

(19)



(11)

EP 2 260 180 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.10.2017 Patentblatt 2017/40

(51) Int Cl.:
F01D 5/14 ^(2006.01) **F01D 5/18** ^(2006.01)
F01D 9/04 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09726037.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/052570

(22) Anmeldetag: **05.03.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/118235 (01.10.2009 Gazette 2009/40)

(54) **LEITSCHAUFEL FÜR EINE GASTURBINE**

GUIDE VANE FOR A GAS TURBINE

AUBE DIRECTRICE POUR TURBINE A GAZ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK TR**

- **DÜCKERSHOFF, Roland**
56203 Höhr-Grenzhausen (DE)
- **WARDLE, Brian, Kenneth**
CH-5200 Brugg-Lauffohr (CH)

(30) Priorität: **28.03.2008 CH 468082008**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.12.2010 Patentblatt 2010/50

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 908 921 EP-A1- 1 626 162
EP-A2- 1 013 882 GB-A- 811 586
GB-A- 811 921 US-A- 2 823 893
US-A- 3 066 910 US-A- 4 930 980

(72) Erfinder:
• **HOFMANN, Willy Heinz**
CH-5406 Baden (CH)

EP 2 260 180 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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Gasturbinentechnik. Sie betrifft eine Leitschaufel für eine Gasturbine gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch eine mit einer solchen Leitschaufel ausgestattete Gasturbine.

Stand der Technik

[0002] Gasturbinen mit sequentieller Verbrennung sind bekannt und haben sich im industriellen Betrieb bewährt.

[0003] Eine solche Gasturbine, welche in Fachkreisen als GT24/26 bekannt geworden ist, geht beispielsweise aus einem Aufsatz von Joos, F. et al., "Field Experience of the Sequential Combustion System for the ABB GT24/GT26 Gasturbine Family", IGT/ASME 98-GT-220, 1998 Stockholm. Die dortige Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer solchen Gasturbine, wobei die dortige Fig. 1 in der vorliegenden Anmeldung als Fig. 1 wiedergegeben ist. Des Weiteren geht eine solche Gasturbine aus EP-B1-0 620 362 hervor.

[0004] US 4 930 980 A offenbart eine gekühlte Turbinenleitschaufel entsprechend dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0005] Fig. 1 zeigt eine Gasturbine 10 mit sequentieller Verbrennung, bei der entlang einer Achse 19 ein Verdichter 11, eine erste Brennkammer 14, eine Hochdruckturbine (HDT) 15, eine zweite Brennkammer 17 und eine Niederdruckturbine (NDT) 18 angeordnet sind. Der Verdichter 11 und die beiden Turbinen 15, 18 sind Teil eines Rotors, der um die Achse 19 dreht. Der Verdichter 11 saugt Luft an und verdichtet sie. Die verdichtete Luft strömt in ein Plenum ein, und von dort in Vormischbrenner, wo diese Luft mit mindestens einem Brennstoff, mindestens über die Brennstoffzufuhr 12 herangeführten Brennstoff vermischt wird. Solche Vormischbrenner gehen grundsätzlich aus EP-A1-0 321 809 oder EP-A2-0 704 657 hervor.

[0006] Die verdichtete Luft strömt in die Vormischbrenner, wo die Vermischung, wie oben ausgeführt, mit mindestens einem Brennstoff stattfindet. Dieses Brennstoff/Luftgemisch strömt dann in die erste Brennkammer 14 ein, in welche dieses Gemisch unter Bildung einer stabilen Flammenfront zur Verbrennung gelangt. Das so bereitgestellte Heissgas wird in der anschliessenden Hochdruckturbine 15 unter Arbeitsleistung teilweise entspannt und strömt sodann in die zweite Brennkammer 17 ein, wo eine weitere Brennstoffzufuhr 16 stattfindet. Durch die hohen Temperaturen, welche das in der Hochdruckturbine 15 teilentspannte Heissgas immer noch aufweist, findet in der zweiten Brennkammer 17 eine Verbrennung statt, welche auf Selbstzündung beruht. Das in der zweiten Brennkammer 17 nacherhitzte Heissgas wird dann in einer mehrstufigen Niederdruckturbine 18

entspannt.

[0007] Die Niederdruckturbine 18 umfasst in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet mehrere Reihen von Laufschaufeln und Leitschaufeln, die alternierend angeordnet sind. Die Leitschaufeln der in Strömungsrichtung dritten Leitschaufelreihe sind in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 20' versehen.

[0008] Bei den hohen vorherrschenden Heissgastemperaturen in Gasturbinen der neueren Generationen ist es unabdingbar geworden, die Leit- und Laufschaufeln der Turbine nachhaltig zu kühlen. Dazu wird ein gasförmiges Kühlmedium (z.B. verdichtete Luft vom Verdichter der Gasturbine abgezeigt oder Dampf zugeführt. Bei allen Fällen wird das Kühlmedium durch in der Schaufelgebildete (häufig in Serpentina verlaufende) Kühlkanäle geschickt und/oder an verschiedenen Stellen der Schaufel durch entsprechende Öffnungen (Bohrungen, Schlitze) nach aussen geleitet, um insbesondere auf der Aussenseite der Schaufel einen kühlenden Film auszubilden (Filmkühlung). Ein Beispiel für eine derartige gekühlte Schaufel ist in der Druckschrift US-A-5,813,835 beschrieben und dargestellt.

[0009] Die Leitschaufeln 20' in der bekannten Gasturbine aus Fig. 1 sind als gekühlte Schaufeln ausgebildet, die im Inneren in radialer Richtung verlaufende Kühlkanäle aufweisen, wie sie beispielsweise aus der Druckschrift WO-A1-2006029983 bekannt geworden sind. Solche Leitschaufeln werden anhand eines hochtechnologischen Gussverfahrens hergestellt, wobei das Gussmaterial von beiden Seiten (Schaufelkopf und Deckplatte) der Gussform zugeführt wird. Wegen der vergleichsweise dünnen Wände des Schaufelblattes und der im Gussverfahren hergestellten Kanäle und Öffnungen für die Kühlluft hängt die Lebensdauer, der Kühlluftverbrauch sowie die erzielte Kühlwirkung stark von der beim Gussverfahren erzielbaren Präzision ab. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn solche Schaufeln noch eine ausgeprägte Krümmung im Raum aufweisen.

Darstellung der Erfindung

[0010] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung will hier eine Verbesserung vorschlagen. Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Leitschaufel zu schaffen, die unter Berücksichtigung der gusstechnischen Gegebenheiten die Lebensdauer und Kühlung zu maximieren vermag.

[0011] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Wesentlich für die Erfindung ist, dass das Schaufelblatt in radialer Richtung eine Querschnittsfläche des Schaufelmaterials aufweist, die über der Höhe des Schaufelblattes variiert. Hierdurch kann im Hinblick auf die eingesetzte Gusstechnik das Kühlverhalten und die Lebensdauer der Schaufel in gewünschter Weise beeinflusst werden. Unter der Querschnittsfläche des Schaufelmaterials wird dabei die Differenz aus der gesamten Querschnittsfläche des Schaufelblattes und der Querschnittsfläche der Kühlkanäle ver-

standen. Erfindungsgemäß geht die Querschnittsfläche des Schaufelmaterials in Abhängigkeit von der Höhe des Schaufelblattes durch ein Minimum. Erfindungsgemäß liegt die minimale Querschnittsfläche des Schaufelmaterials im Bereich zwischen 20% und 40% der gesamten Höhe des Schaufelblattes.

[0012] Eine andere Ausgestaltung der Leitschaufel nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass sie eine im Raum gekrümmte Form aufweist, dass im Inneren des Schaufelblattes eine Anzahl in radialer Richtung verlaufende Kühlkanäle in Richtung des Heissgasstromes hintereinander angeordnet und durch an den Enden des Schaufelblattes resp. der Kühlkanäle angeordnete Umlenkbereiche miteinander verbunden sind, dass das Kühlmedium die Kühlkanäle nacheinander in wechselnder Richtung durchströmt, und dass die Kühlkanäle in radialer Richtung der Krümmung des Schaufelblattes im Raum folgen.

[0013] Bevorzugt wird eine Gasturbine mit einer solchen erfindungsgemässen Leitschaufel ausgestattet, wobei die Leitschaufel in einer Turbine der Gasturbine angeordnet ist.

[0014] Insbesondere handelt es sich bei der Gasturbine um eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, die eine erste Brennkammer mit einer nachgeschalteten Hochdruckturbine und eine zweite Brennkammer mit einer nachgeschalteten Niederdruckturbine aufweist, wobei die Leitschaufel in der Niederdruckturbine angeordnet ist. (Siehe hierzu die bereits oben angesprochene Fig. 1).

[0015] Bevorzugt weist die Niederdruckturbine in Strömungsrichtung hintereinander mehrere Reihen von Leitschaufeln auf, wobei die erfindungsgemässe Leitschaufel in einer mittleren Leitschaufelreihe angeordnet ist.

Kurze Erläuterung der Figuren

[0016] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht wesentlichen Merkmale sind fortgelassen worden. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben. Es zeigen

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 in einer Seitenansicht auf der Saugseite eine Leitschaufel in der Niederdruckturbine einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung nach Fig. 1 gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung und

Fig. 3 den Längsschnitt durch die Leitschaufel gemäss Fig. 2. Wege zur Ausführung der Erfin-

dung

[0017] In Fig. 2 ist in einer seitlichen Aussenansicht eine Leitschaufel in der Niederdruckturbine einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung nach Fig. 1 gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Leitschaufel 20 umfasst ein im Raum stark gekrümmtes Schaufelblatt 22, das sich in Längsrichtung (in radialer Richtung der Gasturbine) zwischen einem Schaufelkopf 23 und einer Deckplatte 21 erstreckt und in Richtung des Heissgasstromes 29 von einer Vorderkante 27 bis zu einer Hinterkante 28 reicht. Zwischen den beiden Kanten 27 und 28 ist das Schaufelblatt 22 nach aussen durch eine Druckseite (in Fig. 2 auf der dem Betrachter abgewandten Seite) und eine Saugseite 26 begrenzt. Die Leitschaufel 20 ist mittels der auf der Oberseite der Deckplatte 21 ausgebildeten hakenförmigen Befestigungselemente 24 und 25 am Turbinengehäuse befestigt, während sie mit dem Schaufelkopf 23 dichtend am Rotor anliegt.

[0018] Der innere Aufbau der Leitschaufel 20 ist in Fig. 3 dargestellt: Das Schaufelblatt wird in Längsrichtung von drei Kühlkanälen 30, 31 und 32 durchzogen, die der Krümmung des Schaufelblattes im Raum folgen und in Richtung des Heissgasstromes 29 hintereinander angeordnet und durch an den Enden des Schaufelblattes angeordnete Umlenkbereiche so miteinander verbunden sind, dass das Kühlmedium die Kühlkanäle 30, 31, 32 nacheinander in wechselnder Richtung durchströmt.

[0019] Das Schaufelblatt 22 mit seinen innen liegenden Kühlkanälen 30, 31, 32 ist nach aussen durch Wände 33, 36 begrenzt, während die Kühlkanäle 30, 31, 32 untereinander durch Wände 34 und 35 abgegrenzt sind. Die Gesamtquerschnittsfläche der Wände 33,...,36 in radialer Richtung, d.h. in Richtung der Höhe h des Schaufelblattes 22, ergibt sich als Differenz des Schaufelblatt-Querschnitts und des Querschnitts der Kühlkanäle 30, 31, 32. Diese Flächendifferenz ist die integrale Querschnittsfläche des Schaufelmaterials. Da beim Giessen der Leitschaufel 20 das Gussmaterial von zwei Seiten, nämlich von dem Schaufelkopf und der Deckplatte 23 bzw. 21 her, in die Gussform einfliesst, ist es für den Erfolg und die Präzision des Gusses von Vorteil, wenn bei der Auslegung der Schaufel die Querschnittsfläche des Schaufelmaterials über der Höhe h variiert, indem insbesondere diese Querschnittsfläche ein Minimum durchläuft. Das Minimum der Querschnittsfläche befindet sich im Bereich zwischen 20% und 40% der Höhe h des Schaufelblattes 22 bzw. im Bereich von $0,2h$ bis $0,4h$, wie dies in Fig. 3 durch die gestrichelten Grenzen angedeutet ist.

[0020] Durch diese Auslegung wird die Form des Schaufelprofils im Hinblick auf Querschnittsfläche, Wandstärke, Sehnenlänge und Kühlkanalquerschnitt beeinflusst. Mit einer entsprechenden Verteilung dieser Parameter über die Schaufelblatthöhe werden die zugrundegelegten Anforderungen hinsichtlich der Lebensdauer der Schaufel, der erzielbaren Kühlung und des

Kühlluft-Verbrauchs erzielt.

[0021] Mit der optimierten Verteilung des Schaufelmaterials entlang des Schaufelblattes wird beim Giessen der Schaufel das Auftreten von Porositäten minimiert. Hierdurch erhöht sich die Qualität der gegossenen Schaufelblätter, was zu einer verbesserten Effizienz, insbesondere was die Kühlung betrifft, zu einer erhöhten Lebensdauer und zu reduzierten Kosten bei der Herstellung führt.

[0022] Mit Vorteil können die erfindungsgemässen Leitschaufeln in Gasturbinen mit sequentieller Verbrennung eingesetzt werden, und zwar insbesondere in den mittleren Leitschaufelreihen der Niederdruckturbine, die der zweiten Brennkammer nachgeschaltet ist.

Bezugszeichenliste

[0023]

10	Gasturbine
11	Verdichter
12,16	Brennstoffzufuhr
13	EV-Brenner, Vormischbrenner
14,17	Brennkammer
15	Hochdruckturbine
18	Niederdruckturbine
19	Achse
20,20'	Leitschaufel
21	Deckplatte (Deckband)
22	Schaufelblatt
23	Schaufelkopf
24,25	Befestigungselement (hakenförmig)
26	Saugseite
27	Vorderkante
28	Hinterkante
29	Heissgasstrom
30,31,32	Kühlkanal
33,...,36	Wand (Schaufelblatt)
h	Höhe (Schaufelblatt)

Patentansprüche

1. Leitschaufel (20) für eine Gasturbine (10), welche Leitschaufel (20) ein sich in radialer Richtung zwischen einem Schaufelkopf (23) und einer Deckplatte (21) erstreckendes Schaufelblatt (22) aufweist, in dessen Innerem Kühlkanäle (30, 31, 32) verlaufen, durch die ein Kühlmedium zum Kühlen der Leitschaufel (20) strömt, wobei das Schaufelblatt (22) in radialer Richtung eine Querschnittsfläche des Schaufelmaterials aufweist, die sich als Differenz aus der gesamten Querschnittsfläche des Schaufelblattes und der Querschnittsfläche der Kühlkanäle ergibt, wobei die Querschnittsfläche des Schaufelmaterials über die Höhe (h) des Schaufelblattes (22) variiert, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querschnittsfläche des Schaufelmaterials in Abhängig-

keit von der Höhe (h) des Schaufelblattes (22) durch ein Minimum geht, und dass die minimale Querschnittsfläche des Schaufelmaterials im Bereich zwischen 20% und 40% der gesamten Höhe (h) des Schaufelblattes (22) liegt.

2. Leitschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmedium Luft und/oder Dampf ist.

3. Leitschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaufelblatt eine im Raum gekrümmte Form aufweist, dass im Inneren des Schaufelblattes (22) drei in radialer Richtung verlaufende Kühlkanäle (30, 31, 32) in Richtung des Heissgasstromes (29) hintereinander angeordnet und durch an den Enden des Schaufelblattes (22) angeordnete Umlenkbereiche miteinander verbunden sind, dass das Kühlmedium die Kühlkanäle (30, 31, 32) nacheinander in wechselnder Richtung durchströmt, und dass die Kühlkanäle (30, 31, 32) in radialer Richtung der Krümmung des Schaufelblattes (22) im Raum folgen.

4. Gasturbine (10) mit einer Leitschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitschaufel (20) in einer Turbine (15, 18) der Gasturbine (10) angeordnet ist.

5. Gasturbine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasturbine (10) eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung ist, die eine erste Brennkammer (14) mit einer nachgeschalteten Hochdruckturbine (15) und eine zweite Brennkammer (17) mit einer nachgeschalteten Niederdruckturbine (18) aufweist, und dass die Leitschaufel (20) in der Niederdruckturbine (18) angeordnet ist.

6. Gasturbine nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Niederdruckturbine in Strömungsrichtung hintereinander mehrere Reihen von Leitschaufeln aufweist, und dass die Leitschaufel (20) in einer mittleren Leitschaufelreihe angeordnet ist.

Claims

1. Guide vane (20) for a gas turbine (10), which guide vane (20) comprises a blade (22) which extends in the radial direction between a blade head (23) and a cover plate (21) and in the interior of which cooling channels (30, 31, 32) run, through which a cooling medium flows for cooling the guide vane (20), wherein the blade (22) in the radial direction has a cross-section area of the blade material which results as the difference between the total cross-section area of the blade and the cross-section area of the cooling

channels, wherein the cross-section area of the blade material varies over the height (h) of the blade (22), **characterised in that** the cross-section area of the blade material passes through a minimum depending on the height (h) of the blade (22), and that the minimum cross-section area of the blade material lies in the range between 20% and 40% of the total height (h) of the blade (22).

2. Guide vane according to claim 1, **characterised in that** the cooling medium is air and/or steam.
3. Guide vane according to one of claims 1 to 2, **characterised in that** the blade has a spatially curved form, that in the interior of the blade (22), three cooling channels (30, 31, 32) running in the radial direction are arranged behind each other in the direction of the hot gas flow (29) and connected together by deflection regions arranged at the ends of the blade (22), that the cooling medium flows through the cooling channels (30, 31, 32) successively in alternating directions, and that the cooling channels (30, 31, 32) spatially follow the curvature of the blade (22) in the radial direction.
4. Gas turbine (10) with a guide vane according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the guide vane (20) is arranged in a turbine (15, 18) of the gas turbine (10).
5. Gas turbine according to claim 4, **characterised in that** the gas turbine (10) is a gas turbine with sequential combustion which comprises a first combustion chamber (14) with a downstream high-pressure turbine (15), and a second combustion chamber (17) with a downstream low-pressure turbine (18), and that the guide vane (20) is arranged in the low-pressure turbine (18).
6. Gas turbine according to claim 5, **characterised in that** the low-pressure turbine has several rows of guide vanes behind each other in the flow direction, and that the guide vane (20) is arranged in a middle row of guide vanes.

Revendications

1. Aube directrice (20) pour une turbine à gaz (10), cette aube directrice (20) comprenant une pale (22) s'étendant dans la direction radiale entre une tête d'aube (23) et une plaque de recouvrement (21), à l'intérieur de laquelle s'étendent des canaux de refroidissement (30, 31, 32) à travers lesquels s'écoule un fluide de refroidissement pour le refroidissement de l'aube directrice (20), la pale (22) comprenant, dans la direction radiale, une surface de section transversale du matériau de l'aube, qui constitue la

différence entre la surface de section transversale de la pale et la surface de section transversale des canaux de refroidissement, la surface de section transversale du matériau de l'aube variant sur la hauteur (h) de la pale (22), **caractérisée en ce que** la surface de section transversale du matériau de l'aube passe par un minimum en fonction de la hauteur (h) de la pale (22) et **en ce que** la surface de section transversale minimale du matériau de l'aube se trouve dans une plage de 20 % à 40 % de la hauteur totale (h) de la pale (22).

2. Aube directrice selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le fluide de refroidissement est de l'air et/ou de la vapeur.
3. Aube directrice selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisée en ce que** la pale présente une forme incurvée dans l'espace, **en ce que**, à l'intérieur de la pale (22) sont disposés trois canaux de refroidissement (30, 31, 32) s'étendant dans la direction radiale les uns derrière les autres dans la direction du flux de gaz chaud (29), qui sont reliés entre eux par des zones de déviation disposées au niveau des extrémités de la pale (22), **en ce que** le fluide de refroidissement traverse les canaux de refroidissement (30, 31, 32) les uns après les autres dans des directions alternées et **en ce que** les canaux de refroidissement (30, 31, 32) suivent, dans la direction radiale, la courbure de la pale (22) dans l'espace.
4. Turbine à gaz (10) avec une aube directrice selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** l'aube directrice (20) est disposée dans une turbine (15, 18) de la turbine à gaz (10).
5. Turbine à gaz selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la turbine à gaz (10) est une turbine à gaz à combustion séquentielle qui comprend une première chambre de combustion (14) avec une turbine à haute pression (15) en aval et une deuxième chambre de combustion (17) avec une turbine à basse pression (18) en aval, et **en ce que** l'aube directrice (20) est disposée dans la turbine à basse pression (18).
6. Turbine à gaz selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** la turbine à basse pression comprend plusieurs rangées d'aubes directrices disposées les unes derrière les autres dans le sens d'écoulement et **en ce que** l'aube directrice (20) est disposée dans une rangée centrale d'aubes directrices.

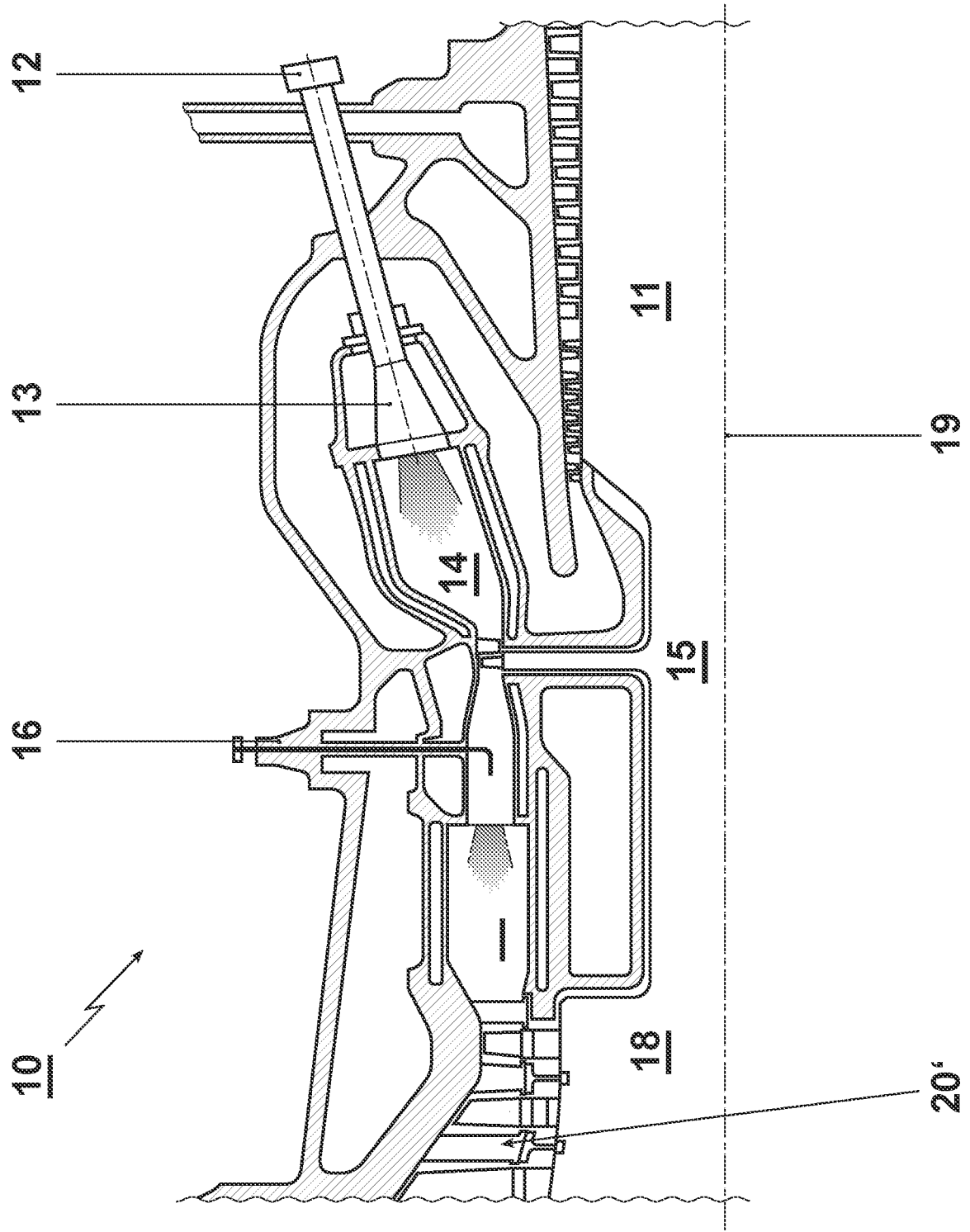


FIG. 1

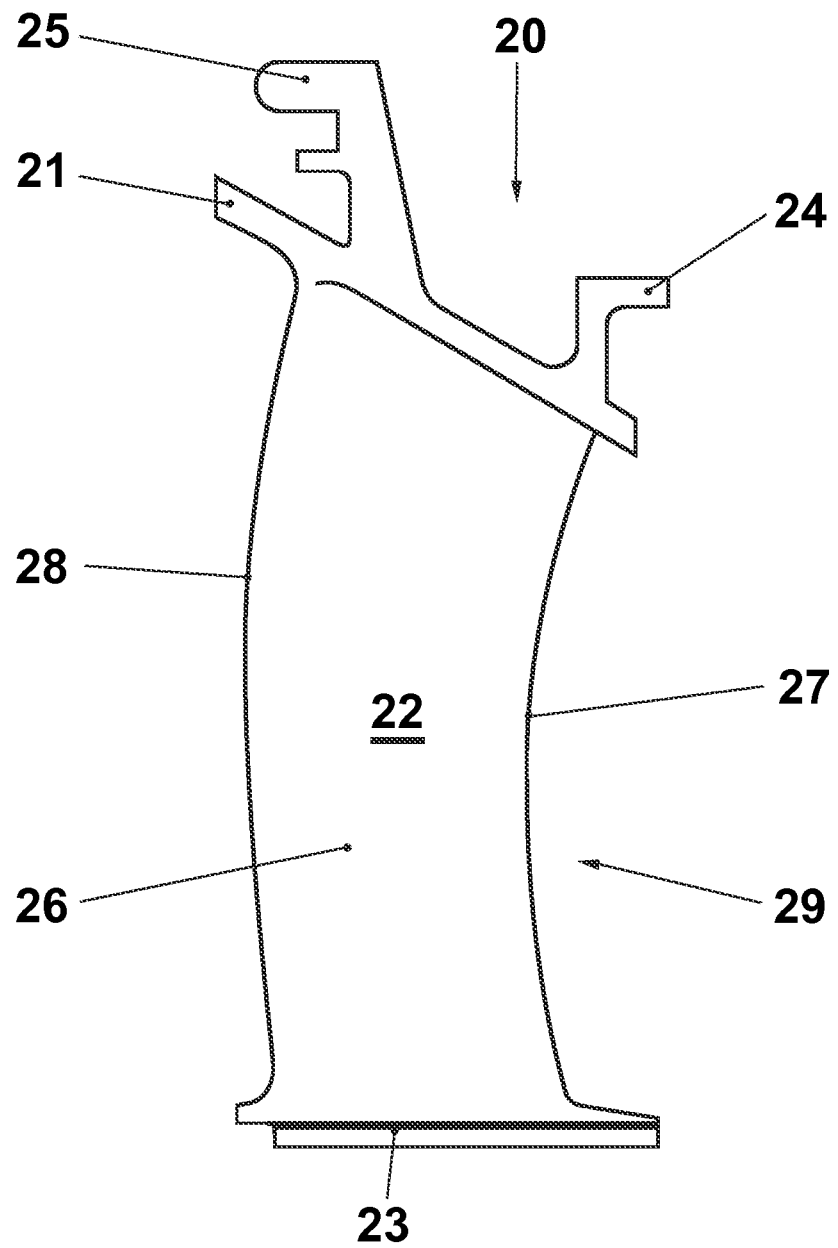


FIG. 2

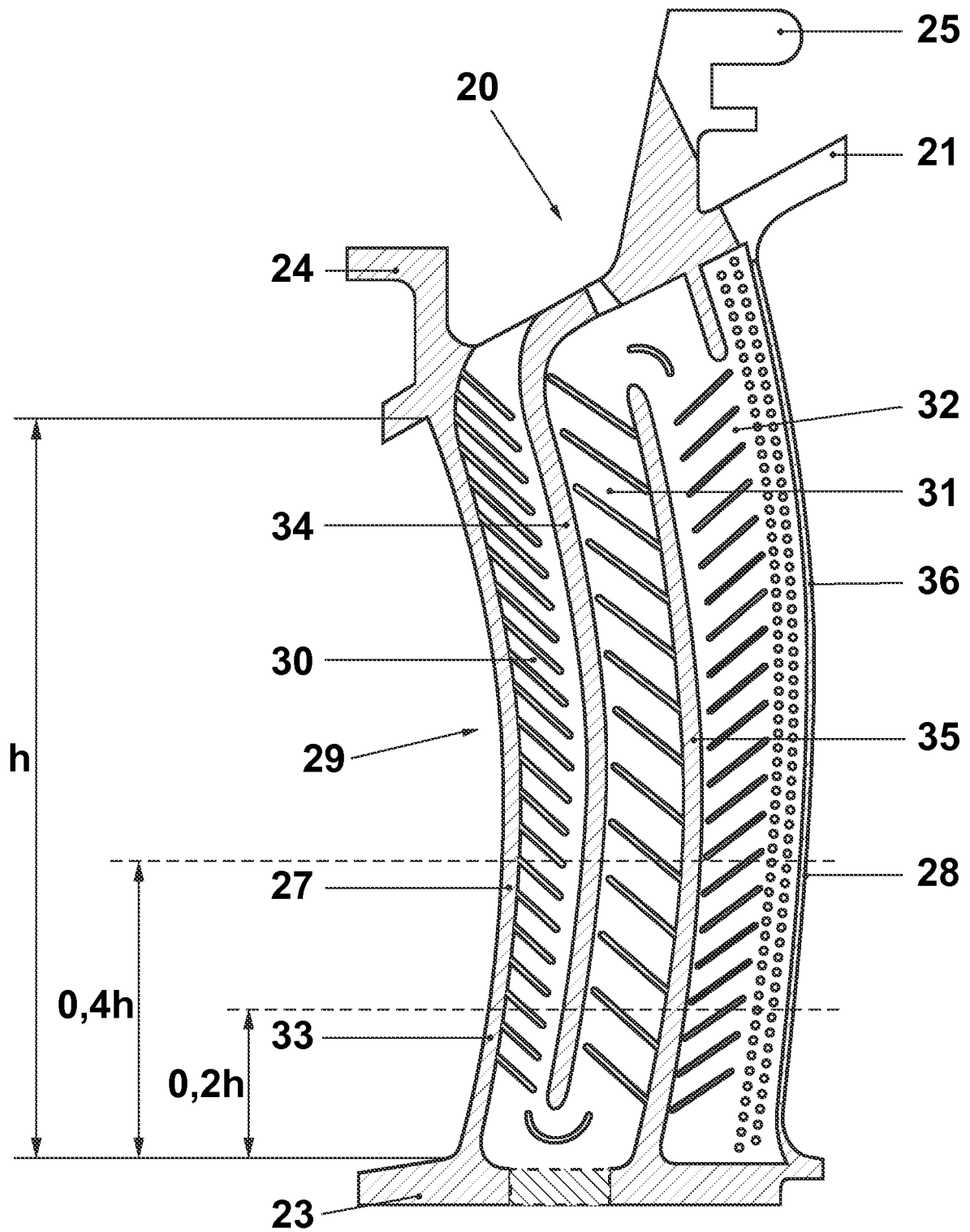


FIG. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0620362 B1 [0003]
- US 4930980 A [0004]
- EP 0321809 A1 [0005]
- EP 0704657 A2 [0005]
- US 5813835 A [0008]
- WO 2006029983 A1 [0009]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **JOOS, F. et al.** Field Experience of the Sequential Combustion System for the ABB GT24/GT26 Gas-turbine Family. *IGTI/ASME 98-GT-220*, 1998 [0003]