(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Oktober 2017 (26.10.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/182423 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01D 5/18 (2006.01) *F01D 9/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/059100

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. April 2017 (18.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16166435.4 21. April 2016 (21.04.2016) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **AHMAD, Fathi**; Moselstr. 1, 41564 Kaarst (DE). **KURT, Nihal**; Torgauerstr. 31, 40231 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) Title: GUIDE VANE COMPRISING A CONNECTING TUBE AND METHOD FOR PRODUCING A GUIDE VANE

(54) Bezeichnung: LEITSCHAUFEL MIT EINEM VERBINDUNGSROHR UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER LEITSCHAUFEL

FIG 1

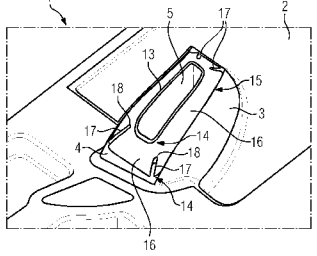
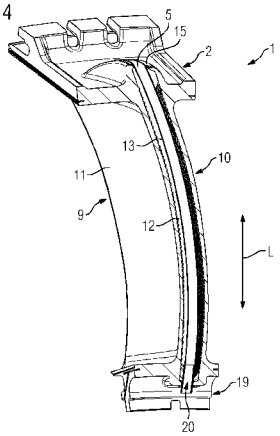


FIG 4



(57) Abstract: The invention relates to a guide vane (1) for a fluid flow machine, in particular gas turbine, having an outer platform (2) in the properly mounted state of the guide vane, a vane leaf (6) projection from the outer platform (2), which extends in a longitudinal direction (L) and in the interior of which a cavity (12) is provided, an inner platform (19) which, opposite to the outer platform (2), is connected to the vane leaf (6), and a connecting tube (13) that passes through the cavity (12) of the vane leaf (6) in the longitudinal direction (L) and which, in the free end region of the connecting tube pointing outward, has a flange (15) extending transversely with respect to the longitudinal direction (L) and is inserted into a passage opening (5) in the outer platform (2), wherein the passage opening (5) is formed in the area of an outwardly pointing projection (3) having curved outer surface (4), on which the flange (15) bears and to which the flange (15) is integrally connected, and wherein the flange (15) has at least one cut (17), which extends inward, starting from an outer edge of the flange (15).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Leitschaufel (1) für eine Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit einer im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Leitschaufel äußeren Plattform (2), einem von der äußeren Plattform (2) vorstehenden Schaufelblatt (6), das sich in einer Längsrichtung (L) erstreckt und in dessen Innerem ein Hohlraum (12) vorgesehen ist, einer inneren Plattform (19), die gegenüberliegend zu der äußeren Plattform (2) mit dem Schaufelblatt (6) verbunden ist, und einem den Hohlraum (12) des Schaufelblattes (6) in der Längsrichtung (L) durchsetzenden Verbindungsrohr (13), das an seinem nach außen weisenden freien Endbereich mit einem sich quer zu der Längsrichtung (L) erstreckenden Flansch (15) versehen und in eine Durchgangsöffnung (5) der äußeren Plattform (2) eingesetzt ist, wobei die Durchgangsöffnung (5) im Bereich eines auswärts weisenden Vorsprungs (3) mit gekrümmter Außenfläche (4) ausgebildet ist, an welcher der Flansch (15) anliegt und mit welcher der Flansch (15) stoffschlüssig verbunden ist, und wobei der Flansch (15) wenigstens einen Einschnitt (17) aufweist, der sich ausgehend von einem Außenrand des Flansches (15) einwärts erstreckt.

WO 2017/182423 A1

Beschreibung

Leitschaufel mit einem Verbindungsrohr und Verfahren zum Herstellen einer Leitschaufel

Die Erfindung betrifft eine Leitschaufel für eine Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit einer im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Leitschaufel äußeren Plattform, einem von der äußeren Plattform vorstehenden Schaufelblatt, das sich in einer Längsrichtung erstreckt und in dessen Innerem ein Hohlraum vorgesehen ist, einer inneren Plattform, die gegenüberliegend zu der äußeren Plattform mit dem Schaufelblatt verbunden ist, und einem den Hohlraum des Schaufelblattes in der Längsrichtung durchsetzenden Verbindungsrohr, das an seinem nach außen weisenden freien Endbereich mit einem sich quer zu der Längsrichtung erstreckenden Flansch versehen und in eine Durchgangsöffnung der äußeren Plattform eingesetzt ist, wobei die Durchgangsöffnung im Bereich eines auswärts weisenden Vorsprungs mit gekrümmter Außenfläche ausgebildet ist, an welcher der Flansch anliegt und mit welcher der Flansch stoffschlüssig verbunden ist.

Strömungsmaschinen wie beispielsweise Gasturbinen sind im Stand der Technik in unterschiedlichen Ausgestaltungen bekannt und dienen dazu, thermische Energie und Strömungsenergie eines Arbeitsfluids, insbesondere eines Heißgases in Rotationsenergie umzuwandeln. Sie umfassen ein Gehäuse, in dem sich in einer axialen Richtung ein Strömungskanal erstreckt. In dem Strömungskanal ist eine Mehrzahl von Turbinenstufen in der axialen Richtung hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet.

Jede Turbinenstufe umfasst eine Mehrzahl von Leitschaufeln, die einen mit dem Gehäuse verbundenen Leitschaufelkranz bilden und die Strömungsrichtung des Arbeitsfluids günstig zu beeinflussen. Eine solche Leitschaufel umfasst üblicherweise eine Plattform, die im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Leitschaufel radial außen angeordnet ist. Ferner umfasst

die Leitschaufel ein Schaufelblatt, das von der äußeren Plattform vorsteht und sich in einer Längsrichtung erstreckt. Weiterhin weist die Leitschaufel eine innere Plattform auf, die gegenüberliegend zu der äußeren Plattform mit dem Schaufelblatt verbunden ist. Der Leitschaufelkranz ist nach innen durch einen Haltekranz abgeschlossen, in dem die inneren Plattformen der Leitschaufeln gehalten sind.

Darüber hinaus umfasst jede Turbinenstufe eine Mehrzahl von Laufschaufeln, die einen mit einem zentral gelagerten und das Gehäuse in der axialen Richtung durchsetzenden Läufer verbundenen Laufschaufelkranz bilden. In dem Läufer sind weiterhin Umfangsnuten ausgebildet, in denen die Haltekränze der Leitschaufelkränze angeordnet sind.

Während des Betriebs der Strömungsmaschine wird der Strömungskanal der Strömungsmaschine von einem Arbeitsfluid durchströmt. Das den Strömungskanal durchströmende Arbeitsfluid wird von den Leitschaufeln derart umgelenkt, dass es die dahinter angeordneten Laufschaufeln optimal anströmt und mit einer Kraft beaufschlagt. Das durch die Leitschaufeln vermittelte Drehmoment versetzt den Läufer in Rotation. Die Rotationsenergie des Läufers kann beispielsweise mittels eines Generators in elektrische Energie umgewandelt werden.

Der thermodynamische Wirkungsgrad von Gasturbinen ist umso höher, je höher die Eintrittstemperatur des Heißgases in die Gasturbine ist. Der Höhe der Eintrittstemperatur sind jedoch Grenzen unter anderem durch die thermische Belastbarkeit der in dem Strömungskanal angeordneten Komponenten gesetzt. Dementsprechend besteht eine Zielsetzung darin, Komponenten zu schaffen, die auch bei sehr hohen Temperaturen des Heißgases eine für den Betrieb der Gasturbine ausreichende mechanische Beständigkeit besitzen.

Eine Möglichkeit, die thermische Belastbarkeit beispielsweise einer Leitschaufel zu erhöhen, besteht darin, mittels eines Kühlfluids Wärme von der Leitschaufel abzuführen. Dazu wird

in ihrem Inneren ein Hohlraum vorgesehen, der von dem Kühlfluid durchströmt wird.

Auch die Haltekränze an den Innenseiten der Leitschaufelkränze werden durch in die Umfangsnut strömendes Heißgas stark erhitzt. Ein bewährtes Mittel zur Kühlung eines Haltekranzes ist, den Haltekranz mit einem U-förmigen Querschnitt auszubilden, wodurch in dem Haltekranz eine umlaufende Kühlfluidnut geschaffen wird. Diese Kühlfluidnut wird mit Kühlfluid versorgt, das aus den Leitschaufeln durch eine in der inneren Plattform vorgesehene Auslassöffnung in die Kühlfluidnut des Haltekranzes strömt. Jedoch hat dieses Kühlfluid in dem Schaufelblatt der Leitschaufel bereits Wärme aufgenommen, was die für den Haltekranz verfügbare Kühlleistung verringert.

Eine höhere Kühlleistung des Kühlfluids in dem Haltekranz lässt sich durch ein spezielles Verbindungsrohr (jumper tube) erzielen, welches den Hohlraum des Schaufelblattes der Leitschaufel in der Längsrichtung durchsetzt und durch welches das Kühlfluid auf direktem Weg und weitgehend unerwärmt in die Kühlfluidnut des Haltekranzes strömt.

Das Verbindungsrohr ist in eine Durchgangsöffnung der äußeren Plattform eingesetzt. Dabei ist die Durchgangsöffnung zumeist im Bereich eines nach außen weisenden Vorsprunges mit einer gekrümmten Außenfläche ausgebildet. Zur Befestigung an der äußeren Plattform ist das Verbindungsrohr in seinem nach außen weisenden freien Endbereich mit einem sich quer zu der Längsrichtung erstreckenden Flansch versehen, der an der Außenfläche des Vorsprungs anliegt und mit dieser stoffschlüssig verbunden ist.

Es hat sich aber gezeigt, dass die Vorsprünge der äußeren Plattformen hinsichtlich der Krümmung ihrer Außenflächen variieren und sich zudem die Flansche verformen können, wenn sie an das Verbindungsrohr angeschweißt werden. Infolgedessen ist es aufwändig und fehleranfällig, eine stoffschlüssige und

fluiddichte Verbindung zwischen dem ggf. verformten und steifen Flansch des Verbindungsrohrs und dem konvex gekrümmten Vorsprung der äußeren Plattform herzustellen. Die Figur 8 zeigt beispielhaft eine Schweißverbindung zwischen einem Verbindungsrohr und einer äußeren Plattform entsprechend der üblichen Praxis, für die eine starke Schweißnaht erzeugt werden musste.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Leitschaufel der eingangs genannten Art zu schaffen, die eine einfache und zuverlässige Verbindung des Flansches des Verbindungsrohrs mit dem Vorsprung der äußeren Plattform erlaubt. Weitere Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Verfahrens zum Herstellen einer derartigen Leitschaufel.

Die erste Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Leitschaufel der eingangs genannten Art gelöst, bei welcher der Flansch wenigstens einen Einschnitt aufweist, der sich ausgehend von einem Außenrand des Flansches einwärts erstreckt. Die auf das Verfahren gerichtete Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 16 gelöst.

Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, die Verformbarkeit des Flansches zu verbessern, um seine Form an unterschiedlich gekrümmte Außenflächen anpassen zu können. Dazu wird in dem Flansch wenigstens ein Einschnitt vorgesehen, der sich ausgehend von einem Außenrand des Flansches einwärts erstreckt. Dieser wenigstens eine Einschnitt verringert die Steifheit des Flansches, wodurch dieser leichter verformt und an die Außenfläche des Vorsprungs angepasst werden kann. Dies erleichtert die Herstellung der Turbinenschaufel.

Vorteilhaft erstreckt sich der wenigstens eine Einschnitt im Wesentlichen in Richtung des Verbindungsrohres. Solche Einschnitte erleichtern die Handhabung der einzelnen Teile des Flansches bei der Anpassung an die Außenfläche des Vorsprungs.

Gemäß einer Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Leitschaufel ist der Flansch ringförmig ausgebildet und besitzt quer zu der Längsrichtung eine Breite im Bereich von 2mm bis 20mm und bevorzugt zwischen 5mm und 15mm. Dieser Breitenbereich entspricht bei gängigen Leitschaufeln dem für die Anlage des Flansches verfügbaren Flächenangebot des Vorsprungs der äußeren Plattform.

Bevorzugt besitzt der Flansch eine viereckige, insbesondere rechteckige oder trapezförmige Außenkontur, deren Ecken insbesondere abgerundet sind, wobei der wenigstens eine Einschnitt vorteilhaft in einer der Ecken vorgesehen ist. Flansche dieser Form passen zu den Vorsprüngen vieler gebräuchlicher Leitschaufeln. Bei viereckigen Flanschen kann an jeder Ecke ein Einschnitt vorgesehen sein, um eine Anpassung des Flansches an die Außenfläche des Vorsprungs der äußeren Plattform zu erleichtern. In diesem Fall ergeben sich diagonal erstreckende Einschnitte eine besonders gleichmäßige Anpassbarkeit des Flansches.

Der Flansch kann bezogen auf die Längsrichtung eine Dicke im Bereich von 1mm bis 1,5mm und bevorzugt von 1,2mm besitzen. Mit dieser Wahl der Dicke des Flansches wird eine einfache Verformbarkeit des Flansches sichergestellt.

Gemäß einer Variante der erfindungsgemäßen Leitschaufel besitzt der wenigstens eine Einschnitt eine Breite, die mindestens der Dicke des Flansches entspricht. Derartig schmale Einschnitte lassen die Anlagefläche des Flansches nahezu unverändert.

Bevorzugt endet der wenigstens eine Einschnitt beabstandet zu dem Verbindungsrohr, wobei der Abstand zwischen dem inneren Ende des Einschnitts und dem Verbindungsrohr mindestens der Dicke des Flansches entspricht. Mit anderen Worten durchtrennt der wenigstens eine Einschnitt den Flansch nicht voll-

ständig, so dass die Ringform des Flansches benachbart zu dem Verbindungsrohr nicht beeinträchtigt ist.

Vorteilhaft sind in dem Flansch mehrere beabstandet zueinander angeordnete Einschnitte vorgesehen. Mehrere Einschnitte verbessern weiter die Verformbarkeit des Flansches, wodurch sich dessen Steifheit verringert und folglich die Anpassbarkeit erhöht.

In an sich bekannter Weise kann das Verbindungsrohr mit der äußeren Plattform verschweißt oder verlötet sein. Schweißen und Löten sind Fügeverfahren, die sich in Zusammenhang mit Leitschaufeln bewährt haben.

Vorteilhaft umfasst das Verbindungsrohr ein Metall oder eine Metalllegierung, insbesondere eine Nickelbasislegierung wie IN625 oder Nimonic90 oder besteht daraus.

Bevorzugt ist das innere Ende des Verbindungsrohrs in eine weitere Durchgangsöffnung, die in der inneren Plattform vorgesehen ist, eingesetzt und darin verschiebbar gehalten. Auf diese Weise werden Spannungen und spannungsbedingte Materialermüdung vermieden, wenn sich das Schaufelblatt und das Verbindungsrohr während des Betriebs der Strömungsmaschine nicht um dasselbe Maß ausdehnen oder zusammenziehen.

Gemäß einer Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Leitschaufel weist das Verbindungsrohr einen viereckigen, rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt auf, dessen Ecken insbesondere abgerundet sind. Derartige Querschnitte eignen sich besonders zur Anordnung des Verbindungsrohrs innerhalb des Schaufelblatts einer Leitschaufel.

In an sich bekannter Weise umfasst das Schaufelblatt eine Umfangswandung, die eine vordere Anströmkante und eine hintere Anströmkante, die sich jeweils in der Längsrichtung erstrecken, definiert und einen konkaven druckseitigen Abschnitt und einen konvexen saugseitigen Abschnitt aufweist.

Bei einer solchen Leitschaufel kann das Verbindungsrohr in dem Hohlraum beabstandet von der Umfangswandung angeordnet sein. Infolge des Abstandes besteht keine Wärmebrücke zwischen der Umfangswandung und dem Verbindungsrohr, so dass sich das Verbindungsrohr während des Betriebs der Strömungsmaschine so wenig wie möglich erwärmt.

Gemäß einer Weiterentwicklung ist in dem Hohlraum wenigstens ein Steg vorgesehen, der sich ausgehend von einer Plattform in der Längsrichtung in den Hohlraum erstreckt und den druckseitigen Abschnitt der Umfangswandung mit dem saugseitigen Abschnitt der Umfangswandung verbindet. Derartige Stege dienen dazu, den Hohlraum in dem Schaufelblatt in der Längsrichtung zur Bildung eines oder mehrerer Kühlfluidkanalabschnitte zu unterteilen.

Bevorzugt sind mehrere Stege derart in dem Hohlraum ausgebildet und angeordnet, dass sich jeder Steg ausgehend von einer Plattform in Richtung der gegenüberliegenden Plattform erstreckt und beabstandet zu dieser endet, wobei sich benachbarte Stege ausgehend von unterschiedlichen Plattformen erstrecken, um in dem Hohlraum einen mäanderförmigen Kühlfluidkanal zu definieren. Bei dieser Ausgestaltung wird das Schaufelblatt von dem Kühlfluid entlang mehrerer Schleifen durchströmt. Dabei ist es günstig, die erste Schleife, in der das Kühlfluid die höchste Kühlleistung erbringt, im Bereich der Anströmkante der Leitschaufel vorzusehen, da diese einer besonders hohen thermischen Belastung durch das Heißgas ausgesetzt ist.

Gemäß einer vorteilhaften Variante sind genau zwei Stege vorgesehen und weist der Kühlfluidkanal drei im wesentlichen gerade und sich in der Längsrichtung erstreckende Kanalabschnitte, die ausgehend von der Anströmkante hintereinander und beabstandet zu einander angeordnet sind, und zwei Kehren auf, die benachbarte Kanalabschnitte des mäanderförmigen Kühlfluidkanals benachbart zu der inneren Plattform oder be-

nachbart zu der äußeren Plattform miteinander verbinden. Dabei ist das Verbindungsrohr in dem mittleren Kanalabschnitt des Kühlfluidkanals angeordnet. Bei dieser Anordnung sind die Strömungsrichtungen des Kühlfluids in dem mittleren Kanalabschnitt und in dem Verbindungsrohr entgegengesetzt.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand einer Leitschaufel gemäß zweier Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung deutlich. Darin ist

Figur 1 eine teilweise Draufsicht einer Plattform einer Leitschaufel gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Figur 2 eine teilweise Draufsicht einer Plattform einer Leitschaufel gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Figur 3 eine Draufsicht der in Figur 2 dargestellten Leitschaufel;

Figur 4 eine seitliche Querschnittsansicht der in Figur 3 dargestellten Leitschaufel entlang der mit dem Bezugszeichen IV bezeichneten Linie;

Figur 5 eine Querschnittsansicht eines Schaufelblatts der in Figur 2 dargestellten Leitschaufel;

Figur 6 eine teilweise Querschnittsansicht einer Strömungsmaschine mit Leitschaufeln gemäß der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform;

Figur 7 eine vergrößerte Detailansicht des in Figur 5 mit dem Bezugszeichen VII bezeichneten Ausschnitts; und

Figur 8 eine perspektivische Teilansicht einer üblichen Schweißverbindung zwischen einer äußeren Schaufel-

plattform und einem nicht erfindungsgemäßen Verbindungsrohr.

Die Figur 1 zeigt eine Leitschaufel 1 für eine nicht dargestellte Strömungsmaschine, insbesondere eine Gasturbine, gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Leitschaufel 1 weist eine äußere Plattform 2 auf, die im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Leitschaufel 1 radial außen angeordnet ist. Die äußere Plattform 2 umfasst einen nach außen weisenden Vorsprung 3 mit einer gekrümmten Außenfläche 4. In dem Bereich des Vorsprungs 3 ist eine Durchgangsöffnung 5 ausgebildet.

Ferner umfasst die Leitschaufel 1 ein von der äußeren Plattform 2 vorstehendes Schaufelblatt 6, das sich in einer Längsrichtung L erstreckt und eine Umfangswandung 7 aufweist, die eine vordere Anströmkante 8 und eine hintere Abströmkante 9 definiert sowie einen druckseitigen Abschnitt 10 und einen saugseitigen Abschnitt 11 aufweist. In dem Inneren des Schaufelblatts 6 ist ein Hohlraum 12 vorgesehen.

Weiterhin umfasst die Leitschaufel 1 ein Verbindungsrohr 13 mit einem trapezförmigen Querschnitt, dessen Ecken 14 abgerundet sind. Das Verbindungsrohr 13 ist in die Durchgangsöffnung 5 eingesetzt, durchsetzt den Hohlraum 12 des Schaufelblattes 6 und ist in dem Hohlraum 12 beabstandet zu der Umfangswandung 7 angeordnet. Es besteht aus einer Nickelbasislegierung wie IN625 oder Nimonic90, kann aber alternativ auch allgemein ein Metall oder eine Metalllegierung umfassen oder daraus bestehen.

Das Verbindungsrohr 13 ist an seinem äußeren freien Endbereich mit einem Flansch 15 versehen, der durch Schweißen an das Verbindungsrohr 13 angeformt ist. Der Flansch 15 liegt außenseitig an der gekrümmten Außenfläche 4 an und ist mit dieser durch Schweißen stoffschlüssig verbunden. Der Flansch 15 ist ringförmig ausgebildet und besitzt quer zu der Längs-

richtung L eine variierende Breite im Bereich zwischen 5mm und 15mm. Die Außenkontur des Flansches 15 ist trapezförmig, wobei die Ecken 14 des Flansches 15 abgerundet sind. Bezogen auf die Längsrichtung L besitzt der Flansch 15 eine Dicke von etwa 1,2mm.

An den Ecken 14 des Flansches 15 sind vier Einschnitte 17 angeordnet, die sich ausgehend von einem Außenrand des Flansches 15 diagonal einwärts in Richtung des Verbindungsrohres 13 erstrecken und den Flansch 15 in vier Flanschabschnitte 16 unterteilen. Die Einschnitte 17 besitzen eine Breite, die mindestens der Dicke des Flansches 15 entspricht. Die Einschnitte 17 enden beabstandet zu dem Verbindungsrohr 13. Dabei entspricht der Abstand zwischen dem inneren Ende 18 eines Einschnitts 17 und dem Verbindungsrohr 13 der Dicke des Flansches 15.

Schließlich umfasst die Leitschaufel 1 eine innere Plattform 19, die gegenüberliegend zu der äußeren Plattform 2 angeordnet und mit dem Schaufelblatt 6 verbunden ist. In der inneren Plattform 19 ist eine weitere Durchgangsöffnung 20 vorgesehen, in die das Verbindungsrohr 13 derart eingesetzt ist, dass es darin verschiebbar gehalten ist.

Zur Herstellung der Leitschaufel 1 wird zunächst der Flansch 15 mit dem Verbindungsrohr 13 verschweißt. Dann werden die zwischen den Einschnitten 17 liegenden Flanschabschnitte 16 durch Biegen individuell an die Außenfläche 4 des Vorsprungs 3 der äußeren Plattform 2 derart angepasst, dass der Flansch 15 möglichst gut an der gekrümmten Außenfläche 4 anliegt. In einem weiteren Schritt wird das Verbindungsrohr 13 von außen in die Durchgangsöffnung 5 eingesetzt, so dass sein inneres Ende in der Durchgangsöffnung 20 der inneren Plattform 19 verschiebbar gehalten ist. Abschließend wird der Flansch 15 mit der Außenfläche 4 des Vorsprungs 3 fluiddicht verschweißt oder verlötet. Die Verschweißung bzw. Verlötung erfolgt dabei entlang der Umfangskante des Flansches 15, wobei die Schweißnaht sich zumindest teilweise auch entlang der Einschnitte 17

erstrecken, sofern die Länge der Einschnitte 17 größer ist als die sich einstellende Breite der umlaufenden Schweißnaht.

Die Figuren 2 bis 5 zeigen eine Leitschaufel 1 für eine Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Sie besitzt denselben Grundaufbau wie die zuvor beschriebene Leitschaufel gemäß der ersten Ausführungsform. Im Unterschied zu dieser sind in dem Hohlraum 12 zwei Stege 21 vorgesehen, die jeweils den druckseitigen Abschnitt der Umfangswandung mit dem saugseitigen Abschnitt der Umfangswandung verbinden. Die beiden Stege 21 sind derart ausgebildet und angeordnet, dass sich jeder Steg 21 ausgehend von einer Plattform 2, 19 in der Längsrichtung L in Richtung der jeweils gegenüberliegenden Plattform 19, 2 in den Hohlraum 12 erstreckt. Die beiden Stege 21 erstrecken sich ausgehend von unterschiedlichen Plattformen 2, 19, wodurch in dem Hohlraum 12 ein mäanderförmiger Kühlfluidkanal 22 definiert ist. Der Kühlfluidkanal 22 umfasst drei im Wesentlichen gerade und sich in der Längsrichtung L erstreckende Kanalabschnitte 23, die ausgehend von der Anströmkante 8 hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet sind, und zwei Kehren 24, die benachbarte Kanalabschnitte 23 benachbart zu der inneren Plattform 19 oder benachbart zu der äußeren Plattform 2 miteinander verbinden. Das Verbindungsrohr 13 ist in dem mittleren der drei Kanalabschnitte 23 angeordnet.

Die Figuren 6 und 7 zeigen schematisch einen Abschnitt einer Strömungsmaschine mit erfindungsgemäßen Leitschaufeln 1. Die Strömungsmaschine umfasst ein Gehäuse 25, in dem sich in einer axialen Richtung A ein Strömungskanal 26 erstreckt. Weiterhin umfasst die Strömungsmaschine eine Mehrzahl von Turbinenstufen 27, die jeweils einen Leitschaufelkranz 28 und einen Laufschaufelkranz 29 umfassen, wobei die Turbinenstufen 27 in dem Strömungskanal 26 in der axialen Richtung A hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet sind. Die Leitschaufelkränze 29 sind jeweils aus einer Mehrzahl von erfindungsgemäßen Leitschaufeln 1 gebildet und umfassen jeweils

einen U-förmigen Haltekranz 30 mit einer umlaufenden Kühlfluidnut 31, in dem die inneren Plattformen 19 der Leitschaufeln 1 gehalten sind.

Während des Betriebs der Strömungsmaschine wird der Strömungskanal 26 von einem expandierenden Heißgas durchströmt. Um die thermische Belastung der Leitschaufelkränze 29 zu verringern, werden die Leitschaufelkränze 29 gleichzeitig durch ein Kühlfluid gekühlt. Dazu wird jede Leitschaufel 1 von dem Kühlfluid durchströmt. Ein Teil des Kühlfluids durchströmt zur Kühlung des Schaufelblatts 6 den Kühlfluidkanal 22, während ein anderer Teil des Kühlfluids zur Kühlung des Haltekranzes 30 direkt und ohne erwärmenden Kontakt zu der Umfangswandung 7 des Schaufelblatts 6 durch das Verbindungsrohr 13 in den Haltekranz 30 strömt.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Leitschaufel 1 liegt darin, dass sich der eingeschnittene ringförmige Flansch 15 gut an die gekrümmte Außenfläche 4 des Vorsprungs 3 der äußeren Plattform 2 anpassen lässt, indem die zwischen den Einschnitten 17 definierten Abschnitte 26 des Flansches 15 unabhängig voneinander derart gebogen werden, dass sie individuell an die Außenfläche 4 des Vorsprungs 3 angepasst sind. Auf diese Weise kann eine fluiddichte Verbindung zwischen dem Verbindungsrohr 13 und der äußeren Plattform 2 einfach und spannungsfrei geschaffen werden. Dies eröffnet auch die Möglichkeit, für den Kühlfluidkanal 22 und das Verbindungsrohr 13 getrennte Kühlfluidkreisläufe zu verwenden, die sich hinsichtlich der Temperatur und des Druckes des darin strömenden Kühlfluids unterscheiden, ohne dass ein unerwünschter Austausch zwischen den beiden Kühlfluidkreisläufen erfolgt. Abgesehen davon bewirkt die Anordnung des Verbindungsrohres 13 in dem mittleren Kanalabschnitt 23 eine besonders gute Trennung der beiden Kühlkanalkreisläufe, da weder die äußere Plattform 2 noch die innere Plattform 19 im Bereich des mittleren Kanalabschnitts 23 einen Kühlfluiddurchlass aufweisen.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Leitschaufel (1) für eine Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit einer im bestimmungsgemäß montierten Zustand der Leitschaufel äußeren Plattform (2), einem von der äußeren Plattform (2) vorstehenden Schaufelblatt (6), das sich in einer Längsrichtung (L) erstreckt und in dessen Innerem ein Hohlraum (12) vorgesehen ist, einer inneren Plattform (19), die gegenüberliegend zu der äußeren Plattform (2) mit dem Schaufelblatt (6) verbunden ist, und einem den Hohlraum (12) des Schaufelblattes (6) in der Längsrichtung (L) durchsetzenden Verbindungsrohr (13), das an seinem nach außen weisenden freien Endbereich mit einem sich quer zu der Längsrichtung (L) erstreckenden Flansch (15) versehen und in eine Durchgangsöffnung (5) der äußeren Plattform (2) eingesetzt ist,
wobei die Durchgangsöffnung (5) im Bereich eines auswärts weisenden Vorsprungs (3) mit gekrümmter Außenfläche (4) ausgebildet ist, an welcher der Flansch (15) anliegt und mit welcher der Flansch (15) stoffschlüssig verbunden ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Flansch (15) wenigstens einen Einschnitt (17) aufweist, der sich ausgehend von einem Außenrand des Flansches (15) einwärts erstreckt.

2. Leitschaufel nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich der wenigstens eine Einschnitt (17) im Wesentlichen in Richtung des Verbindungsrohres (13) erstreckt.

3. Leitschaufel nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Flansch (15) ringförmig ausgebildet ist und quer zu der Längsrichtung (L) eine Breite im Bereich von 2mm bis 20mm und bevorzugt zwischen 5mm und 15mm besitzt.

4. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass der Flansch (15) eine viereckige, insbesondere rechteckige oder trapezförmige Außenkontur besitzt, deren Ecken (14) insbesondere abgerundet sind, wobei der wenigstens eine Einschnitt (17) vorteilhaft in einer der Ecken (14) vorgesehen ist und/oder bezogen auf die Längsrichtung (L) eine Dicke im Bereich von 1mm bis 1,5mm und bevorzugt von 1,2mm besitzt.

5. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass der wenigstens eine Einschnitt (17) eine Breite besitzt, die mindestens der Dicke des Flansches (15) entspricht, und/oder beabstandet zu dem Verbindungsrohr (13) endet,
wobei der Abstand zwischen dem Ende (18) des Einschnittes (17) und dem Verbindungsrohr (13) mindestens der Dicke des Flansches (15) entspricht.

6. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Flansch (15) mehrere beabstandet voneinander angeordnete Einschnitte (17) vorgesehen sind.

7. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Verbindungsrohr (13) mit der äußeren Plattform (2) verschweißt oder verlötet ist.

8. Leitschaufeln nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Verbindungsrohr (13) ein Metall oder eine Metalllegierung, insbesondere eine Nickelbasislegierung wie IN625 oder Nimonic90 umfasst oder daraus besteht.

9. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das innere Ende des Verbindungsrohrs (13) in eine weitere Durchgangsöffnung (20), die in der inneren Plattform (19) vorgesehen ist, eingesetzt ist und darin verschiebbar gehalten ist.

10. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Verbindungsrohr (13) einen viereckigen, rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt aufweist, dessen Ecken (14) insbesondere abgerundet sind.

11. Leitschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaufelblatt (6) eine Umfangswandung (7) umfasst, die eine vordere Anströmkante (8) und eine hintere Abströmkante (9), die sich jeweils in der Längsrichtung (L) erstrecken, definiert und einen konkaven druckseitigen Abschnitt (10) und einen konvexen saugseitigen Abschnitt (11) aufweist.

12. Leitschaufel nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verbindungsrohr (13) in dem Hohlraum (12) beabstandet von der Umfangswandung (7) angeordnet ist.

13. Leitschaufel nach einem der Ansprüche 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Hohlraum (12) wenigstens ein Steg (21) vorgesehen ist, der sich ausgehend von einer Plattform in der Längsrichtung (L) in den Hohlraum (12) erstreckt und den druckseitigen Abschnitt (10) der Umfangswandung (7) mit dem saugseitigen Abschnitt (11) der Umfangswandung (7) verbindet.

14. Leitschaufel nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere Stege (21) derart in dem Hohlraum (12) ausgebildet und angeordnet sind, dass sich jeder Steg (21) ausgehend von einer Plattform (2, 19) in Richtung der gegenüberliegenden Plattform (19, 2) erstreckt und beabstandet zu dieser endet,
wobei sich benachbarte Stege (21) ausgehend von unterschiedlichen Plattformen (2, 19) erstrecken, um in dem Hohlraum (12) einen mäanderförmigen Kühlfluidkanal (22) zu definieren.

15. Leitschaufel nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass genau zwei Stege (21) vorgesehen sind und der Kühlfluidkanal (22) drei im Wesentlichen gerade und sich in der Längsrichtung (L) erstreckende Kanalabschnitte (23), die ausgehend von der Anströmkante (8) hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet sind, und zwei Kehren (24) aufweist, die benachbarte Kanalabschnitte (23) benachbart zu der inneren Plattform (19) oder benachbart zu der äußeren Plattform (2) miteinander verbinden,
wobei das Verbindungsrohr (13) in dem mittleren Kanalabschnitt (23) des Kühlfluidkanals (22) angeordnet ist.

16. Verfahren zum Herstellen einer Leitschaufel,
mit den Schritten:
- Bereitstellen einer Leitschaufeln (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- fluiddichtes Verschweißen oder fluiddichtes Verlöten des Flansches (15) mit der Außenfläche (4) des Vorsprungs (3).

FIG 1

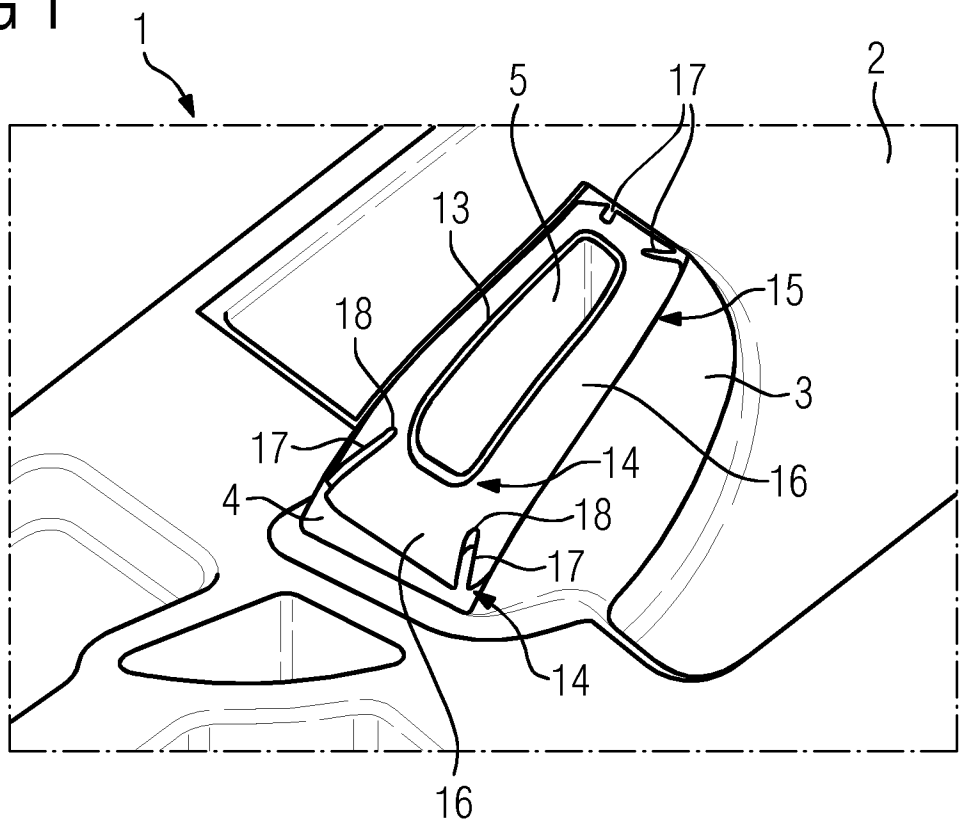

1
5
17
2
13
15
18
3
17
14
16
4
18
17
14
16

FIG 2

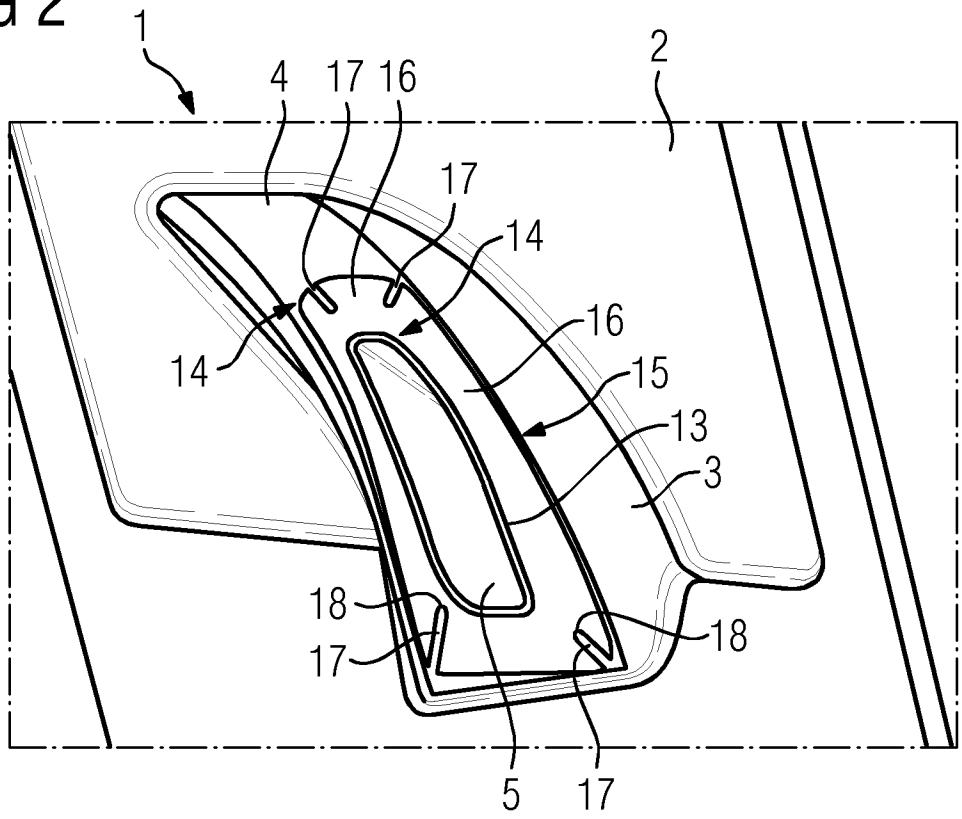

1
4
17
16
2
17
14
16
14
15
13
3
18
18
17
5
17

FIG 3

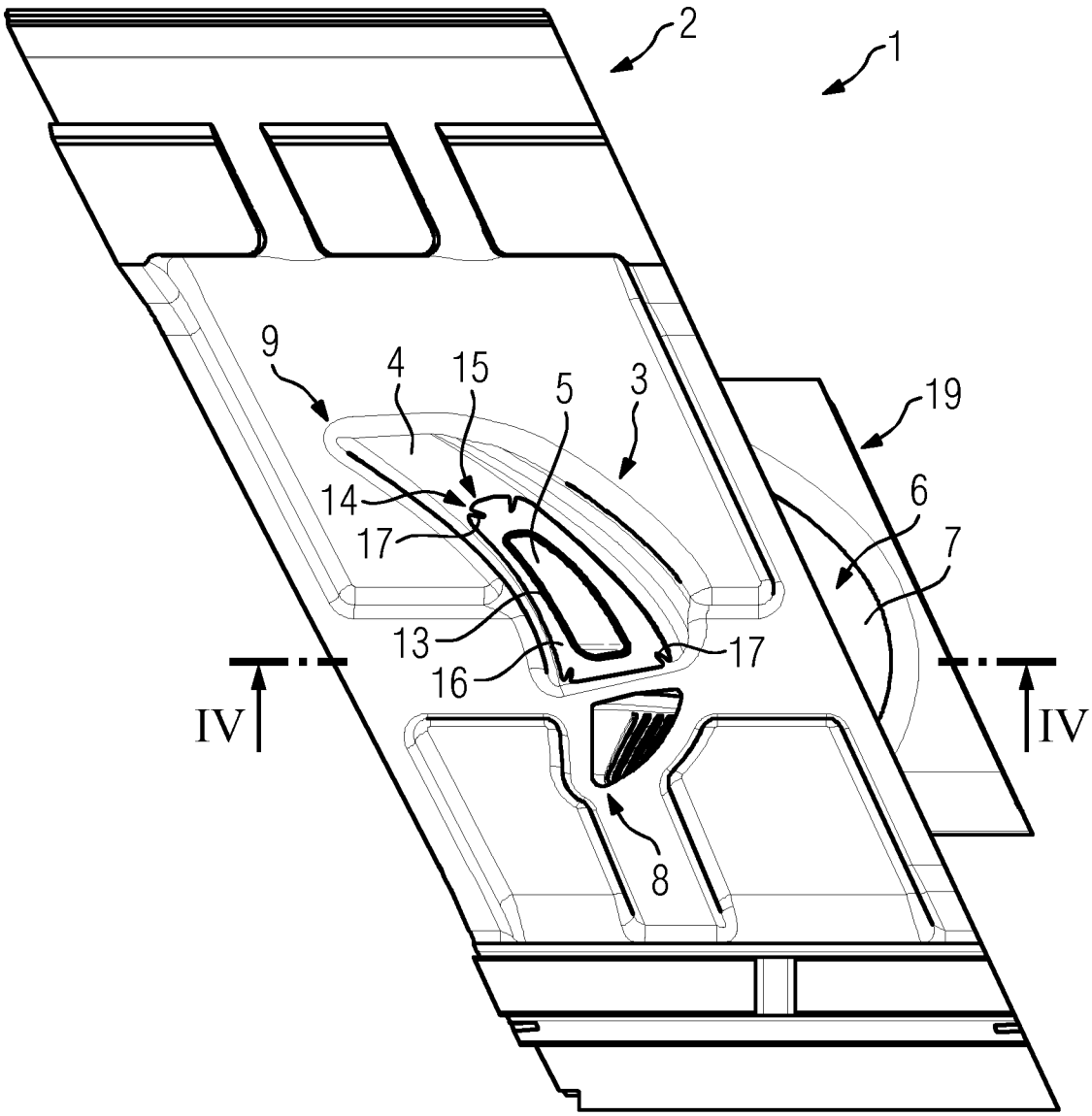


FIG 4

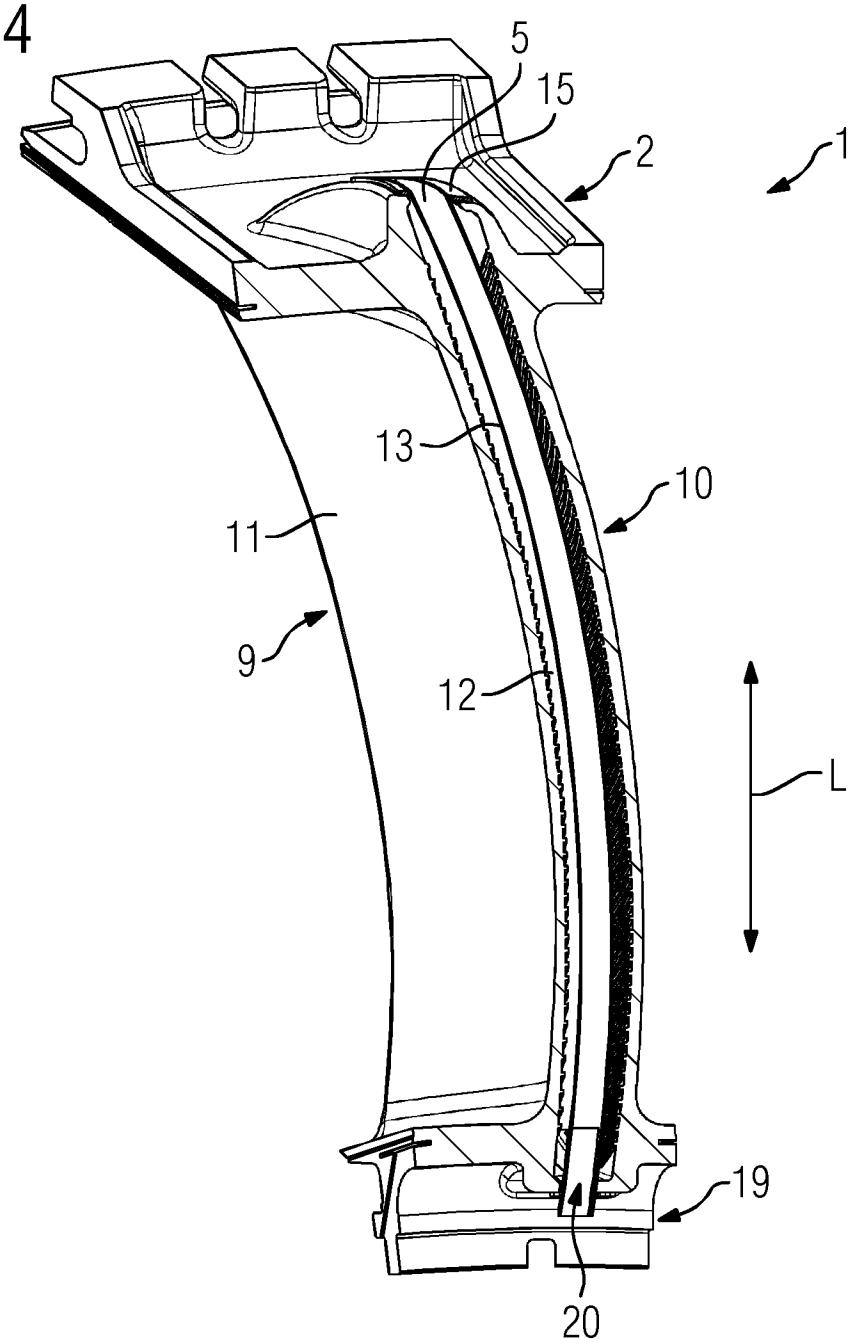


FIG 5

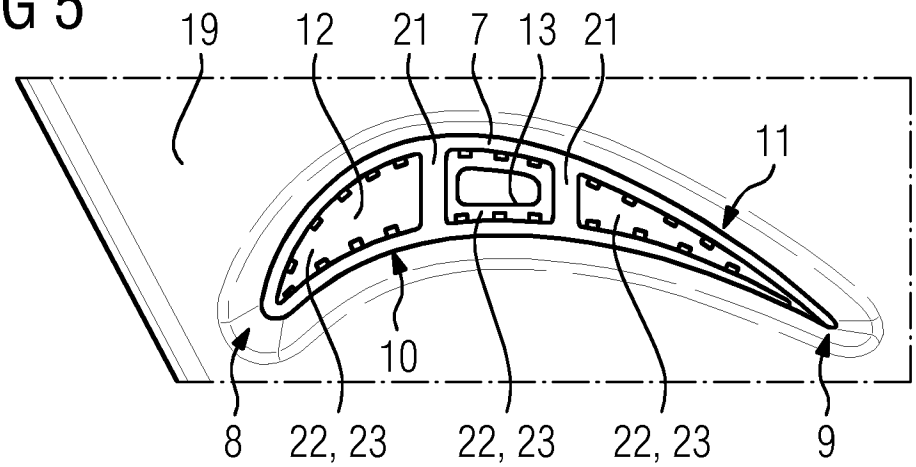


FIG 6

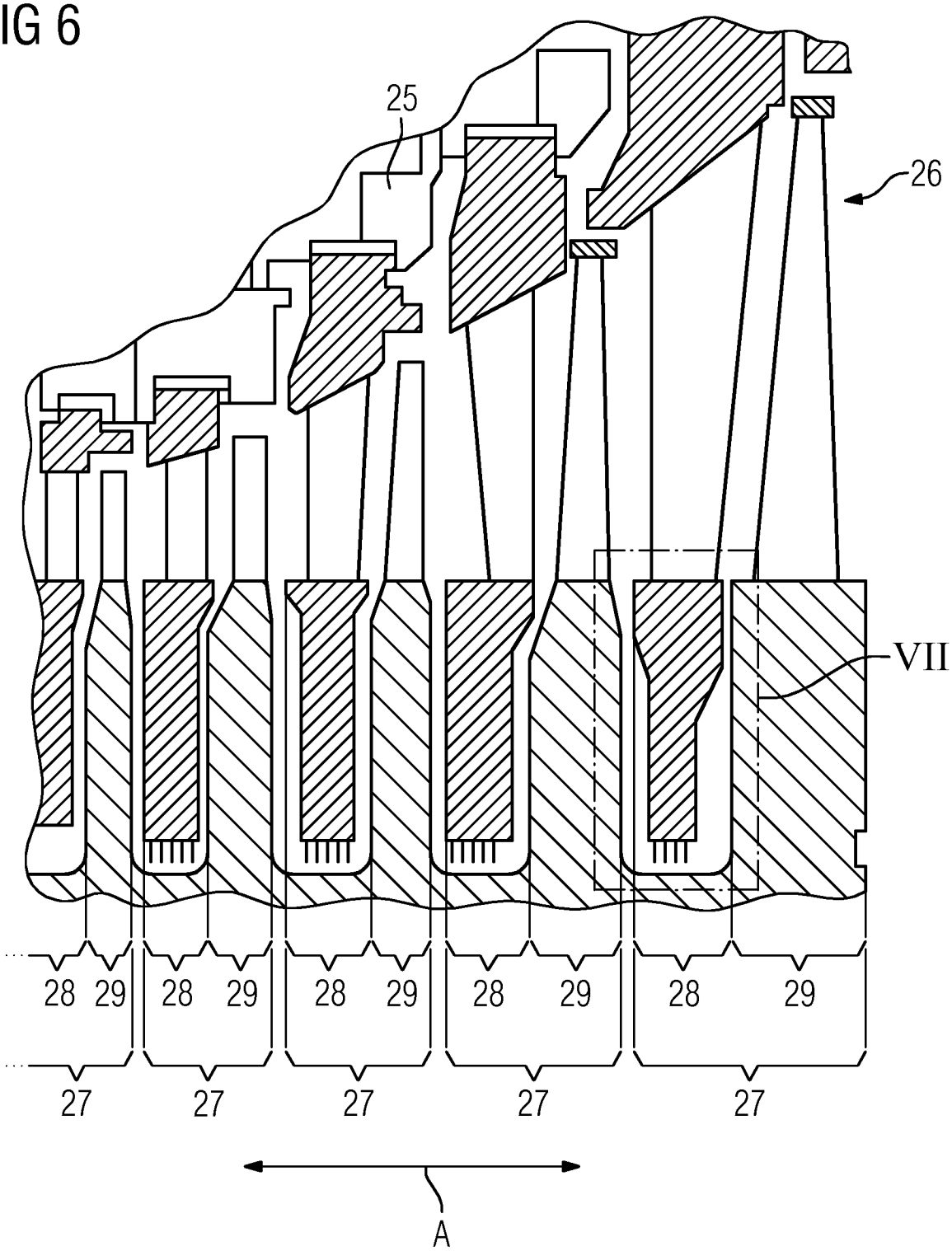


FIG 7

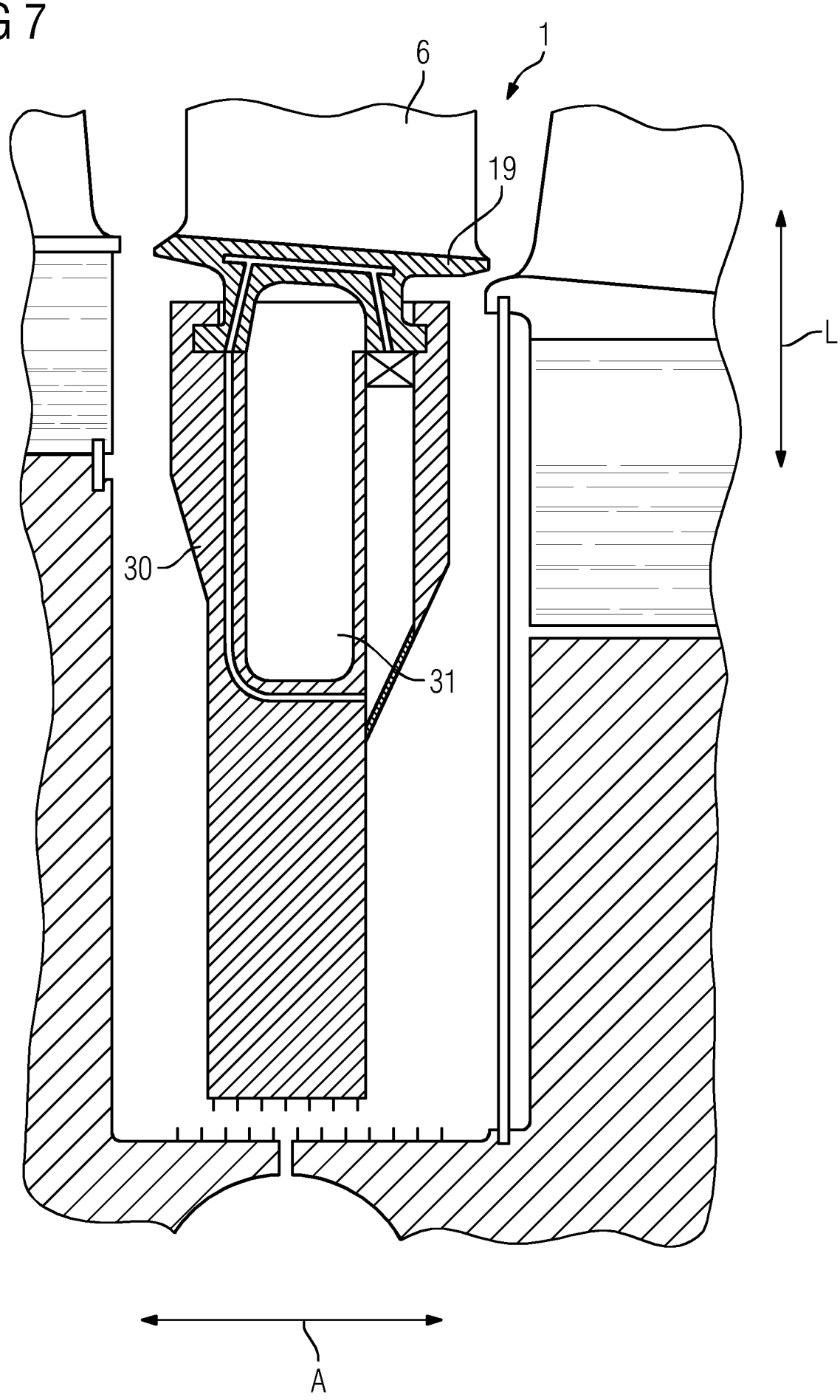
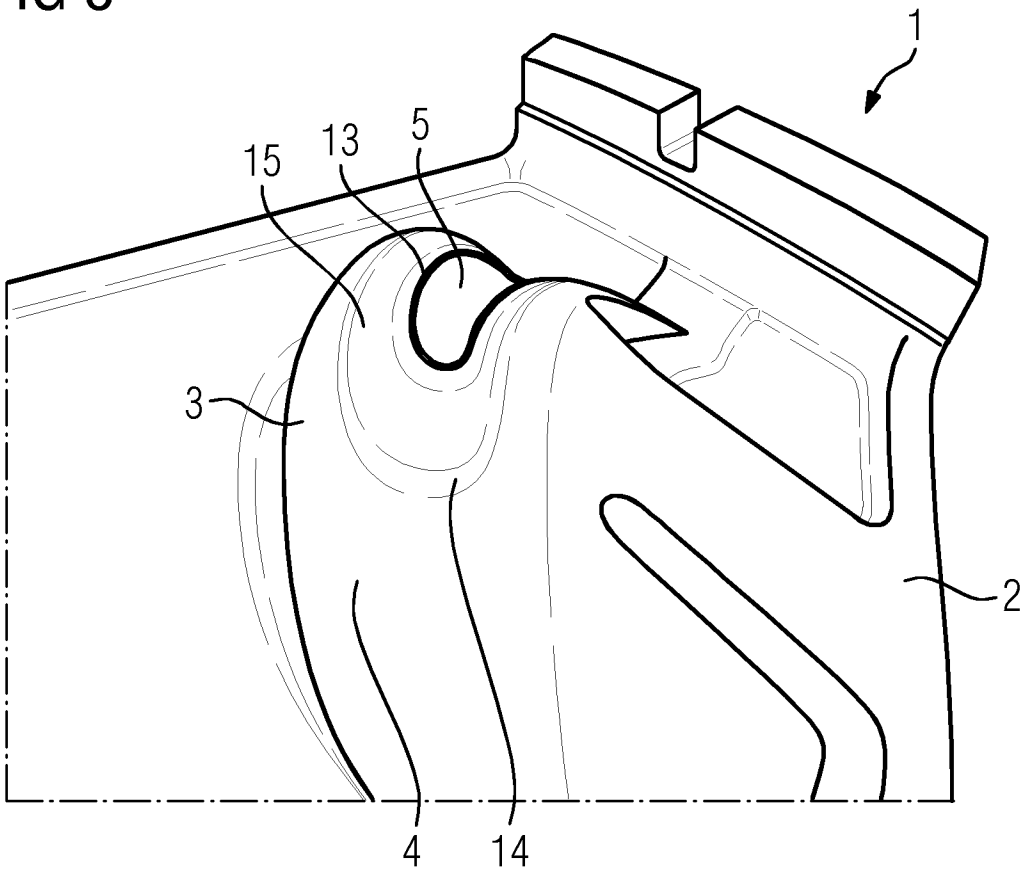


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/059100

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01D5/18 F01D9/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	GB 1 543 707 A (ROLLS ROYCE) 4 April 1979 (1979-04-04) page 1, lines 13-88; figures 1, 2	1-3,5-9, 11,12,16 4,10, 13-15

Y	EP 2 604 800 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 19 June 2013 (2013-06-19) figures 1, 2	4,10,15

Y	US 2004/022630 A1 (TIEMANN PETER [DE]) 5 February 2004 (2004-02-05) figure 1	13-15

Y A	US 8 011 881 B1 (LIANG GEORGE [US]) 6 September 2011 (2011-09-06) figure 1	15 1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 June 2017	03/07/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Georgi, Jan

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/059100

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 1543707 A	04-04-1979	NONE	
EP 2604800 A2	19-06-2013	CN 103161513 A	19-06-2013
		EP 2604800 A2	19-06-2013
		JP 2013124663 A	24-06-2013
		RU 2012153930 A	20-06-2014
		US 2013156549 A1	20-06-2013
US 2004022630 A1	05-02-2004	EP 1191189 A1	27-03-2002
		EP 1320661 A1	25-06-2003
		JP 4669202 B2	13-04-2011
		JP 2004510091 A	02-04-2004
		US 2004022630 A1	05-02-2004
		WO 0227146 A1	04-04-2002
US 8011881 B1	06-09-2011	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/059100

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F01D5/18 F01D9/06
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	GB 1 543 707 A (ROLLS ROYCE) 4. April 1979 (1979-04-04) Seite 1, Zeilen 13-88; Abbildungen 1, 2	1-3,5-9, 11,12,16 4,10, 13-15

Y	EP 2 604 800 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 19. Juni 2013 (2013-06-19) Abbildungen 1, 2	4,10,15

Y	US 2004/022630 A1 (TIEMANN PETER [DE]) 5. Februar 2004 (2004-02-05) Abbildung 1	13-15

Y A	US 8 011 881 B1 (LIANG GEORGE [US]) 6. September 2011 (2011-09-06) Abbildung 1	15 1-14

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. Juni 2017	03/07/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Georgi, Jan

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/059100

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 1543707 A	04-04-1979	KEINE	
EP 2604800 A2	19-06-2013	CN 103161513 A	19-06-2013
		EP 2604800 A2	19-06-2013
		JP 2013124663 A	24-06-2013
		RU 2012153930 A	20-06-2014
		US 2013156549 A1	20-06-2013
US 2004022630 A1	05-02-2004	EP 1191189 A1	27-03-2002
		EP 1320661 A1	25-06-2003
		JP 4669202 B2	13-04-2011
		JP 2004510091 A	02-04-2004
		US 2004022630 A1	05-02-2004
		WO 0227146 A1	04-04-2002
US 8011881 B1	06-09-2011	KEINE	