'aube de turbine comprend, à la base de la section transversale réalisée en forme de v ou en forme de u, de la paroi intermédiaire (8), au moins à certains endroits, une perforation (16) qui s'étend parallèlement à la perforation de la partie de raccordement, afin d'augmenter l'élasticité.
10. Aube de turbine selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisée en ce que** le côté de paroi convexe de la portion de paroi réalisée en forme de v ou en forme de u est réalisé et disposé de manière largement parallèle à la paroi côté aspiration (7) et la paroi côté pression (6) limitant la cavité (9) et reliée à l'arête avant de l'aube (5).
11. Aube de turbine selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisée en ce que**, dans la paroi intermédiaire (8), sont prévus des canaux de passage (15) pour un refroidissement par impact de la paroi côté aspiration (7) et de la paroi côté pression (6) reliées à l'arête avant de l'aube (5).
12. Aube de turbine selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisée en ce que** les canaux de passage disposés à l'intérieur de la paroi intermédiaire (8) peuvent être divisés, en ce qui concerne leur direction d'écoulement prédéterminée par une extension longitudinale de canaux de passage pouvant être attribués aux canaux de passage, en au moins trois groupes : un premier groupe de canaux de passage (15a) avec une direction d'écoulement orientée vers la paroi côté aspiration (7), un deuxième groupe de canaux de passage (15b) avec une direction d'écoulement orientée vers l'arête avant de l'aube (5) ainsi qu'un troisième groupe de canaux de passage (15c) avec une direction d'écoulement orientée vers la paroi côté pression (6).
13. Aube de turbine selon l'une des revendications 1 à

12,

caractérisée en ce que l'aube de turbine est une aube directrice ou une aube mobile d'un étage de turbine d'une disposition de turbine à gaz.

5

10

15

20

25

30

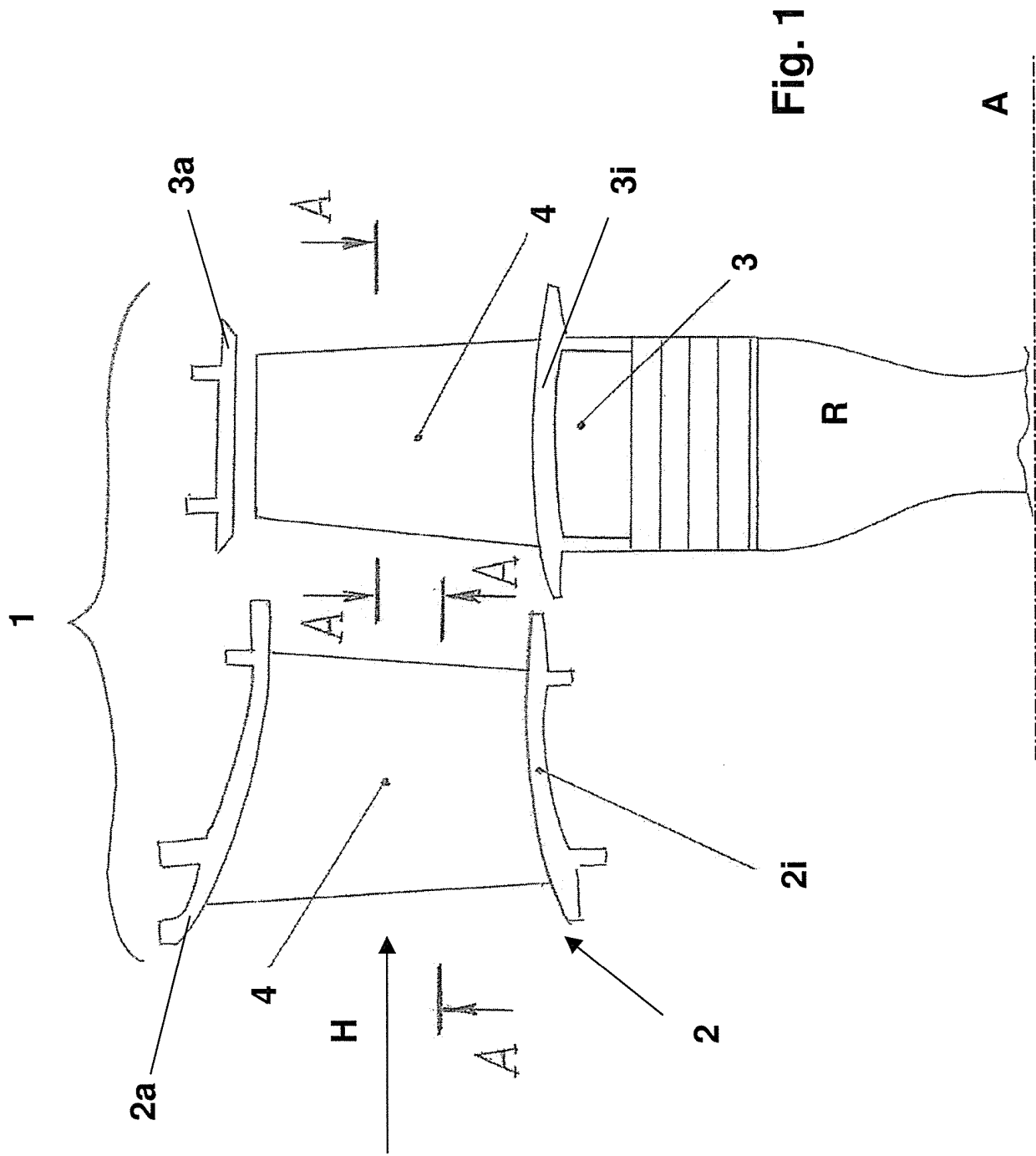
35

40

45

50

55



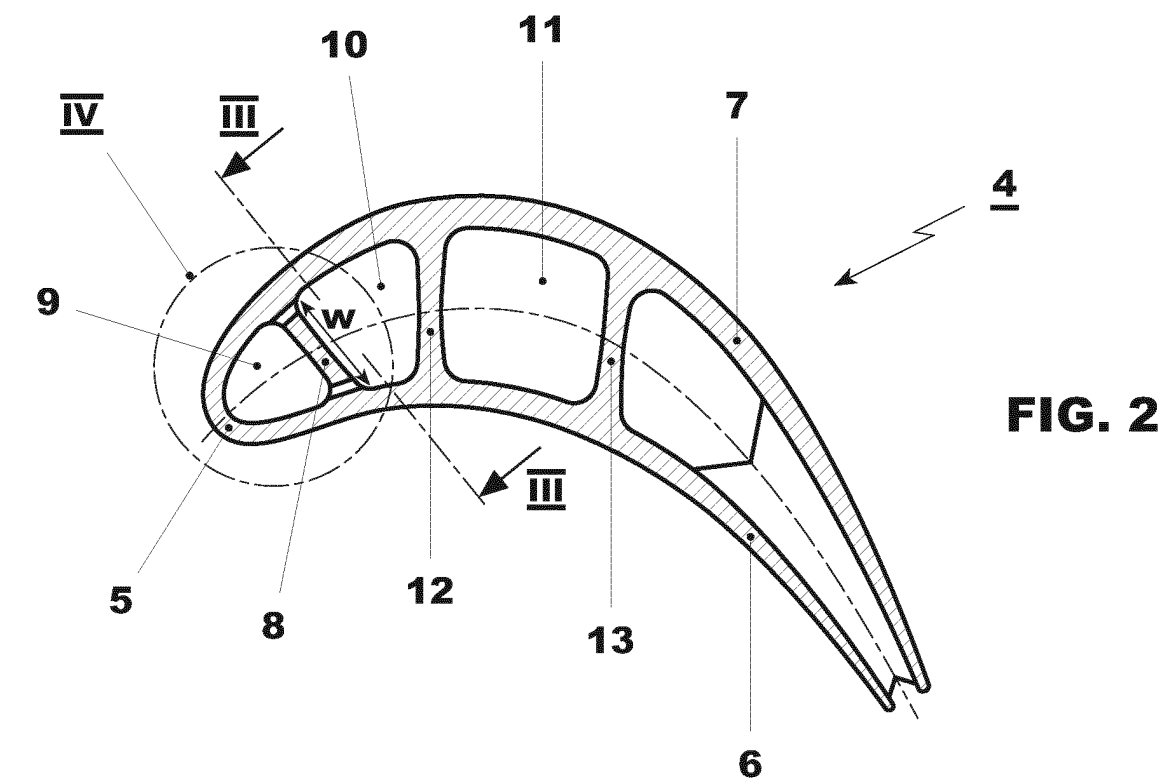


FIG. 2

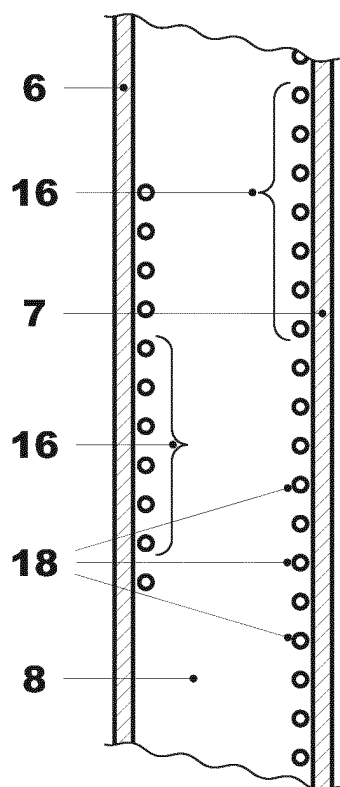


FIG. 3a

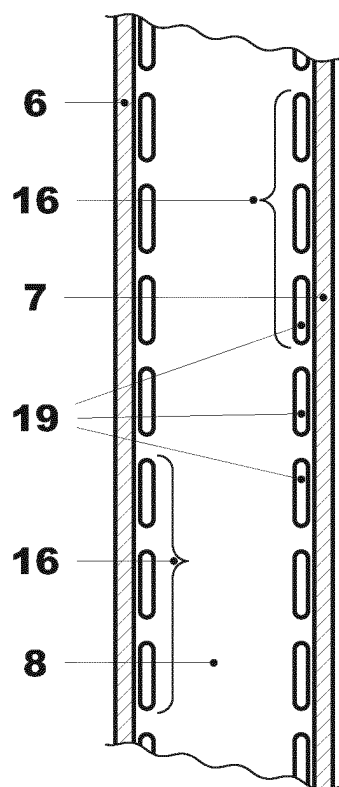


FIG. 3b

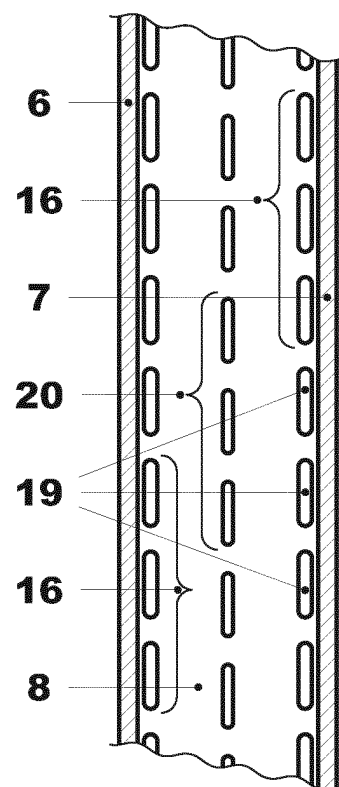


FIG. 3c

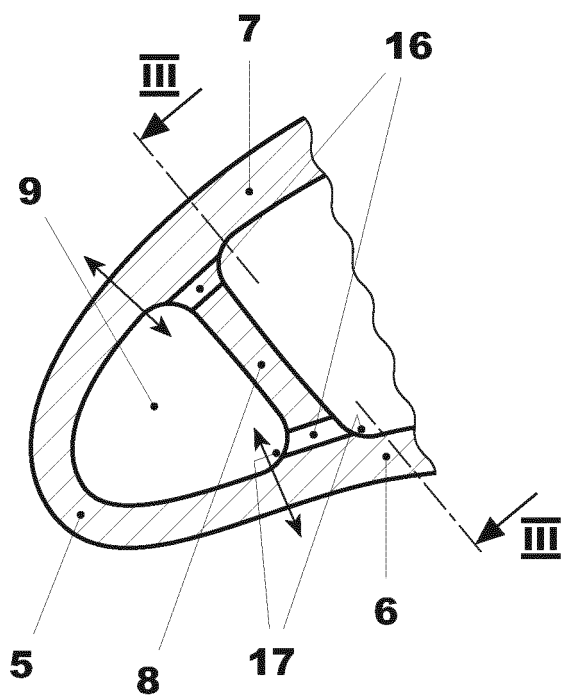


FIG. 4a

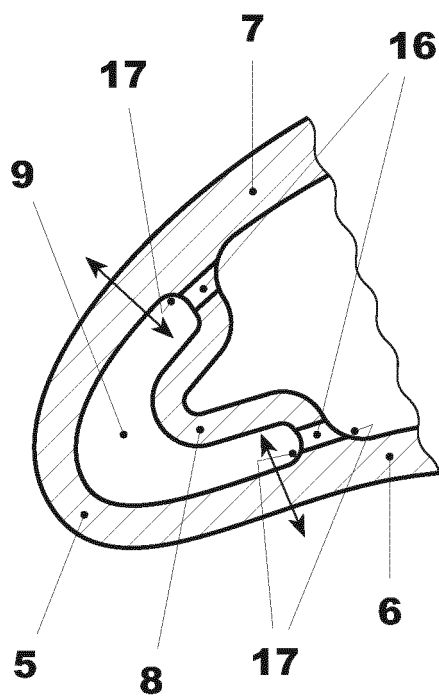


FIG. 4b

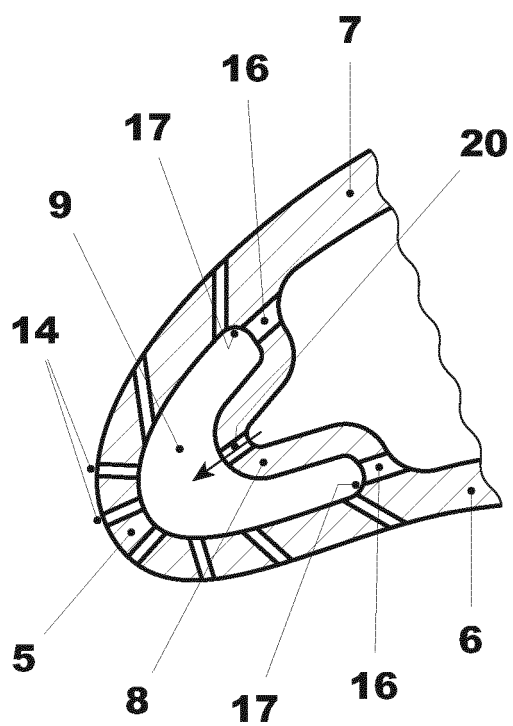


FIG. 4c

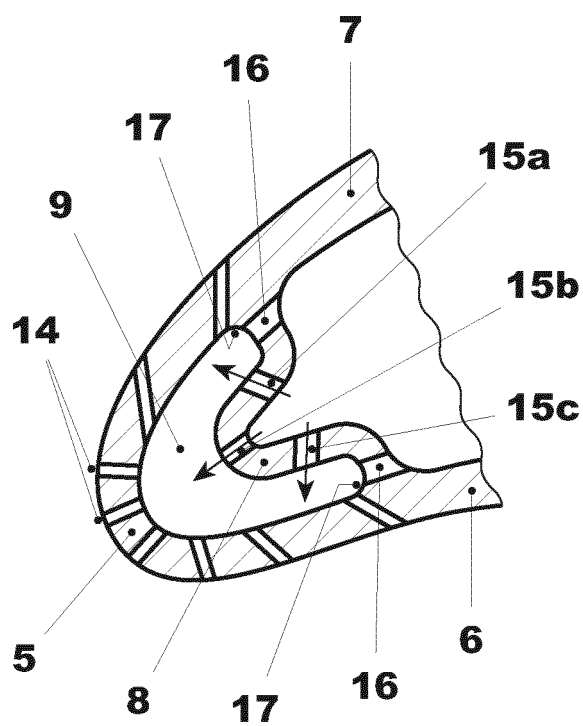


FIG. 4d

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

- EP 1319803 A2 **[0005]**
- US 5688104 A **[0006]**
- EP 0447320 A1 **[0009]**
- EP 2107215 A1 **[0010]**
- US 3191908 A **[0010]**
- JP 2002242607 A **[0010]**
- EP 0806546 A1 **[0011]**
- EP 2258925 A2 **[0012]**
- US 5246340 A **[0012]**