

(19)



(11)

EP 2 148 977 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.08.2010 Patentblatt 2010/33

(51) Int Cl.:
F01D 5/08 (2006.01) F01D 25/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08758019.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2008/000758

(22) Anmeldetag: **02.05.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/141609 (27.11.2008 Gazette 2008/48)

(54) **GASTURBINE**

GAS TURBINE

TURBINE À 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 MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **18.05.2007 DE 102007023380**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.02.2010 Patentblatt 2010/05

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **WEIDMANN, Wilfried**
85253 Erdweg (DE)
• **WIRTH, Moritz**
12101 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 785 588 CA-A- 995 014
US-A- 2 680 001 US-A1- 2005 089 399

EP 2 148 977 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 Gasturbine mit einem Rotor, der einen Turbinenrotor, eine Welle und einen Verdichterrotor umfasst und im Falle einer mehrwelligen Gasturbine Teil des Niederdrucksystems ist, wobei der Turbinenrotor mindestens eine beschauelte Laufscheibe und einen von der oder einer Laufscheibe zur Welle führenden Rotorkonus aufweist, und wobei das stromabwärtige Ende der Welle in einem Lager mit Lagerkammer drehbar abgestützt ist, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine solche Anordnung ist in der Patentschrift US 2 680 001 A beschrieben.

[0002] Zukünftige Triebwerkskonzepte benötigen zur Erfüllung der geforderten Spezifikationen schnell laufende Niederdruckturbinen mit hohem AN^2 , hohen Turbineneintrittstemperaturen und kompakten, kurzen Bauweisen. Zur Vermeidung von Heißgaseinbruch aus dem Hauptstrom, und um den Lagerschub am Festlager des Niederdrucksystems einzustellen, ist es notwendig, den Hohlraum (CAVITY) zwischen der letzten Turbinenstufe und dem Turbinenaustrittsgehäuse (TEC) mit Luft zu beaufschlagen. Zur optimalen Gestaltung dieser Turbinenscheibe ist ein thermisch ausgeglichenes Design (Vermeidung von axialen Temperaturgradienten) erforderlich. Diese Luft wird bei ausgeführten Niederdruckturbinen üblicherweise am Niederdruckverdichter abgezapft und durch die Niederdruckturbinenwelle zur hinteren TEC-Lagerkammer geführt. Diese Luft wird als Sperrluft am Lager und zur Belüftung der hinteren CAVITY verwendet. Bedingt durch die limitierte Sperrlufttemperatur (Ölfeuer, Verkoken etc.) ist die Temperatur dieser Sperrluft deutlich kälter als die Kühlluft, mit welcher die gegenüberliegende Seite der Laufscheibe beaufschlagt wird. Dadurch entsteht ein axialer Temperaturgradient über der Scheibe, welcher eine gewichtsoptimierte Gestaltung der Laufscheibe der Rotoranbindung erschwert. Bedingt durch die für schnelllaufende Triebwerkskonzepte notwendigen, weit nach innen gezogenen Scheibenkörper und die kompakte Bauweise, ist nur ein sehr kurzer Rotorkonus zur Anbindung an der Welle möglich. Durch diese reduzierte Abklinglänge ist die mechanische Auslegung (LCF-Lebensdauer) schwierig. Im Besonderen ist ein starker Temperaturgradient über den Rotorkonus der Wellenanbindung und an der zugehörigen Scheibe nicht mehr akzeptabel.

[0003] Die Luftführung bei einer konventionellen Niederdruckturbine ist beispielsweise in Fig. 1 dargestellt. Dabei wird der Konus der Rotoranbindung beidseitig mit Luft unterschiedlicher Temperatur beaufschlagt. Vor der Wellenanbindung herrscht die Temperatur der Laufschaufelkühlluft, hinter der Wellenanbindung am Turbinenaustrittsgehäuse (TEC) die Temperatur der Lager-sperrluft. Daraus ergeben sich Temperaturunterschiede mit hohen Thermospannungen im Rotorkonus und der zugehörigen Laufscheibe.

[0004] Demgegenüber besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Gasturbine mit einem Rotor vorzuschla-

gen, der einen Turbinenrotor, eine Welle und einen Verdichterrotor umfasst und im Falle einer mehrwelligen Gasturbine Teil des Niederdrucksystems ist, wobei durch ein thermisch ausgeglichenes Design im Bereich des Turbinenrotors und seiner Wellenanbindung eine hohe Lebensdauer erzielt wird.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen dessen Oberbegriff. Dabei weist die Welle im Bereich der Anbindung des Rotorkonus eine Aufweitung mit einem vergrößerten Innen- und Außendurchmesser auf, an deren stromaufwärtigem Ende Öffnungen für den Eintritt von Kühlluft in den erweiterten Innenraum der Welle, und an deren stromabwärtigem Ende Öffnungen für den Austritt von Kühlluft in den Raum zwischen Lagerkammer und Rotorkonus vorhanden sind. Der erweiterte Innenraum der Welle ist gegenüber den durchgehenden Innenraum der Welle mit einer Wand zur Trennung von Kühl- und Sperrluft abgedichtet. Dadurch wird erreicht, dass der Rotorkonus und die zugehörige Laufscheibe im Sinne eines thermischen Ausgleichs beidseitig mit Kühlluft etwa gleicher Temperatur beaufschlagt werden. Eine ggf. aus der Lagerkammer austretende, der Kühlluft zugemischte kleine Sperrluftmenge mit geringerer Temperatur spielt dabei keine maßgebliche Rolle.

[0006] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0007] Der gattungsbildende Stand der Technik und die Erfindung wird anschließend anhand der Figuren noch näher erläutert. Dabei zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

Fig. 1 einen Teillängsschnitt durch einen Turbinenrotor mit Wellenanbindung und Lagerung mit konventioneller Luftführung,

Fig. 2 einen Teillängsschnitt durch einen Turbinenrotor mit Wellenanbindung, Lagerung und Luftführung gemäß vorliegender Erfindung.

[0008] Der Turbinenrotor 2 in Fig. 1 umfasst drei beschauelte Laufscheiben 6, 7 und 8.

[0009] Von der mittleren Laufscheibe 7 führt ein Rotorkonus 10 zu der zugehörigen Welle 12 und ist an dieser angeflanscht. Die Welle 12 ist an ihrem stromabwärtigen Ende in einem Lager 14 drehbar abgestützt. Das Lager 14 ist in einer Lagerkammer 16 angeordnet, die wiederum Teil eines Turbinenaustrittsgehäuses 18 ist. Am Welleneintritt ist die Lagerkammer 16 mittels zweier axial beabstandeter Dichtungen 41, 42 nicht-hermetisch abgedichtet. In dem Raum radial außerhalb der Welle 12 und stromaufwärts des Rotorkonus 10 strömt Kühlluft 22. Durch die Verwendung zur Schaufelkühlung im Hochtemperatur- und Hochdruckbereich weist diese eine erhöhte, aber immer noch zu Kühlzwecken geeignete Temperatur auf. Durch das Innere der Welle 12 wird Sperrluft 20 mit einer gegenüber der Kühlluft 22 deutlich niedrige-

ren Temperatur geführt. Die Sperrluft 20 wird aus der Welle 12 heraus zwischen die Dichtungen 41, 42 geführt und strömt zum Teil in die Lagerkammer 16, zum Teil in den Raum zwischen dem Turbinenrotor 2 und dem Turbinenaustrittsgehäuse 18. Somit liegen stromaufwärts des Rotorkonus 10 und stromabwärts von diesem unterschiedliche Lufttemperaturen vor, was zu Thermospannungen und einer verkürzten Lebensdauer der Rotoranbindung führt.

[0010] Demgegenüber zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung nach Fig. 2 durch konstruktive Änderungen aus, welche zu einer geänderten Lufttemperaturverteilung führen. Von dem Turbinenrotor 1 sind drei Laufscheiben 3, 4 und 5 erkennbar. Mit der hintersten Laufscheibe 5 ist ein zur zugehörigen Welle 11 führender Rotorkonus 9 integral verbunden. Der Rotorkonus 9 ist mit der Welle 11 lösbar verbunden. Die Anbindung 33 (siehe Pfeil) wird im dargestellten Fall über eine Verzahnung 34, zwei Presssitze 35, 36, einen axialen Anschlag 37 sowie eine Verschraubung 38 bewerkstelligt. Die Welle 11 weist im Bereich der Anbindung 33 eine Aufweitung 27 mit vergrößertem Innen- und Außendurchmesser auf. In dem Raum 23 stromaufwärts bzw. außerhalb des Rotorkonus 9 und radial außerhalb der Welle 11 befindet sich Kühlluft 21 mit erhöhter Temperatur. Im Innenraum 25 der Welle 11 strömt demgegenüber Sperrluft 19 mit niedrigerer Temperatur. Durch Öffnungen 28 am stromaufwärtigen Ende der Aufweitung 27 kann Kühlluft 21 in das Welleninnere eintreten. Durch Öffnungen 29 am stromabwärtigen Ende der Aufweitung 27 kann die selbe Kühlluft 21 wieder aus dem Welleninneren austreten und in den Raum 24 stromabwärts des Rotorkonus 9 eintreten. Damit sich die Sperrluft 19 und die Kühlluft 21 im Welleninneren nicht vermischen, ist eine trennende Wand 31, hier in Form einer Buchse, installiert. Somit steht der zwischen der Wand 31 und der Aufweitung 27 befindliche, ringförmige Innenraum 26 nur mit den Räumen 23 und 24 in direkter Verbindung. Der Strom der Sperrluft 19 wird im dargestellten Fall mittels eines zentrischen Rohres 32 am Außenumfang des Innenraumes 25 konzentriert, was nicht zwingend erforderlich ist. Die Sperrluft 19 wird bekannter Weise über Öffnungen 30 aus der Welle heraus zwischen zwei axial beabstandete Dichtungen 39, 40, hier in Form von Bürstendichtungen, geleitet. Von dort gelangt ein Teil der Sperrluft 19 in das Innere der Lagerkammer 15 des Lagers 13. Der andere Teil der Sperrluft 19 tritt über die nicht-hermetische Dichtung 39 in den Raum 24 ein und mischt sich dort mit Kühlluft 21. Da der aus den Öffnungen 29 austretende Kühlluftstrom erheblich größer als der aus der Dichtung 39 austretende Sperrluftstrom ist, weicht die sich ergebende Mischtemperatur im Raum 24 nur unwesentlich von der Ausgangstemperatur der Kühlluft 21 ab. Dadurch wird erreicht, dass beiderseits des Rotorkonus 9, der Anbindung 33 sowie der Laufscheibe 5 etwa die gleiche Temperatur herrscht. Somit werden Thermospannungen in der erfindungsgemäßen Rotoranbindung auf ein Minimum reduziert, die Lebensdauer wird gegenüber den be-

kannten Lösungen erheblich erhöht. Der mechanisch höchst kritische Rotorkonus 9 kann ohne Durchbrüche, Bohrungen etc. ausgeführt werden. Die Öffnungen 28 und 29 im Bereich der stabilen Aufweitung 27 der Welle 11 sind demgegenüber unkritisch. Abschließend sei noch erwähnt, dass das Turbinenaustrittsgehäuse 17 in Fig. 2 nur minimal angedeutet ist.

10 Patentansprüche

1. Gasturbine mit einem Rotor, der einen Turbinenrotor (1), eine Welle (11) und einen Verdichterrotor umfasst und im Falle einer mehrwelligen Gasturbine Teil des Niederdrucksystems ist, wobei der Turbinenrotor (1) mindestens eine beschauelte Laufscheibe (3, 4, 5) und einen von der oder einer Laufscheibe (5) zur Welle (11) führenden Rotorkonus (9) aufweist, wobei das stromabwärtige Ende der Welle (11) in einem Lager (13) mit Lagerkammer (15) drehbar abgestützt ist, wobei der Innenraum (25) der Welle (11) als zur Lagerkammer (15) führender Strömungskanal für Sperrluft (19) ausgeführt ist, und wobei der den Rotorkonus (9) stromaufwärts umgebende Raum (23) als Strömungsraum für zur Laufschaufelkühlung verwendete Kühlluft (21) ausgeführt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Welle (11) im Bereich der Anbindung (33) des Rotorkonus (9) eine Aufweitung (27) mit einem vergrößerten Innen- und Außendurchmesser aufweist, an deren stromaufwärtigem Ende Öffnungen (28) für den Eintritt von Kühlluft (21) in den erweiterten Innenraum (26) der Lagerkammer (15), und an deren stromabwärtigem Ende Öffnungen (29) für den Austritt von Kühlluft (21) in den Raum (24) zwischen Lagerkammer (15) und Rotorkonus (9) vorhanden sind, und dass der erweiterte Innenraum (26) gegenüber dem durchgehenden Innenraum (25) der Welle (11) mit einer Wand (31) zur Trennung von Kühl- (21) und Sperrluft (19) abgedichtet ist.
2. Gasturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerkammer (15) Teil eines stromabwärts des Turbinenrotors (1) angeordneten Turbinenaustrittsgehäuses (17) ist.
3. Gasturbine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Innenraum (25) der Welle (11) koaxial mit radialem Abstand ein Rohr (32) zur Bildung eines ringförmigen Strömungskanals für die Sperrluft (19) angeordnet ist.
4. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungskanal für die Sperrluft (19) durch Öffnungen (30) in der Welle (11) radial nach Außen zwischen zwei axial beabstandete, nicht-hermetische Dichtungen (39, 40), z.B. in Form von Bürstendichtungen, der Lager-

kammer (15) führt.

5. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotorkonus (9) auf der Aufweitung (27) der Welle (11) über eine in Umfangsrichtung formschlüssige Verzahnung (34), über axial beiderseits der Verzahnung (34) angeordnete Presssitze (35, 36), über einen axialen Anschlag (37) sowie über eine axial wirkende Verschraubung (38) befestigt ist.

Claims

1. A gas turbine having a rotor which comprises a turbine rotor (1), a shaft (11) and a compressor rotor and, in the case of a multi-shaft gas turbine, is part of the low-pressure system, wherein the turbine rotor (1) has at least one bladed rotor disc (3, 4, 5) and a rotor cone (9) leading from the or one rotor disc (5) to the shaft (11), wherein the downstream end of the shaft (11) is rotatably stayed in a bearing (13) with a bearing chamber (15), wherein the interior space (25) of the shaft (11) is realized as a flow channel for sealing air (19) leading to the bearing chamber (15), and wherein the space (23) surrounding the rotor cone (9) upstream is realized as a flow space for cooling air (21) that is used for rotor-blade cooling, **characterised in that** the shaft (11) has in the region of the tying (33) of the rotor cone (9) a widened portion (27) with an enlarged inside and outside diameter, provided at whose upstream end there are openings (28) for the entry of cooling air (21) into the widened interior space (26) of the bearing chamber (15) and at whose downstream end there are openings (29) for the exit of cooling air (21) into the space (24) between the bearing chamber (15) and the rotor cone (9), and **in that** the widened interior space (26) is sealed with respect to the through-going interior space (25) of the shaft (11) by a wall (31) for the separation of the cooling air (21) and the sealing air (19).
2. A gas turbine according to claim 1, **characterised in that** the bearing chamber (15) is part of a turbine exit housing (17) that is arranged downstream of the turbine rotor (1).
3. A gas turbine according to claim 1 or 2, **characterised in that** a tube (32) for the formation of an annular flow channel for the sealing air (19) is arranged in the interior space (25) of the shaft (11) coaxially with radial spacing.
4. A gas turbine according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the flow channel for the sealing air (19) leads through openings (30) in the shaft (11) radially outwards between two axially spaced, non-

hermetic seals (39, 40), for example in the form of brush seals, of the bearing chamber (15).

5. A gas turbine according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the rotor cone (9) is secured on the widened portion (27) of the shaft (11) by way of a tooth construction (34) that is form-closing in the circumferential direction, by way of press fits (35, 36) arranged axially on both sides of the tooth construction (34), by way of an axial stop (37) and also by way of an axially acting screw connection (38).

Revendications

1. Turbine à gaz comportant un rotor, qui comprend un rotor de turbine (1), un arbre (11) et un rotor de compresseur et qui, dans le cas d'une turbine à gaz à plusieurs arbres, fait partie du système basse pression, le rotor de turbine (1) comportant au moins un disque de turbine (3, 4, 5) muni de pales et un cône (9) menant depuis le ou l'un des disques de turbine (5) vers l'arbre (11), l'extrémité aval de l'arbre (11) étant supportée de manière rotative dans un palier (13) avec une chambre (15), la partie intérieure (25) de l'arbre (11) étant réalisée sous la forme d'un conduit aéraulique pour l'air d'isolation (19), menant vers la chambre (15) du palier, et le compartiment (23), entourant en amont le cône (9) du rotor, étant réalisé sous la forme d'un compartiment aéraulique pour l'air de refroidissement (21) utilisé pour le refroidissement des pales, **caractérisée en ce que** l'arbre (11) comporte, dans la zone de la fixation (33) du cône (9) du rotor, un élargissement (27) avec un diamètre intérieur et un diamètre extérieur agrandis, dont les extrémités amont sont munies d'ouvertures (28) pour l'entrée de l'air de refroidissement (21) dans la partie intérieure (26) élargie de la chambre (15) du palier, et dont les extrémités aval sont munies d'ouvertures (29) pour l'évacuation de l'air de refroidissement (21) dans le compartiment (24) entre la chambre (15) du palier et le cône (9) du rotor, et **en ce que** la partie intérieure (26) élargie est rendue étanche par rapport à la partie intérieure (25) continue de l'arbre (11) au moyen d'une cloison (31) pour la séparation entre l'air de refroidissement (21) et l'air d'isolation (19).
2. Turbine à gaz selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre (15) du palier fait partie d'un carter de sortie de turbine (17), disposé en aval du rotor de turbine (1).
3. Turbine à gaz selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** dans la partie intérieure (25) de l'arbre (11) est disposé, coaxialement avec une distance radiale, un tube (32), afin de former un conduit aéraulique annulaire pour l'air d'isolation (19).

4. Turbine à gaz selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le conduit aéraulique pour l'air d'isolation (19) mène, via des ouvertures (30) dans l'arbre (11), radialement vers l'extérieur entre deux garnitures d'étanchéité (39, 40) non hermétiques de la chambre (15) du palier, par exemple sous la forme de garnitures d'étanchéité à balais, situées à distance axiale l'une de l'autre. 5
5. Turbine à gaz selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** le cône (9) du rotor est fixé sur l'élargissement (27) de l'arbre (11) par une denture (34) engrenant dans la direction circonférentielle, par des logements sans jeu (35, 36), disposés axialement de part et d'autre de la denture (34), par une butée (37) axiale, ainsi que par un assemblage vissé (38) à action axiale. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

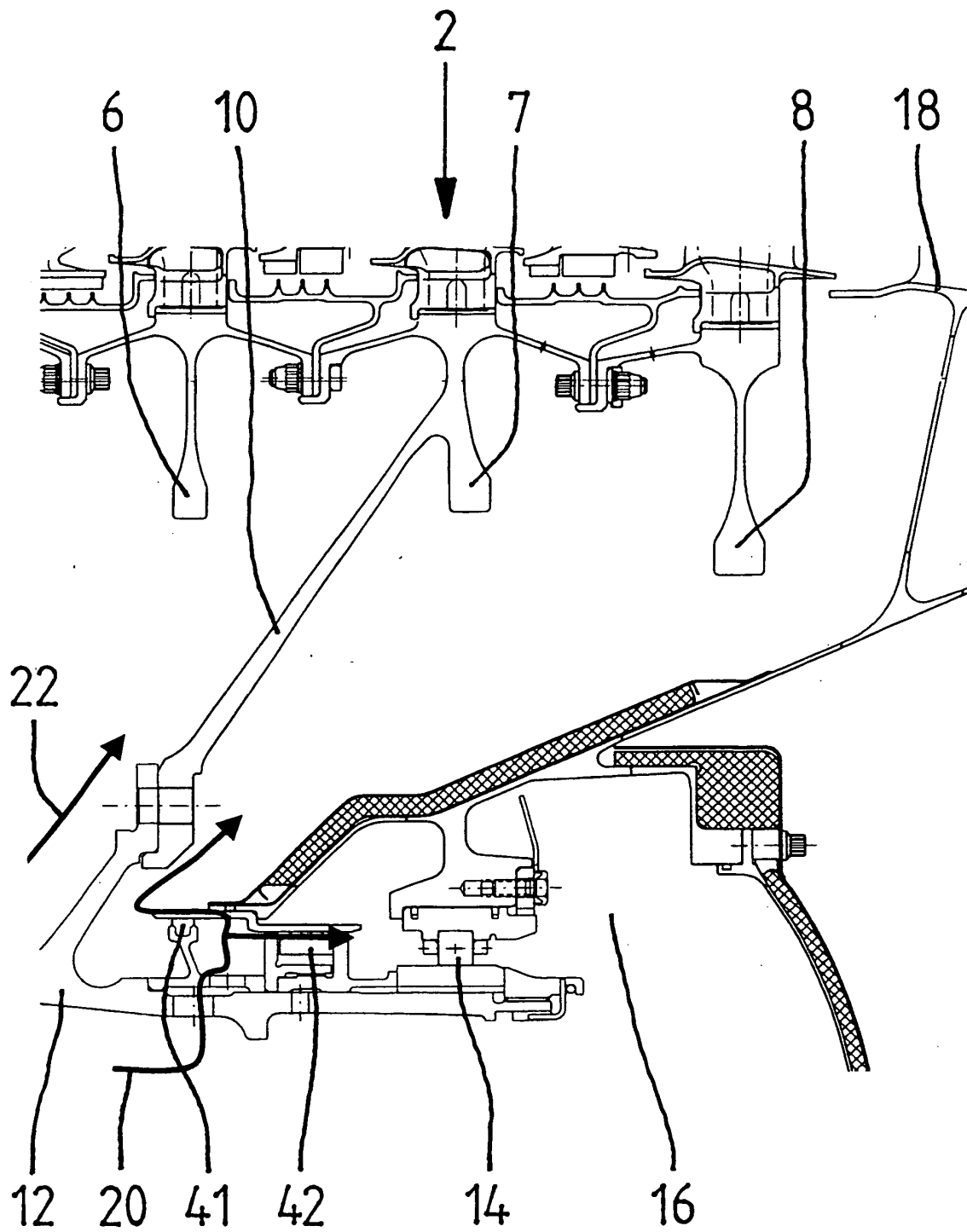


Fig.1
(Stand der Technik)

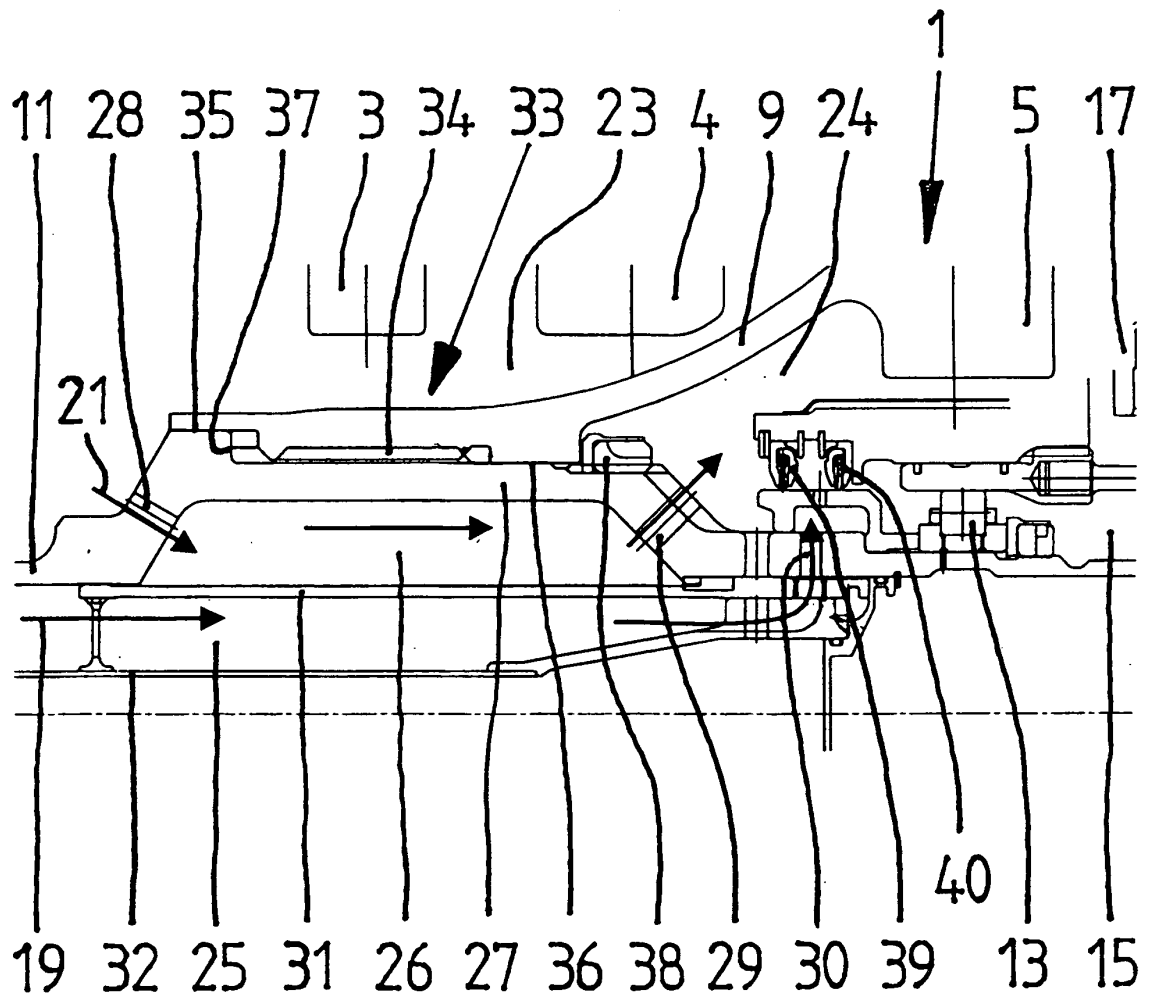


Fig. 2

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

- US 2680001 A [0001]