



(11) **EP 3 289 182 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.03.2020 Patentblatt 2020/13

(21) Anmeldenummer: **16733363.2**

(22) Anmeldetag: **21.06.2016**

(51) Int Cl.:
F01D 5/14 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/064274

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/005484 (12.01.2017 Gazette 2017/02)

(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: **03.07.2015 EP 15175301**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.03.2018 Patentblatt 2018/10

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **BUCHHOLZ, Björn**
46535 Dinslaken (DE)
• **GOSSILIN, Ralph**
46049 Oberhausen (DE)
• **KOCH, Daniela**
10439 Berlin (DE)
• **SCHÜLER, Marco**
14482 Postdam (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 476 863 WO-A1-2007/012592
GB-A- 2 395 987

EP 3 289 182 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel gemäß dem Gattungsbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Hohle Turbinenschaufeln, insbesondere Gasturbinenschaufeln, weisen im Bereich eines Übergangs vom Schaufelblatt zur Plattform eine belastungsmäßig und gusstechnisch notwendige Krümmung auf einer Außenoberfläche auf, wobei es in diesem hohlkehligartigen Übergang aufgrund einer geradlinigen Innengestalt der im Inneren vorgesehenen Kühlkanäle es lokal zu Masseanhäufungen kommt, die durch ein dort strömbares Kühlmedium schwerer kühlbar sind. Derartige Turbinenschaufeln sind beispielsweise aus der US 6,019,579 und aus der WO 2007/012592 bekannt, wobei letztere vorschlägt, die Masseanhäufungen durch Vorsehen von lokalen Kühlluftkanälen zu kühlen. Des Weiteren zeigt das Dokument US 2,861,775 eine aus gebogenen Blechen hergestellte Turbinenschaufel.

[0003] Eine Turbinenschaufel mit einer verlängerten Lebensdauer ist zudem aus dem EP 1 355 041 A1 bekannt, wobei die Kontur des Übergangs vom Schaufelblatt zur Plattform im Schaufelinneren angepasst ist, um auch im Übergangsbereich eine Schaufelblatt-Wandstärke zu erhalten, die in etwa der Wandstärke des restlichen Schaufelblatts entspricht. Dabei ist die Kontur entlang des gesamten, geschlossenen Umlaufs, also entlang der Plattform, angepasst. Die verringerte Wandstärke kann aus Festigkeitsgründen jedoch die Lebensdauer der Turbinenschaufel negativ beeinflussen, was unerwünscht ist.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine gegossene Turbinenschaufel aufzuzeigen, bei der der Übergangsbereich vom Schaufelblatt zur Plattform weiterhin hinreichend kühlbar ist unter Erreichung einer verlängerten Lebensdauer.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Turbinenschaufel mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen wiedergegeben, deren Merkmale in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden können.

[0006] Erfindungsgemäß ist für eine dem Gattungsbegriff entsprechende Turbinenschaufel vorgesehen, dass sie im Bereich des Übergangs eine einen Hohlraum begrenzende Innenfläche aufweist, deren Kontur in einem ersten Abschnitt der Innenfläche in der Weise angepasst ist, dass im Bereich des Übergangs eine im Wesentlichen gleichmäßige Schaufelwanddicke vorhanden ist, wobei im Übergang der Konturverlauf der Innenfläche an einem zweiten Innenflächenabschnitt des Schaufelblatts, welcher der Vorderkante gegenüber liegt, dergestalt ist, dass dort die Schaufelwanddicke vergrößert ist, verglichen mit der Schaufelwanddicke des Übergangs des ersten Abschnitts der Innenfläche. Mit anderen Worten: im Übergang ist der Konturverlauf an einem der Vorderkante gegenüberliegenden Innenflächenabschnitt des Schaufelblatts dergestalt, dass dort die Schaufelwand-

dicke vergrößert ist, verglichen mit der Schaufelwanddicke des Übergangs, abseits des lokalen Innenflächenabschnitts.

[0007] Damit weist die Turbinenschaufel im Inneren auf Höhe der Plattform eine Kontur auf, die längs des Umlaufs des Hohlraums unterschiedlich ist. Im Bereich der Vorderkante ist die innere Kontur des Hohlraums entlang einer Radialachse einer damit ausgestatteten Gasturbine eher geradlinig und fluchtet mit derjenigen Innenfläche, welcher der Vorderkante abseits des Übergangs gegenüber liegt. Damit ist die die Masseanhäufungen vermeidende innere Kontur lediglich an denjenigen Bereichen des Schaufelblatts vorgesehen, die weiter stromab der Vorderkante zu finden sind.

[0008] Vorzugsweise erstreckt sich der zweite Innenflächenabschnitt mit vergrößerter Schaufelwanddicke beginnend an der Vorderkante des Schaufelblatts entlang der Saugseitenwand und/oder der Druckseitenwand längs der Profilmittellinie bis zu einer Position, die gleich oder geringer ist als 9 % der Länge der Profilmittellinie.

[0009] Mit der Erfindung kann die Festigkeit, insbesondere im Vorderkantenbereich der Turbinenschaufel, lokal vergrößert werden, was zu einer erhöhten Lebensdauer der betreffenden Bereiche führt.

[0010] Es hat sich dabei als besonders vorteilhaft herausgestellt, dass die Plattform eine Plattformwanddicke und das Schaufelblatt abseits des Übergangs eine Schaufelwanddicke aufweisen, wobei im Bereich mit im Wesentlichen gleichmäßiger Schaufelwanddicke des Übergangs, das Verhältnis von Schaufelwanddicke zu Plattformwanddicke zwischen 0,5 und 1 liegt.

[0011] Eine derartige Turbinenschaufel lässt sich besonders homogen kühlen, was thermomechanische Belastungen im Material der Turbinenschaufel reduziert.

[0012] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den nachfolgenden Figuren dargestellt.

[0013] In allen Figuren sind identische Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0014] Es zeigen:

FIG 1 eine Draufsicht auf den Fußbereich einer als Leitschaufel ausgestalteten Turbinenschaufel und

FIG 2 einen Längsschnitt durch die Turbinenschaufel gemäß FIG 1, entlang der Schnittlinie II-II.

[0015] Die FIG 1 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Turbinenschaufel 10. Die Perspektive ist so gewählt, dass die Draufsicht auf einen Befestigungsbereich 12 der als Leitschaufel ausgestalteten Turbinenschaufel 10 dargestellt ist. In FIG 2 ist der Längsschnitt durch die Turbinenschaufel 10 gemäß der Schnittlinie II-II aus FIG 1 gezeigt. Die Turbinenschaufel 10 weist entlang einer Radialachse 14 aufeinanderfolgend den Befestigungsbereich 12, eine daran angrenzende Schaufelplattform 16 sowie ein Schaufelblatt 18 auf. Im Befestigungsbe-

reich 12 ist ein Schaufelfuß 20 ausgebildet, der zur Befestigung der Turbinenschaufel 10 an einem nicht dargestellten Turbinenleitschaufelträger dient.

[0016] Die Darstellung der Erfindung erfolgt beispielhaft anhand einer als Leitschaufel mit zwei Plattformen ausgestalteten Turbinenschaufel. Nichts desto trotz sind andere Ausgestaltungen möglich, insbesondere kann die Turbinenschaufel auch als Laufschaufel einer Turbine ausgestaltet sein. Zumindest der Grundkörper der Turbinenschaufel ist durch ein Gussverfahren hergestellt und umfasst wenigstens das Schaufelblatt 18, sowie wenigstens eine Plattform 16.

[0017] Wie aus den Figuren hervorgeht, ist die erfindungsgemäße Turbinenschaufel 10 und insbesondere deren Schaufelblatt 18 im Inneren hohl ausgeführt, so dass sie einen Hohlraum 25 umfasst, der in bekannter Art und Weise als Kühlkanal mit oder ohne Prallkühlung ausgestaltet sein kann.

[0018] Das Schaufelblatt 18 erstreckt sich von einer Vorderkante 28 zu einer Hinterkante 30. Dabei umfasst das Schaufelblatt 18 eine in FIG 1 nur schematisch angedeutete saugseitige Schaufelwand 32 sowie eine druckseitige Schaufelwand 34. Entlang der Radialrichtung 14 weisen die Schaufelwände 32, 34 eine Wanddicke D auf, die im Wesentlichen gleichbleibend ist.

[0019] Fertigungsbedingt besteht zwischen dem Schaufelblatt 18 und der Plattform 16 ein Übergang 36, der auf der äußeren Oberfläche der Turbinenschaufel 10 abgerundet und somit hohlkehlig ist.

[0020] Im Inneren weist das Schaufelblatt 18 eine den äußeren Flächen gegenüber liegende Innenfläche auf. Diese ist im Bereich der saugseitigen Schaufelwand 32 dergestalt, dass sie teilweise dem äußeren Konturverlauf des Übergangs, also längs der Radialachse 14 von einer Schaufelspitze zum Schaufelfuß, angepasst ist, so dass auch dort im Übergang 36 eine im Wesentlichen gleichmäßige Schaufelwanddicke D_1 vorhanden ist.

[0021] Die Innenfläche im Bereich des Übergangs 36 umfasst einen der Vorderkante 28 gegenüberliegenden zweiten Innenflächenabschnitt 40, dessen Konturverlauf derartig ist, dass dort die Schaufelwanddicke (D_2) vergrößert ist, verglichen mit der Schaufelwanddicke D_1 des Übergangs abseits des zweiten Innenflächenabschnitts 40. Mit anderen Worten: der zweite Innenflächenabschnitt 40 ist lediglich in der unmittelbaren Umgebung der Vorderkante angesiedelt und bildet mit Innenfläche des restlichen Schaufelblatts längs der Radialrichtung 14 bzw. im Längsschnitt betrachtet eine Gerade, wohingegen die restliche Innenfläche der Saug- und/oder Druckseite im Übergang, d.h. ein erster Innenflächenabschnitt 41 unter Beibehaltung einer annähernd gleichmäßigen Schaufelwanddicke D_1 gekrümmt ist. Mithin folgt ausgehend von der Vorderkante 28 längs des Übergangs 36 dem zweiten Innenflächenabschnitt 40 mit der vergrößerten Wandstärke D_2 der erste Innenflächenabschnitt 41 mit einer Wandstärke D_1 , die der Wandstärke D des Schaufelblatts entspricht.

[0022] Hierdurch kann ein im Bereich der Vorderkante

28 aufgedickter Übergangsbereich einer Turbinenschaufel 10 bereit gestellt werden, der eine größere Steifigkeit aufweist als im restlichen Bereich. Dies kann die Lebensdauer der Turbinenschaufel 10 verbessern.

[0023] Insgesamt betrifft die Erfindung eine gegossene Turbinenschaufel 10 mit einer Plattform 16 und mit einem daran angeordneten hohlen Schaufelblatt 18, wobei das Schaufelblatt 18 eine druckseitige Schaufelwand 34 und eine saugseitige Schaufelwand 32 umfasst, die sich längs einer mittig davon angeordneten gewölbten Profilmittellinie 42 von einer gemeinsamen Vorderkante 28 zu einer gemeinsamen Hinterkante 30 erstrecken sowie mit einem einen äußeren Konturverlauf aufweisenden Übergang 36 zwischen Schaufelblatt und Plattform 36, wobei die Schaufelwände 32, 34 jeweils eine lokal zu erfassende Schaufelwanddicke D aufweisen, wobei die Turbinenschaufel im Inneren einen Konturverlauf aufweist, welcher teilweise dem äußeren Konturverlauf des Übergangs 36 in der Weise angepasst ist, dass im Bereich des Übergangs 36 eine im Wesentlichen gleichmäßige Schaufelwanddicke vorhanden ist. Um die Lebensdauer einer derartigen Turbinenschaufel weiter zu verbessern ist vorgesehen, dass im Übergang 36 der Konturverlauf an einem der Vorderkante 28 gegenüberliegenden zweiten Innenflächenabschnitt 40 des Schaufelblatts dergestalt ist, dass dort die Schaufelwanddicke vergrößert ist, verglichen mit der Schaufelwanddicke des Übergangs abseits der Vorderkante.

Patentansprüche

1. Gegossene, hohle Turbinenschaufel (10), mit einer Plattform und mit einem daran angeordneten hohlen Schaufelblatt, wobei das Schaufelblatt (18) eine druckseitige Schaufelblattwand (34) und eine saugseitige Schaufelblattwand (32) umfasst, die sich längs einer mittig davon angeordneten gewölbten Profilmittellinie (42) von einer gemeinsamen Vorderkante (28) zu einer gemeinsamen Hinterkante (30) erstrecken sowie mit einem einen äußeren Konturverlauf aufweisenden Übergang (36) zwischen Schaufelblatt (18) und Plattform (16), wobei die Schaufelwände (32, 34) jeweils eine lokal zu erfassende Schaufelwanddicke (D) aufweisen, wobei die Turbinenschaufel (10) im Bereich des Übergangs (36) eine einen Hohlraum begrenzende Innenfläche aufweist, deren Kontur in einem ersten Abschnitt (41) der Innenfläche in der Weise angepasst ist, dass im Bereich des Übergangs (36) eine im Wesentlichen gleichmäßige Schaufelwanddicke (D_1) vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Übergang (36) der Konturverlauf der Innenfläche an einem zweiten Innenflächenabschnitt (40) des Schaufelblatts (18), welcher der Vorderkante (28) gegenüber liegt, dergestalt ist, dass dort die Schaufelwanddicke (D_2) vergrößert ist, verglichen mit der

Schaufelwanddicke (D_1) des Übergangs (36) des ersten Abschnitts (41) der Innenfläche.

2. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, bei der der Konturverlauf im zweiten Innenflächenabschnitt (40) entlang einer Radialachse (14) geradlinig ist.
3. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Plattform eine Plattformwanddicke (D_3) und das Schaufelblatt (18) abseits des zweiten Innenflächenabschnitts (40) eine Schaufelwanddicke (D) aufweisen, wobei im Bereich mit im Wesentlichen gleichmäßiger Schaufelwanddicke das Verhältnis (D/D_3) von Schaufelwanddicke (D) zu Plattformwanddicke (D_3) zwischen 0,5 und 1 liegt.
4. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei der sich der zweite Innenflächenabschnitt (40) mit vergrößerter Schaufelwanddicke (D_2) von der Vorderkante (28) ausgehend sich entlang der Saugseitenwand (32) und/oder entlang der Druckseitenwand (34) längs der Profilmittellinie (42) bis zu einer Position erstreckt, die geringer ist als 15 % der Länge der Profilmittellinie (42).
5. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, ausgestaltet als eine Turbinenleitschaufel.

Claims

1. Cast, hollow turbine blade (10), having a platform and having a hollow blade airfoil arranged thereon, wherein the blade airfoil (18) comprises a pressure-side blade airfoil wall (34) and a suction-side blade airfoil wall (32) which extend along a centrally arranged curved profile centerline (42) from a common leading edge (28) to a common trailing edge (30), and having a transition (36), exhibiting an external contour profile, between the blade airfoil (18) and the platform (16), wherein the blade walls (32, 34) each have a blade wall thickness (D) to be determined locally, wherein the turbine blade (10) has, in the region of the transition (36), an inner face bounding a cavity, the contour of said inner face being adapted to the inner face in a first portion (41) in such a way that there is a substantially uniform blade wall thickness (D_1) in the region of the transition (36), **characterized in that**, in the transition (36), the contour profile of the inner face on a second inner-face portion (40), located opposite the leading edge (28), of the blade airfoil (18) is such that the blade wall thickness (D_2) is increased there compared with the blade wall thickness (D_1) of the transition (36) of the first portion (41) of the inner face.

2. Turbine blade (10) according to Claim 1, in which the contour profile in the second inner-face portion (40) is rectilinear along a radial axis (14).
3. Turbine blade (10) according to Claim 1 or 2, in which the platform has a platform wall thickness (D_3) and the blade airfoil (18), away from the second inner-face portion (40), has a blade wall thickness (D), wherein, in the region with a substantially uniform blade wall thickness, the ratio (D/D_3) of blade wall thickness (D) to platform wall thickness (D_3) is between 0.5 and 1.
4. Turbine blade (10) according to Claim 1, 2 or 3, in which the second inner-face portion (40) with an increased blade wall thickness (D_2) extends from the leading edge (28) along the suction-side wall (32) and/or along the pressure-side wall (34), along the profile centerline (42), to a position which is less than 15% of the length of the profile centerline (42).
5. Turbine blade according to one of Claims 1 to 4, which is configured as a turbine guide vane.

Revendications

1. Aube (10) de turbine creuse coulée, ayant une plateforme et un corps d'aube creuse, qui y est monté, le corps (18) d'aube comprenant une paroi (34) d'intrados et une paroi (32) d'extrados, qui s'étendent suivant une ligne (42) médiane de profil incurvée disposée au milieu d'entre elles, d'un bord (28) avant commun à un bord (30) arrière commun, ainsi qu'une transition, ayant une courbe de contour extérieur, entre le corps (18) de l'aube et la plateforme (16), dans laquelle les parois (32, 34) de l'aube ont chacune une épaisseur (D) de paroi pouvant être détectée localement, dans laquelle l'aube (10) de turbine a, dans la région de la transition (36), une surface intérieure, qui délimite une cavité et dont le contour est, dans une première partie (41) de la surface intérieure, adapté de manière à ce qu'il y ait, dans la région de la transition (36), une épaisseur (D_1) de paroi de l'aube sensiblement uniforme, **caractérisée en ce que**, dans la transition (36), la courbe du contour de la surface intérieure est telle, sur une deuxième partie (40) de surface intérieure du corps (18) de l'aube, qui est en face du bord (28) avant, que l'épaisseur (D_2) de la paroi de l'aube y est agrandie par rapport à l'épaisseur (D_1) de la paroi de l'aube de la transition (36) de la première partie (41) de la surface intérieure.
2. Aube (10) de turbine suivant la revendication 1, dans laquelle la courbe du contour, dans la deuxième-

me partie (40) de la surface intérieure, est rectiligne le long d'un axe (14) radial.

3. Aube (10) de turbine suivant la revendication 1 ou 2, dans laquelle la plateforme a une épaisseur (D_3) de paroi de plateforme et le corps (18) de l'aube a une épaisseur de paroi de corps, à part la deuxième partie (40) de surface intérieure, dans laquelle, dans la région ayant l'épaisseur de paroi de l'aube sensiblement uniforme, le rapport (D/D_3) de l'épaisseur (D) de la paroi de l'aube à l'épaisseur (D_2) de la plateforme est compris entre 0,5 et 1.

5
10
4. Aube(10) de turbine suivant la revendication 1, 2 ou 3, dans laquelle la deuxième partie (40) de la surface intérieure, ayant une épaisseur (D_2) de paroi d'aube agrandie, s'étend à partir du bord (28) avant, le long de la paroi (32) d'extrados et/ou le long de la paroi (34) d'intrados, le long de la ligne (42) médiane de profil, jusqu'à une position, qui est plus petite que 15% de la longueur de la ligne (42) médiane de profil.

15
20
5. Aube (10) de turbine suivant l'une des revendications 1 à 4, conformée en aube directrice de turbine.

25

30

35

40

45

50

55

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 6019579 A [0002]
- WO 2007012592 A [0002]
- US 2861775 A [0002]
- EP 1355041 A1 [0003]