

(19)



(11)

EP 3 464 825 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

16.12.2020 Patentblatt 2020/51

(51) Int Cl.:

F01D 5/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17734724.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2017/066414

(22) Anmeldetag: **03.07.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2018/007274 (11.01.2018 Gazette 2018/02)

(54) **TURBINENSCHAUFEL MIT KÜHLMITTELKANÄLEN UND AUSLASSÖFFNUNGEN**

TURBINE BLADE WITH PASSAGES FOR COOLANT AND OUTLET OPENINGS

AUBE DE TURBINE DOTÉE DE CANAUX DE REFRIGÉRANT ET ORIFICES D'ÉVACUATION

(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**

(72) Erfinder:

- **AHMAD, Fathi**
41564 Kaarst (DE)
- **KURT, Nihal**
40231 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: **06.07.2016 EP 16178150**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

10.04.2019 Patentblatt 2019/15

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 1 598 522 EP-A2- 2 284 364
DE-A1-102005 044 182 US-A- 2 349 187

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

EP 3 464 825 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 Turbinenlaufschaufel mit einem Schaufelfuß und einem Schaufelblatt, bei der sich ausgehend von einem Eintrittspunkt wenigstens ein radialer Kühlmittelkanal bis hin zu einem Endpunkt des Kühlkanals erstreckt.

[0002] Die Leistungserwartungen an Gasturbinen sind in den letzten Jahren immer weiter angestiegen. Die Erwartungen werden bedient, indem man die entscheidenden Faktoren beim Betrieb von Gasturbinen, nämlich die Anströmtemperatur und den Anströmdruck des Arbeitsfluids immer weiter steigert. Dies ist nur mit Hilfe immer weiter optimierter Technologien zur Kühlung der einzelnen Turbinenschaufeln einer Gasturbine möglich.

[0003] Ein häufig in Gasturbinen eingesetztes Kühlmedium ist Luft. Ein Teil der verdichteten Luft wird im Verdichter entnommen und unter Umgehung der Brennkammer den Gasturbinenschaufeln zugeführt.

[0004] Bei bekannten Turbinenschaufeln wird die Kühlluft der Turbinenschaufel in einem oder mehreren Kühlkanälen zugeführt, die vom Schaufelfuß weg im Schaufelkörper bis zu einem Endpunkt des Kühlkanals verlaufen, an welchem eine Öffnung in einer Oberfläche des Schaufelblattes angeordnet ist, durch die die gesamte im Kühlmittelkanal geführte Kühlluft an dieser Stelle zur Kühlung der Turbinenschaufel ausgelassen wird.

[0005] Eine gleichmäßige Kühlung der Turbinenschaufel ist mit einer derartigen Gestaltung nur dann möglich, wenn sehr viele Kühlkanäle durch den Schaufelkörper getrieben werden, die dann in der großen Anzahl gegebenenfalls die Festigkeit der Turbinenschaufel beeinträchtigen könnten.

[0006] Daneben ist es bekannt, große Turbinenlaufschaufeln, so wie sie in hinteren Stufen von Gasturbinen angeordnet werden, mit ungekühlten Hohlräumen auszustatten, um die während des Betriebs von ihnen ausgehende Fliehkraftbelastung vergleichsweise gering zu halten. Dennoch kann aufgrund gesteigerter Anforderungen an die abgegebene Leistung der Gasturbine und/oder an die Lebensdauer der Lauschaufeln eine lokale Kühlung erforderlich sein. Die Patentschrift EP-1598522 zeigt eine Turbinenschaufel, die einen Hauptkanal aufweist, der sich in Längsrichtung erstreckt.

[0007] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfach herstellbare Turbinenlaufschaufel bereitzustellen, die mit einer verhältnismäßig geringen Anzahl an Kühlmittelkanälen eine lokal hinreichende Kühlung der Turbinenschaufel ermöglicht.

[0008] Eine erfindungsgemäße Turbinenlaufschaufel mit einem Schaufelfuß und einem Schaufelblatt weist im Schaufelblattinneren zumindest ein ungekühlter Hohlraum auf, wobei sich ausgehend von einem an dem Schaufelfuß angeordneten Eintrittspunkt wenigstens ein radialer Kühlmittelkanal in einem Schaufelkörper der Turbinenlaufschaufel bis hin zu einem Endpunkt des Kühlmittelkanals erstreckt, wobei der betreffende Kühlmittelkanal als gebohrtes Sackloch ausgebildet ist und

wenigstens zwei Auslasskanäle vorgesehen sind, die den Kühlmittelkanal zur Leitung von Kühlmittel zu je einer Auslassöffnung an einer Außenwand des Schaufelblatts verbinden. Erfindungsgemäß ist in dem Schaufelkörper eine Mehrzahl von Kühlmittelkanälen angeordnet, wobei jeder der Kühlmittelkanäle wenigstens zwei Auslasskanäle aufweist und/oder die Kühlmittelkanäle jeweils einen Auslassbereich aufweisen, in welchem eine Mehrzahl von Auslasskanälen von dem Kühlmittelkanal ausgehen.

[0009] Dadurch wird es möglich, mit einem zentralen Kühlmittelkanal der Turbinenlaufschaufel an mehreren Stellen des Schaufelblattes Kühlluft auszulassen und damit das Schaufelblatt gleichmäßiger zu kühlen.

[0010] Um eine bessere Verteilung der Kühlleistung entlang der Turbinenlaufschaufel zu gewährleisten, sind gemäß einer bevorzugten Ausführung die Endpunkte von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen der Turbinenlaufschaufel, insbesondere bezüglich einer Radialachse der Turbinenlaufschaufel, angeordnet. Der Auslassbereich ist vorzugsweise auf einen bestimmten Radialabschnitt der Turbinenlaufschaufel begrenzt. Diese Ausführung ermöglicht eine Zuordnung von bestimmten Radialabschnitten der Turbinenlaufschaufel zu bestimmten Kühlmittelkanälen. Darüber kann wiederum ein Kühlluftanteil für einen bestimmten Radialabschnitt der Turbinenlaufschaufel gesteuert werden.

[0011] Vorzugsweise ist sowohl an einer Vorderseite als auch an einer Rückseite des Schaufelblattes jeweils wenigstens eine Auslassöffnung angeordnet, die mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbunden ist. Dies ermöglicht eine beidseitige Kühlung des Schaufelblattes, ausgehend aus einem einzigen Kühlmittelkanal.

[0012] Um eine noch gleichmäßigere Kühlung der Turbinenlaufschaufel zu ermöglichen, ist gemäß einer bevorzugten Weiterbildung an dem Schaufelblatt eine Mehrzahl von Auslassöffnungen angeordnet, die jeweils mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbunden sind.

[0013] Vorzugsweise sind die Auslasskanäle mit einem deutlich kleineren Querschnittsdurchmesser ausgebildet als der Kühlmittelkanal, insbesondere mit einem Durchmesser Verhältnis von 1:5, 1:10 oder höher.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführung ist der Auslasskanal/die Auslasskanäle als Durchgangsbohrungen ausgebildet. Eine gebohrte Ausführung des Kühlmittelkanals und/oder der Auslasskanäle ermöglicht eine einfache und günstige Fertigung der Turbinenlaufschaufel und insbesondere ihres Kühlsystems. Insbesondere der Kühlmittelkanal kann jedoch auch mittels electrical discharge machining (EDM, zu Deutsch: funkenerosives Bearbeiten) gefertigt werden. Dies kann beispielsweise bei größeren Turbinenlaufschaufeln eine größere Tiefe des Kühlmittelkanals ermöglichen.

[0015] Um eine höhere Kühlleistung realisieren zu können, ist in einer bevorzugten Ausführung in dem

Schaufelkörper eine Mehrzahl von Kühlmittelkanälen angeordnet, insbesondere zwei, drei, fünf, zehn oder eine größere Vielzahl.

[0016] Vorzugsweise sind die Auslassbereiche von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen der Turbinenlaufschaufel angeordnet, um eine möglichst gleichmäßige Kühlung (bezogen auf die Einsatzbedingungen) zu ermöglichen.

[0017] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden, wobei zeigt:

Figur 1: in einer teilweise geschnittenen Schrägsicht eine Turbinenlaufschaufel nach einer Ausführung der Erfindung; und

Figur 2: in einer teilweise geschnittenen Schrägsicht einen Ausschnitt einer Turbinenlaufschaufel nach einer weiteren Ausführung der Erfindung.

[0018] In Figur 1 ist eine Turbinenlaufschaufel 1 mit einem Schaufelfuß 2 und einem Schaufelblatt 4 dargestellt. Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst das Schaufelblatt 4 zur Gewichtsreduzierung drei Hohlräume 5, die keine Verbindung zu einer Kühlmittelquelle besitzen und somit nicht vom Kühlmittel durchströmt sind. Damit dienen diese Hohlräume nicht zur Schaufelblattkühlung und sind somit ungekühlt. In einem Schaufelkörper 6 der Turbinenlaufschaufel 1 erstrecken sich daneben und ausgehend von jeweils einem Eintrittspunkt 8.1, 8.2 und 8.3 drei Kühlmittelkanäle 10. Der erste Kühlmittelkanal 10.1 ist in der Vorderkante des Schaufelblatts angeordnet. Die restlichen beiden Kühlmittelkanäle 10.2 und 10.3 sind in denjenigen Rippen 7 angeordnet, die sich zwischen den ungekühlten Hohlräumen ausbilden und die Seitenwände des Schaufelblatts miteinander verbinden.

[0019] Die Kühlmittelkanäle 10.1, 10.2 und 10.3 verlaufen dabei in einer zumindest im Wesentlichen radialen Richtung hin bis zu einem Endpunkt 12 des jeweiligen Kühlmittelkanals 10.

[0020] Die Kühlmittelkanäle 10.1 und 10.2 verlaufen von einem - bezüglich einer Querrichtung des Schaufelfußes 2 zentralen Eintrittspunkt - weg bis zu ihren Endpunkten 12. Der Kühlmittelkanal 10.3 ist seitlich von der Mitte des Schaufelfußes 2 weg angeordnet, und folgt damit der Form des Schaufelblatts 4 im radial inneren Bereich des Schaufelblatts 4 an dieser Axialposition.

[0021] In einem Auslassbereich 14 jedes der Kühlmittelkanäle 10 ist eine Mehrzahl von Auslasskanälen 16 und 18 angeordnet, wobei die Auslasskanäle 16 jeweils an einer Auslassöffnung 20 in der Außenwand 22 der Turbinenlaufschaufel münden, und damit den Kühlkanal 10 mit

diesen Auslassöffnungen 20 verbinden. Die Auslasskanäle 16 münden derart auf eine Vorderseite 24 des Schaufelblatts 4, die Auslasskanäle 18 münden in nicht dargestellte Auslassöffnungen auf der Rückseite der Turbinenlaufschaufel 1.

[0022] Im dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Kühlmittelkanäle 8 unterschiedliche Querschnittsdurchmesser x_1 , x_2 und x_3 auf, die die Bereitstellung unterschiedlicher Kühlluftströme ermöglichen.

[0023] Zur Kühlung der Turbinenlaufschaufel 1, die im Betrieb an ihrem Schaufelfuß im Turbinenrotor befestigt ist und (in der Darstellung) im Wesentlichen von links nach rechts durch ein heißes und druckbeaufschlagtes Arbeitsmedium angeströmt wird, wird Kühlluft in die Kühlmittelkanäle 10 eingeleitet, das dann in den Auslassbereichen 14 in die einzelnen Auslasskanäle 16 und 18 verteilt und an den Auslassöffnungen 20 austritt. Hier kann die Kühlluft punktuell die Umgebung der Auslassöffnungen kühlen, indem die verhältnismäßig kalte Kühlluft die verhältnismäßig heiße Außenwand 24 der Turbinenlaufschaufel kühlt.

[0024] Bei einer geeigneten Anordnung einer ausreichenden Menge von Auslassöffnungen 20 auf der Außenwand des Schaufelblatts 4 kann auch eine Filmkühlung realisiert werden, bei welcher die aus den Auslassöffnungen 20 ausströmende Luft einen "Film" auf der Vorderseite 22 und/oder der Rückseite des Schaufelblatts 4 ausbildet und damit einen direkten Kontakt zwischen der Außenwand 24 und dem vorbeiströmenden, heißen Arbeitsfluid verhindert oder zumindest minimiert.

[0025] In Fig. 2 ist eine Turbinenlaufschaufel 1 dargestellt, bei welcher mittels zwei exemplarisch eingezeichneten Kühlmittelkanälen 10.1 und 10.2 dargestellt wird, wie unterschiedliche Bereiche bezüglich der Radialachse R der Turbinenlaufschaufel 1 durch unterschiedliche Kühlmittelkanäle mit Kühlluft versorgt werden können.

[0026] Der Kühlmittelkanal 10.1 erstreckt sich von seinem Eintrittspunkt 8.1 hin bis zu seinem Endpunkt 12.1 (an der Radialposition des Endpunkts 12.1 ist die Darstellung des Schaufelblatts 4 geschnitten). Der Kühlkanal 10.2 ist in Strömungsrichtung des Arbeitsfluids S leicht versetzt zu dem Kühlmittelkanal 10.1 angeordnet.

[0027] Der Kühlmittelkanal 10.2 ist kürzer ausgebildet, so dass der Abstand zwischen dem Endpunkt 12.2 und dem Eintrittspunkt 8.2 kleiner ist als der Abstand zwischen dem Endpunkt 12.1 und dem Eintrittspunkt 8.1. Beide Kühlkanäle weisen einen Auslassbereich 14 auf, wobei der Auslassbereich 14.1 des ersten Kühlkanals 10.1 an einer Radialposition angeordnet ist, die weiter außen ist als die Radialposition des Auslassbereichs 14.2 des zweiten Kühlmittelkanals 10.2.

[0028] Damit sind die Auslassöffnungen 20.1, an denen durch die Verbindung mit dem Kühlkanal 10.1 mittels der Auslasskanäle 16.1 Kühlluft in Pfeilrichtung ausströmen kann, radial weiter außen angeordnet als die Auslassöffnungen 20.2 des zweiten Kühlkanals 10.2.

[0029] Wenn man davon ausgeht, dass der Abstand in S-Richtung zwischen den Kühlkanälen 10.1 und 10.2

nur aufgrund der besseren Darstellung überzeichnet ist, wird ersichtlich, dass mit einer derartigen Anordnung ein verhältnismäßig großer Anteil der Vorderseite des Schaufelblatts 4 mit einer Filmkühlung überzogen werden kann, wenn der Abstand zwischen den einzelnen Auslassöffnungen 20 klein genug gewählt ist.

[0030] Der Kühlmechanismus gemäß dieser Ausführung ist aufgrund der Möglichkeit, sowohl die Kühlmittelkanäle 10 als auch die Auslasskanäle 16 und 18 gerade auszubilden - und damit als Bohrungen zu fertigen - fertigungstechnisch verhältnismäßig einfach und damit günstig herzustellen.

Patentansprüche

1. Turbinenlaufschaufel (1) mit einem Schaufelfuß (2) und einem Schaufelblatt (4),
wobei im Schaufelblattinneren zumindest ein ungekühlter Hohlraum (5) vorhanden ist und wobei sich ausgehend von einem an dem Schaufelfuß angeordneten Eintrittspunkt (8) wenigstens ein radialer Kühlmittelkanal (6) in einem Schaufelkörper der Turbinenlaufschaufel bis hin zu einem Endpunkt (12) des Kühlmittelkanals (10) erstreckt,
wobei der betreffende Kühlmittelkanal als gebohrtes Sackloch ausgebildet ist und jeder wenigstens zwei Auslasskanäle (16, 18) vorgesehen sind, die den Kühlmittelkanal zur Leitung von Kühlmittel zu je einer Auslassöffnung (20) an einer Außenwand (22) des Schaufelblatts verbinden,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Schaufelkörper eine Mehrzahl von Kühlmittelkanäle angeordnet ist, wobei jeder der Kühlmittelkanäle wenigstens zwei Auslasskanäle aufweist und/oder
dass die Kühlmittelkanäle jeweils einen Auslassbereich (14) aufweisen, in welchem eine Mehrzahl von Auslasskanälen von dem Kühlmittelkanal ausgehen.
2. Turbinenlaufschaufel gemäß Anspruch 1, wobei an einer Vorderseite (24) und an einer Rückseite (25) des Schaufelblattes jeweils wenigstens eine mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbundene Auslassöffnung angeordnet ist.
3. Turbinenlaufschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei an dem Schaufelblatt eine Mehrzahl von mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbundenen Auslassöffnungen angeordnet ist.
4. Turbinenlaufschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der/die Auslasskanal/-kanäle als Durchgangsbohrungen ausgebildet sind.
5. Turbinenlaufschaufel gemäß einem der vorherigen

Ansprüche,

wobei die Endpunkte von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen (R) der Turbinenlaufschaufel angeordnet sind.

6. Turbinenlaufschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Auslassbereiche von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen der Turbinenlaufschaufel angeordnet sind.

Claims

1. Turbine rotor blade (1) having a blade root (2) and having an aerofoil (4),
wherein at least one uncooled cavity (5) is present in the aerofoil interior, and wherein at least one radial coolant channel (6) extends, in a blade body of the turbine rotor blade, from an entry point (8) arranged at the blade root as far as an end point (12) of the coolant channel (10),
wherein the respective coolant channel is in the form of a drilled blind hole, and there are provided at least two outlet channels (16, 18), by which the coolant channel, for conducting coolant, is connected to in each case one outlet opening (20) on an outer wall (22) of the aerofoil, **characterized in that** a plurality of coolant channels is arranged in the blade body, wherein each of the coolant channels has at least two outlet channels, and/or in that the coolant channels each have an outlet region (14) in which a plurality of outlet channels depart from the coolant channel.
2. Turbine rotor blade according to Claim 1, wherein arranged on a front side (24) and on a rear side (25) of the aerofoil is in each case at least one outlet opening, which is connected to the coolant channel by means of an outlet channel.
3. Turbine rotor blade according to either of the preceding claims, wherein a plurality of outlet openings, connected to the coolant channel by means of an outlet channel, is arranged on the aerofoil.
4. Turbine rotor blade according to one of the preceding claims, wherein the outlet channel(s) are in the form of passage bores.
5. Turbine rotor blade according to one of the preceding claims, wherein the end points of at least two of said coolant channels are arranged at different radial positions (R) of the turbine rotor blade.

6. Turbine rotor blade according to one of the preceding claims,
wherein the outlet regions of at least two of said coolant channels are arranged at different radial positions of the turbine rotor blade.

ces conduits pour du fluide de refroidissement sont disposés en des positions (R) radiales différentes de l'aube mobile de turbine.

Revendications

1. Aube (1) mobile de turbine, ayant une emplanture (2) d'aube et un corps (4) d'aube,
dans laquelle, à l'intérieur du corps de l'aube, il y a au moins une cavité (5) non-refroidie et dans laquelle, à partir d'un point (8) d'entrée disposé sur l'emplanture de l'aube, au moins un conduit (6) radial de fluide de refroidissement s'étend dans une pièce de l'aube mobile de turbine jusqu'à un point (12) final du conduit pour du fluide de refroidissement, le conduit pour le fluide de refroidissement concerné étant constitué sous la forme d'un trou borgne alésé et il est prévu au moins un conduit (16, 18) de sortie sur deux, qui met le conduit pour du fluide de refroidissement, en vue de conduire du fluide de refroidissement, en communication avec respectivement une ouverture (20) de sortie sur une paroi (22) extérieure du corps de l'aube,
caractérisée
en ce que, dans la pièce de l'aube, est disposée une pluralité de conduits pour du fluide de refroidissement, chacun des conduits pour du fluide de refroidissement ayant au moins deux conduits de sortie et/ou
en ce que les conduits pour du fluide de refroidissement ont chacun une partie (14) de sortie, dans laquelle une pluralité de conduits de sortie partent du conduit pour du fluide de refroidissement.
2. Aube mobile de turbine suivant la revendication 1, dans laquelle, sur un côté (24) avant et un côté (25) arrière du corps de l'aube, est disposée respectivement au moins une ouverture de sortie communiquant avec le conduit pour du fluide de refroidissement au moyen d'un conduit de sortie.
3. Aube mobile de turbine suivant l'une des revendications précédentes, dans laquelle, sur le corps de l'aube, est disposée une pluralité d'ouvertures de sortie communiquant avec le conduit pour fluide de refroidissement au moyen d'un conduit de sortie.
4. Aube mobile de turbine suivant l'une des revendications précédentes, dans laquelle le/les conduit/conduits de sortie sont constitués sous la forme de trous traversants.
5. Aube mobile de turbine suivant l'une des revendications précédentes,
dans laquelle les points finaux d'au moins deux de

- 5 6. Aube mobile de turbine suivant l'une des revendications précédentes,
dans laquelle les parties de sortie d'au moins deux de ces conduits pour du fluide de refroidissement sont disposées en des positions radiales différentes de l'aube mobile de turbine.

FIG 1

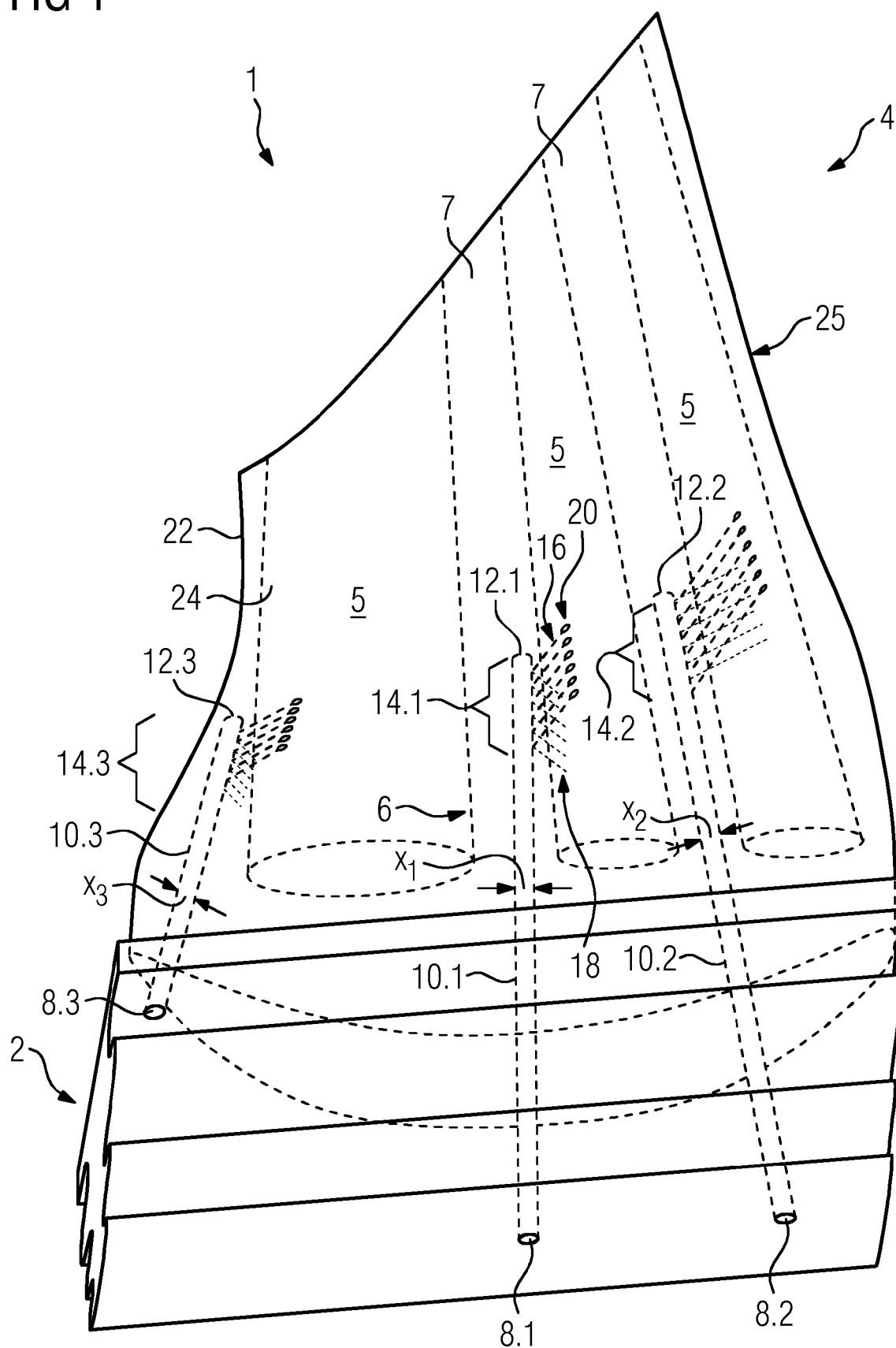
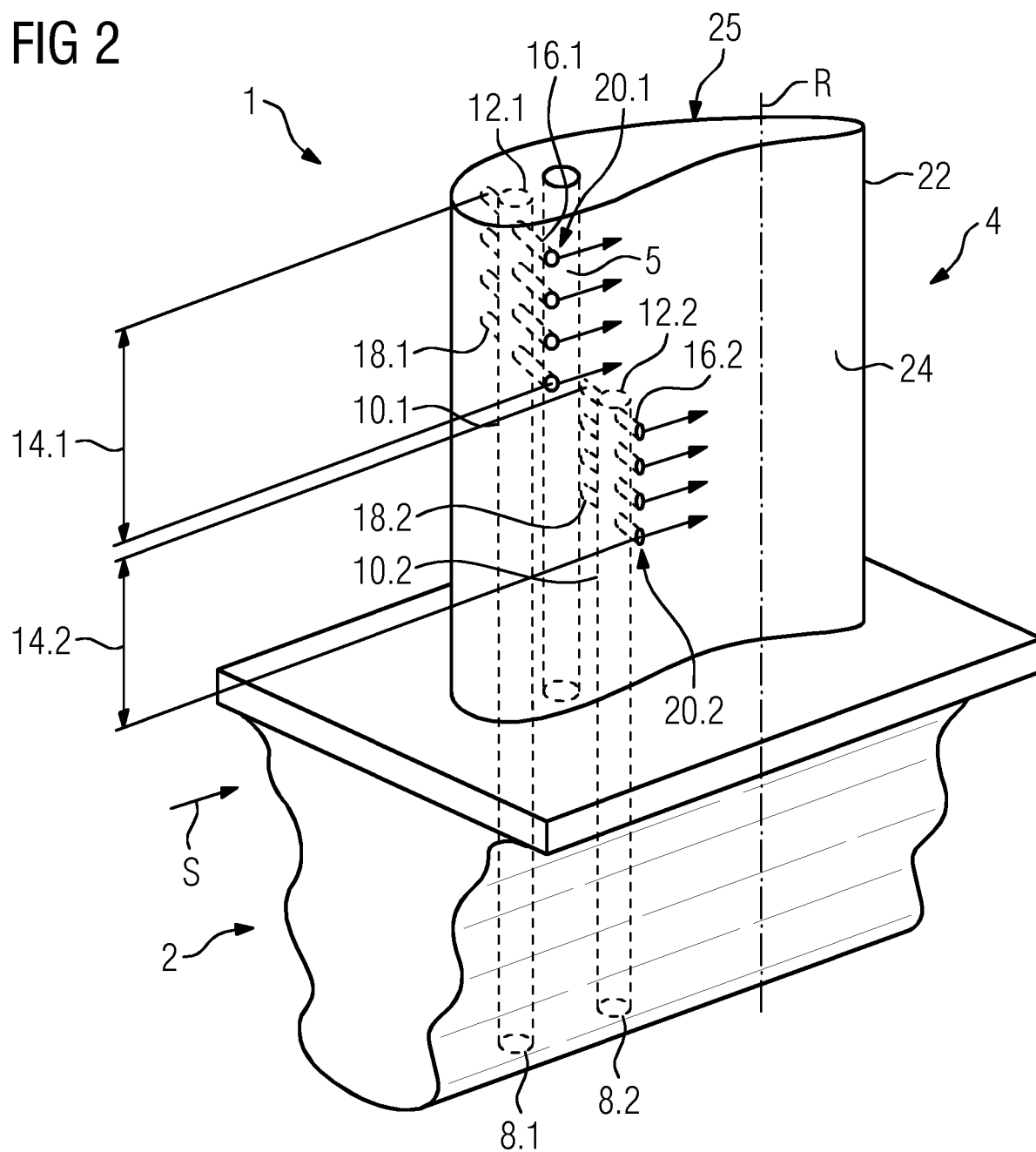


FIG 2



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 1598522 A [0006]