

(19)



(11)

EP 2 117 777 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.02.2011 Patentblatt 2011/08

(51) Int Cl.:
B24C 1/10 (2006.01) F01D 5/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07856056.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2007/002195

(22) Anmeldetag: **05.12.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/071161 (19.06.2008 Gazette 2008/25)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM OBERFLÄCHENSTRAHLEN EINES BAUTEILS EINER GASTURBINE**

DEVICE AND METHOD FOR THE SURFACE PEENING OF A COMPONENT OF A GAS TURBINE
DISPOSITIF ET PROCÉDÉ POUR GRENAILLER LA SURFACE D'UNE PIÈCE DE TURBINE À GAZ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **13.12.2006 DE 102006058679**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.11.2009 Patentblatt 2009/47

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

(72) Erfinder:
• **BAYER, Erwin**
85221 Dachau (DE)
• **NIEGL, Max**
81247 München (DE)
• **BUSSMANN, Martin**
85247 Schwabhausen (DE)
• **PESCHKE, Thomas**
82194 Gröbenzell (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 623 794 WO-A-02/24411
WO-A-2005/123338 FR-A- 2 689 431
US-A1- 2006 252 357

EP 2 117 777 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 Vorrichtung und ein Verfahren zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen eines Bauteils einer Gasturbine der in den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 bzw. 8 angegebenen Art.

[0002] Eine Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen bzw. ein solches Verfahren sind bereits aus der EP 1 101 568 B1 als benannt zu entnehmen, wobei die Rotorschaukeln eines als Blisk ausgebildeten Rotors zur Verbesserung ihrer Ermüdungsfestigkeit kugelgestrahlt werden können. Die Vorrichtung umfasst dabei eine Halteeinrichtung, an welcher der Rotor um seine Rotationsachse drehbar gehalten ist. Durch Drehung des Rotors werden dessen Rotorschaukeln durch eine Strahlkammer geführt, an deren Unterseite eine Vibrationseinrichtung in Form einer Ultraschall-Sonotrode mit einer zumindest annähernd horizontal verlaufenden schwingenden Oberfläche angeordnet ist. Die Strahlkammer wird dabei sowohl axial - also im Bereich der Breitseiten des Rotors - wie auch radial - also im Bereich der Rotorschaukeln - der Blisk durch entsprechende Kammerwände begrenzt. Da insbesondere die radial des Rotors angeordneten Kammerwände der Strahlkammer je nach Position der jeweiligen Rotorschaukeln nicht im Stande sind, sämtliche Kugeln innerhalb der zentralen Strahlkammer zu halten, sind dieser in Radialrichtung des Rotors jeweils zwei weitere Kammern vor- bzw. nachgeordnet. Innerhalb dieser weiteren Kammern werden aus der zentralen und mit der Sonotrode bestückten Strahlkammer übertretende Kugeln gesammelt und über entsprechende Kanäle zurückgeführt.

[0003] Als nachteilig bei dieser bekannten Vorrichtung bzw. dem zugehörigen Verfahren ist jedoch der Umstand anzusehen, dass eine gleichmäßige Verfestigung der zu strahlenden Oberflächenbereiche der Rotorschaukeln nur schwer zu erreichen ist. Dies auch aufgrund der Tatsache, dass die Rotorschaukeln bezogen auf ihre Mittelachse bzw. die senkrechte zur Rotationsachse des Rotors eine Verdrehung, den so genannten "Twist" aufweisen.

[0004] Dokument WO 2005-123338 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 8.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchen die Verfestigung verschiedener Oberflächenbereiche des Bauteils gezielter bzw. gleichmäßiger erfolgen kann.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung und ein Verfahren mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 8 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen und nicht-trivialen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0007] Damit verschiedene Oberflächenbereiche des jeweiligen Bauteils der Gasturbine gezielter und gleich-

mäßiger durch das Oberflächenstrahlen verfestigt werden können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Winkelposition der Oberfläche der wenigstens einen Vibrationseinrichtung relativ zu dem Oberflächenbereich des Bauteils der Gasturbine einstellbar ist. Bei dem Verfahren ist es hierzu erfindungsgemäß vorgesehen, die Winkelposition der Oberfläche der Vibrationseinrichtung relativ zu dem Oberflächenbereich des Bauteils - vor und/oder während des Oberflächenstrahlens - einzustellen.

[0008] Mit anderen Worten ist es also erfindungsgemäß vorgesehen, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Oberflächenstrahlen zu schaffen, bei welcher die Oberfläche der zumindest einen Vibrationseinrichtung und der Oberflächenbereich des Bauteils so in ihrer Winkelposition relativ zueinander verstellt werden können, dass sich eine für den jeweils spezifisch zu bearbeitenden Oberflächenbereich optimale Bestrahlung mit Strahlgut realisieren lässt. Da zum Beispiel die allgemein als "Twist" bezeichnete Verdrehung jeder Rotorschaukel um ihre Mittelachse bzw. ihre senkrechte zur Rotationsachse des Rotors bedingt, dass sich der Vektor der Oberflächennormalen über die Schaufelgeometrie deutlich ändert, ist es bei einer verstellbaren Oberfläche der Vibrationseinrichtung nunmehr möglich, deren Normalenvektor entsprechend zu verstellen. Mit anderen Worten kann beispielsweise die Oberfläche der Vibrationseinrichtungen nunmehr so eingestellt werden, dass deren Normalenvektor unmittelbar bzw. im erwünschten Winkel auf den zu bearbeitenden Oberflächenbereich des Bauteils weist. Da der Winkel, in welchem das von der Oberfläche der Vibrationseinrichtung beschleunigte Strahlgut auf den jeweils zu bearbeitenden Oberflächenbereich des Bauteils in entscheidendem Maß die Verfestigung beeinflusst, kann diese somit durch eine entsprechende Einstellung der Winkelposition der Oberfläche der Vibrationseinrichtung gezielt bzw. gleichmäßig eingestellt werden.

[0009] Im Ergebnis ist somit erkennbar, dass eine gezielte und gleichmäßige Verfestigung der zu bearbeitenden Oberfläche des Bauteils erreicht werden kann, indem die relative Lage der Oberfläche der Sonotrode und des zu bearbeitenden Oberflächenbereichs entsprechend variiert wird. Dabei ist es sowohl denkbar, die Oberfläche der Vibrationseinrichtung relativ zu dem zu bearbeitenden Oberflächenbereich einstellbar zu gestalten wie auch umgekehrt, den Oberflächenbereich des Bauteils - beispielsweise mittels der Halteeinrichtung - gegenüber der Oberfläche der Vibrationseinrichtung.

[0010] Da das Bauteil der Gasturbine selbst durch die Halteeinrichtung aufgenommen ist, lässt sich hierbei eine sehr gut reproduzierbare Oberflächenqualität bzw. Verfestigung der zu bearbeitenden Oberflächenbereiche des Bauteils erreichen. Mit anderen Worten kann die Strahlintensität der Oberflächenstrahlung über den ganzen Strahlbereich äußerst homogen innerhalb geringer Grenzen gewährleistet werden.

[0011] Die nachfolgenden Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind auch als Vorteile des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens zu betrachten.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung hat es sich zudem als vorteilhaft gezeigt, wenn die Winkelposition der Oberfläche der zumindest einen Vibrationseinrichtung relativ zu dem Oberflächenbereich während des Oberflächenstrahlens des Oberflächenbereichs des Bauteils verstellbar ist. Hierdurch können die verschiedenen Oberflächenbereiche des Bauteils individuell mit einer auf sie abgestimmten Oberflächenstrahlung bearbeitet werden. Durch die jeweilig eingestellte Winkelposition der Oberfläche der Vibrationseinrichtung relativ zu dem Oberflächenbereich lässt sich dabei die Strahlintensität und der Auftreffwinkel des Strahlguts auf den jeweils zu bearbeitenden Oberflächenbereich des Bauteils abstimmen. Dabei können beispielsweise die Rotorschaukeln in einem kontinuierlichen oder gestuften Prozess dadurch gestrahlt werden, dass der Rotor mit entsprechender Geschwindigkeit gedreht wird. Hieran angepasst ändert sich demzufolge auch die Winkelposition der Oberfläche der Vibrationseinrichtung.

[0013] Eine weiter vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zwei Vibrationseinrichtungen vorgesehen sind, welche in einem Winkel zueinander stehende jeweilige Oberflächen aufweisen. Hierdurch ist es auf einfache Weise möglich, ein Bauteil beidseitig synchron bearbeitbar, so dass auch komplexe dreidimensionale Bauteilgeometrien in optimaler Weise gestrahlt werden können. Die synchrone beidseitige Oberflächenstrahlung hat dabei den großen Vorteil, dass insbesondere dünne Bauteilbereiche keinen Verzug erfahren.

[0014] Dabei hat es sich als zudem vorteilhaft gezeigt, wenn die jeweiligen Oberflächen der beiden Vibrationseinrichtungen im Wesentlichen V-förmig zueinander angeordnet sind. Die beiden Oberflächen sind dabei besonders leicht in ihrer Winkelstellung aufeinander anpassbar, so dass insbesondere beim beidseitigen Strahlen jeweils die unmittelbar gegenüberliegenden Oberflächenbereiche synchron gestrahlt werden können. Eine spiegelsymmetrische Anordnung sieht dabei vor, dass die jeweiligen Oberflächen der beiden Vibrationseinrichtung zumindest annähernd in einer Mittelachse bzw. einer Senkrechten des Bauteils sich schneiden.

[0015] In weiter Ausgestaltung der Erfindung ist die wenigstens eine einstellbare Oberfläche der jeweiligen Vibrationseinrichtung um eine bzw. zwei Verstellachsen einstellbar. Die beiden Achsen verlaufen dabei vorzugsweise senkrecht zueinander, so dass auf einfache Art ein Kipp- und Drehwinkel eingestellt werden kann. Mit anderen Worten zeichnet sich demzufolge eine mit zwei Verstellachsen versehene Oberfläche der Vibrationseinrichtung insbesondere dadurch aus, dass diese zweidimensional verstellt werden kann. Demzufolge ist natürlich auch der Normalenvektor der Oberfläche zweidimensional einstellbar.

[0016] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist zur Bearbeitung eines um eine Rotationsachse drehbar gehaltenen Rotors, insbesondere einer Blisk ausgebildet. Insbesondere die Rotorschaukeln können somit auf einfache

che Weise durch Drehen des Rotors in den Strahlbereich der Oberfläche der Vibrationseinrichtung gebracht werden, wobei durch die einstellbare Oberfläche gewährleistet ist, dass alle zu bearbeitenden Oberflächenbereiche mit der gewünschten Strahlintensität beaufschlagt werden.

[0017] Um eine besonders einfache Vorrichtung mit einem leicht reproduzierbaren Strahlergebnis schaffen zu können, hat es sich in weiterer Ausgestaltung der Erfindung als vorteilhaft gezeigt, der wenigstens einen Vibrationseinrichtung eine Strahlkammer zuzuordnen, welcher der zu bearbeitende Oberflächenbereich des Bauteils positionierbar ist. Es ist klar, dass die Strahlkammer entsprechend so groß dimensioniert werden muss, dass die Oberfläche der Vibrationseinrichtung in sämtliche erwünschten Winkelpositionen eingestellt werden kann.

[0018] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung lässt sich eine einfache Anpassung der Strahlkammer an das jeweils zu bearbeitende Bauteil dadurch erreichen, dass deren Kammerwände zumindest bereichsweise flexibel ausgebildet sind. Durch eine solche flexible Umhüllung ist es beispielsweise möglich, das ganze Bauteil zu umschließen und somit einen Verlust an Strahlgut zu vermeiden. Weiterhin gewährleisten derartige flexible Kammerwände die Möglichkeit, dass sich diese auf einfache Weise an die Sonotrode und an die Bauteilhalterung anschmieden, so dass auch hier kein Verlust an Strahlgut zu befürchten ist.

[0019] Als weiterhin vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn die Kammerwände der Strahlkammer selbst in ihrer Winkelposition einstellbar sind. Hierdurch kann einerseits die Reflexion des Strahlguts an den Kammerwänden beeinflusst werden und andererseits können die Kammerwände auf einfache Weise bis nahe an das jeweilige Bauteil herangeführt werden, um eine zuverlässige Abdichtung vor dem Austritt von Strahlgut zu erreichen. Es ist klar, dass sich hierdurch eine einfache Möglichkeit zur Verwendung von Bauteilen mit unterschiedlicher Geometrie bzw. Größe ergibt.

[0020] In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine Verteilungseinrichtung vorgesehen, mit welcher das Strahlengut über die Oberfläche der Vibrationseinrichtung verteilbar ist. Aufgrund der geeigneten Anordnung der Oberfläche wird somit auf einfache Weise vermieden, dass sich Strahlgut an einer tiefen Stelle der Oberfläche übermäßig sammelt. Vielmehr kann durch die Verteilungseinrichtung eine gleichmäßige Verteilung des Strahlguts geschaffen werden, so dass sich über die gesamte Oberfläche eine gleichmäßige Strahlintensität und eine gleichmäßige Verfestigung des Oberflächenbereichs des Bauteils ergibt.

[0021] Eine besonders einfache Verteilungseinrichtung lässt sich dabei realisieren, wenn diese eine schwingende Oberfläche umfasst, welche beispielsweise durch eine Sonotrode, durch einen so genannten Flapper, einen Piezoshacker oder eine schwingende Platte oder Membran realisiert wird. Alternativ hierzu kann die Ver-

teilungseinrichtung auch mit einem komprimierten Medium, insbesondere mit Druckluft betrieben werden, welches auf einfache Weise so eingestellt werden kann, dass sich eine gleichmäßige Verteilung des Strahlguts auch an den oberen Stellen der Oberfläche der Vibrationseinrichtung ergibt.

[0022] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist beispielsweise innerhalb der Strahlkammer eine erste Einrichtung zur Ermittlung der Menge an Strahlgut vorgesehen. Diese Einrichtung kann beispielsweise eine Schallanalyse innerhalb der Strahlkammer durchführen, mit welcher die Menge an Strahlgut zu ermitteln ist. Dabei macht man sich den Grundgedanken zu Nutze, dass sich der Schall des Strahlguts in Abhängigkeit von seiner Menge ändert.

[0023] Außerdem kann in weiterer Ausgestaltung der Erfindung eine Einrichtung zum Nachdosieren des Strahlguts vorgesehen sein, so dass dessen Menge innerhalb der Strahlkammer konstant bleibt. Durch eine konstante Menge an Strahlgut wird insbesondere sichergestellt, dass sich ein leicht reproduzierbares und konstantes Strahlergebnis realisieren lässt.

[0024] Zudem hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn die Einrichtung zum Nachdosieren des Strahlguts in Abhängigkeit der durch die erste Einrichtung ermittelten Menge an Strahlgut steuerbar ist. Hierdurch kann auf einfache Weise eine Überwachung realisiert werden, so dass stets dieselbe Menge an Strahlgut beispielsweise innerhalb der Strahlkammer vorhanden ist.

[0025] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in:

Fig. 1 eine schematische Perspektivansicht auf einen ausschnittsweise geschnitten dargestellten Rotor einer Gasturbine in Form einer Blisk, welche mittels einer lediglich schematisch angedeuteten Haltevorrichtung um ihre Rotationsachse drehbar gehalten ist, wobei an der Unterseite der Blisk im Bereich der Rotorscheaufeln eine schematisch angedeutete Strahlkammer erkennbar ist, welche zwei V-förmig zueinander orientierte Oberflächen von jeweils zugehörigen Vibrationseinrichtungen umfasst, mit welchen Strahlgut beispielsweise in Form von Kugeln in Richtung der Rotorscheaufeln zu beschleunigen ist; und in

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht durch die Blisk gemäß Fig. 1, wobei im Bereich der Rotorscheaufeln die Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen dargestellt ist, welche vorliegend zwei V-förmig zueinander angeordneten Oberflächen der jeweiligen Vibrationseinrichtungen umfasst, wobei die beiden Oberflächen in ihrer Winkelposition gegenüber der Blisk einstellbar sind.

[0026] In Fig. 1 ist in einer schematischen und ausschnittsweisen Perspektivansicht ein drehbarer Rotor an einer Gasturbine in Form einer Blisk 10 schematisch erkennbar. In Zusammenschau mit Fig. 2, welche in einer schematischen Schnittansicht die Blisk 10 zeigt, werden deren grundsätzliche Einzelbereiche näher erkennbar. Dabei wird insbesondere eine Blisk-Scheibe 12 ersichtlich, an deren Außenumfangsseite eine Vielzahl von Rotorscheaufeln 14 angeordnet sind. Von der Blisk-Scheibe 12 ist im Wesentlichen eine in Fig. 2 linienförmig dargestellte, außenumfangsseitige Plattform 16 erkennbar, welcher sich radial nach innen bzw. in der Zeichnung nach oben ein Unterplattformbereich 18 anschließt: Der Unterplattformbereich 18 geht radial in Richtung nach innen in einen Scheibenhals 20 über, der den Unterplattformbereich 18 mit einem Scheibenkörper 22 verbindet. Das radial innere Ende des Scheibenkörpers 22 wird durch eine Nabe 24 gebildet, welche ein Gegengewicht zu den Rotorscheaufeln 14 darstellt. Vom Unterplattformbereich 18 bzw. vom Scheibenhals 20 steht auf der einen Seite der Blisk-Scheibe 12 ein erster Wing 26 ab, der im Querschnitt im Wesentlichen winkelförmig ausgebildet ist. In einem - in radialer Richtung betrachtet - mittleren Bereich des Scheibenkörpers 22 steht ein weiterer Wing 28 auf der anderen Seite der Blisk-Scheibe 12 ab, der einen winkelförmigen Bereich 30 sowie einen diesen mit dem Scheibenkörper 22 verbindenden Steg 32 umfasst, der in einem Winkel von 45° gegenüber dem Scheibenkörper 22 absteht. Die Blisk 10 ist insgesamt um eine Rotationsachse R drehbar bzw. rotationssymmetrisch ausgebildet.

[0027] Von einer Vorrichtung zum Kugelstrahlen der Rotorscheaufeln 14 ist in Fig. 1 eine Halteinrichtung 34 durch zwei symbolisch angedeutete Lagerböcke 36 dargestellt, über welche die Blisk 10 um ihre Rotationsachse R drehbar gehalten bzw. gelagert ist.

[0028] Neben der Halteinrichtung 34 umfasst die Vorrichtung zum Kugelstrahlen vorliegend eine Strahlkammer 38, welche insbesondere in Zusammenschau mit Fig. 2 näher erkennbar ist. Die Strahlkammer 38 dient dabei zum Kugelstrahlen der Oberflächenbereiche 40, 42 auf den einander gegenüberliegenden Seiten jeder der Rotorscheaufeln 14. Die Strahlkammer 38 ist in Fig. 1 lediglich mit gestrichelten Linien angedeutet und entlang einer Senkrechten S auf die Rotationsachse R der Blisk 10 bzw. parallel zur Schnittfläche durch die Blisk 10 aufgeschnitten dargestellt.

[0029] Aus Fig. 2 ist nunmehr erkennbar, dass die Strahlkammer 38 zwei lediglich schematisch angedeutete Vibrationseinrichtungen 44, 46 umfasst, welche vorliegend als Ultraschall-Sonotroden ausgebildet sind. Jede der Vibrationseinrichtungen 44, 46 umfasst eine dem zu strahlenden Bauteil bzw. der jeweiligen Rotorscheaufel 14 zugewandte Oberfläche 48, 50, welche im vorliegenden Ausführungsbeispiel eben ausgebildet sind. Insbesondere ist aus Fig. 2 erkennbar, dass die Oberflächen 48, 50 der beiden Vibrationseinrichtungen 44, 46 im Wesentlichen V-förmig in einem Winkel von

vorliegend etwa 110° bis 120° zueinander angeordnet sind. Die beiden Vibrationseinrichtungen 46, 48 sind innerhalb von zugehörigen Kammerwänden 52, 54 der Strahlkammer 38 aufgenommen. An die die Vibrationseinrichtungen 44, 46 aufnehmenden Kammerwände 52, 54 schließen sich in einem Winkel jeweils zugehörige weitere Kammerwände 56, 58 an, welche die Strahlkammer 38 nach oben hin abschießen. Darüber hinaus sind an beiden Stirnseiten 60 nicht gezeigte Kammerwände vorgesehen, welche in radialer Richtung der Blisk 10 die Strahlkammer 38 zumindest weitgehend verschließen.

[0030] Aus Fig. 2 ist erkennbar, dass die beiden Oberflächen 48, 50 im Bereich einer gemeinsamen Verstellachse V in ihrer Winkelposition gegeneinander bzw. gegenüber dem zu strahlenden Bauteil (Rotorschaukeln 14) verstellbar sind. Die Verstellachse V verläuft dabei vorliegend senkrecht zur Blattebene. Darüber hinaus kann jede der beiden Oberflächen 50 um eine weitere Verstellachse Z verstellt werden, welche in Fig. 2 lediglich schematisch angedeutet sind. Die jeweils zweiten Verstellachsen Z verlaufen jeweils in der Ebene der Oberflächen 48, 50 und senkrecht zur ersten Verstellachse V. Mit anderen Worten kann jede der beiden Oberflächen 48, 50 vorliegend zumindest um die Verstellachse V und gegebenenfalls - falls vorhanden - um die weitere Verstellachse Z verstellt werden. Demzufolge kann vorliegend entweder lediglich ein jeweiliger Kippwinkel um die Achse V oder aber zusätzlich ein Drehwinkel um die jeweilige Achse Z eingestellt werden. Es ist klar, dass sich hierdurch ein Normalenvektor bzw. eine Senkrechte auf die jeweilige Oberfläche 48, 50 entweder eindimensional oder aber zweidimensional verstellen lässt. Somit wird erreicht, dass unterschiedliche Teilbereiche der beiden einander gegenüberliegenden Oberflächenbereiche 48, 50 der jeweiligen Rotorschaukel 14 jeweils optimal durch das Kugelstrahlen verfestigt werden können. Da jede der Rotorschaukeln 14 eine Verdrehung aufweist, welche in unterschiedlichen Teilbereichen ihrer Oberflächenbereiche 40, 42 bedingt, dass sich der Vektor der Oberflächennormalen über die Schaufelgeometrie hinweg deutlich ändert, kann dies durch eine entsprechende Winkleinstellung der beiden Oberflächen 48, 50 der beiden Vibrationseinrichtungen 48, 50 ausgeglichen werden. Je nach Winkelposition der beiden Oberflächen 48, 50 kann nämlich der Auftreffwinkel des Strahlguts auf den insbesondere zu strahlenden Teilbereich der Oberflächenbereiche 40, 42 eingestellt werden, so dass sich eine optimale bzw. individuelle Verfestigung ergibt. Die Winkelposition der Oberflächen 48, 50 kann dabei während des Oberflächenstrahlens der jeweiligen Rotorschaukel 14 verstellt werden, so dass jeder Rotorschaukel 18 in einem Arbeitsgang oberflächengestrahlt werden kann. Wird die Blisk 10 um ihre Rotationsachse R innerhalb der Halteinrichtung 34 stufenweise oder kontinuierlich gedreht, so kann durch die Oberflächen 48, 50 ebenfalls eine Anpassung vorgenommen werden.

[0031] Alternativ wäre es natürlich in einer besonders einfachen Ausführungsform auch denkbar, die Oberflä-

chen 48, 50 lediglich voreinstellbar zu gestalten, wobei dann der ganze Arbeitsprozess mit den entsprechend eingestellten Oberflächen 48, 50 durchgeführt wird. Dies wäre beispielsweise denkbar, wenn das zu bearbeitende Bauteil eine relativ einfache Geometrie aufweist. Es ist klar, dass die Kammerwände 52, 54, 56, 58 entsprechend so ausgebildet sein müssen, dass die Oberflächen 48, 50 der beiden Vibrationseinrichtungen 44, 46 verstellt werden können. Hier wäre es beispielsweise denkbar, flexible Kammerwände 52, 54, 56, 58 einzusetzen, welche auf einfache Weise sogar das komplette Bauteil umgeben können. In diesem Fall wäre eine flexible Umhüllung geschaffen, die das ganze Bauteil umschließt und sich an den Seitenflächen der Vibrationseinrichtungen 48, 50 und gegebenenfalls hier nicht dargestellte Bauteilhalterungen anschmiegt. In einer nicht gezeigten Ausführungsform können insbesondere die den Oberflächen 48, 50 gegenüber liegenden Kammerwände 56, 58 ebenfalls verstellbar ausgebildet sein, um eine entsprechende Anpassung an die Neigungseinstellung der Vibrationseinrichtung 44, 46 zu ermöglichen. Darüber hinaus kann durch einstellbare Kammerwände 56, 58 der Reflexionswinkel beeinflusst werden, in welchem das Strahlgut von diesen abprallt.

[0032] Durch die V-förmige Anordnung der beiden Oberflächen 48, 50 kann insbesondere erreicht werden, dass die sich gegenüberliegenden Oberflächenbereiche 40, 42 der jeweiligen Rotorschaukel 14 synchron gestrahlt werden können. Hierdurch wird insbesondere bei dünnwandigeren Bauteilen erreicht, dass es zu keinem Verzug kommt. Durch die Einstellung der Winkelpositionen der Oberflächen 48, 50 kann darüber hinaus eine homogene Strahlintensität über den ganzen Strahlbereich innerhalb geringer Grenzen erreicht werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Oberflächen 48, 50 mit einem identischen Winkel gegenüber der Senkrechten S angeordnet, welche eine Mittelachse durch die jeweilige Rotorschaukel 14 darstellt. Gleichfalls wäre es natürlich auch denkbar, die beiden Oberflächen 48, 50 in unterschiedlichen Winkeln über den Verstellachsen V und Z einzustellen.

[0033] Die beiden Oberflächen 48, 50 können theoretisch in einem Winkel von 0° bis 90° - und hier insbesondere von 0° bis 80° - zur Senkrechten S bzw. zur Mittelachse der jeweiligen Rotorschaukel 14 eingestellt werden. Gut geeignet ist auch ein Winkel von zwischen etwa 30° und etwa 60° , und insbesondere zwischen 40° und 50° der beiden Oberflächen 48, 50 zur Senkrechten S.

[0034] An einer tiefsten Stelle der beiden Oberflächen 48, 50 ist eine Verteileinrichtung 62 vorgesehen, mit welcher das Strahlgut - vorliegend die Kugeln - gleichmäßig über die beiden Oberflächen 48, 50 verteilbar sind. Hierdurch wird ebenfalls die Strahlintensität homogenisiert. Im vorliegenden Ausführungsspiel umfasst die Verteileinrichtung 62 einen Schlauch 64, mit welcher Pressluft bzw. Druckluft an die tiefste Stelle innerhalb der Strahlkammer 38 geleitet werden kann, so dass das sich sammelnde Strahlgut nach oben bewegt und gleichmä-

ßig über die Oberflächen 48, 50 verteilt wird. Alternativ zu dem Schlauch 64 kann auch eine schwingende Oberfläche 66 vorgesehen sein, welche in Fig. 2 ebenfalls schematisch angedeutet ist. Die schwingende Oberfläche 66 kann dabei beispielsweise durch eine Sonotrode, einen Flapper, einen Piezoshacker oder eine schwingende Platte oder Membran betrieben werden. Im Ergebnis wird auch hier erreicht, dass das Strahlgut gleichmäßig über die Oberflächen 48, 50 verteilt wird.

[0035] Darüber hinaus ist innerhalb der Strahlkammer 38 eine erste Einrichtung 68 vorgesehen, mit welcher die Menge an Strahlgut ermittelt werden kann. Dies kann beispielsweise anhand einer Schallanalyse erfolgen, bei welcher der Schall innerhalb der Strahlkammer 38 anhand der Menge des Strahlguts gemessen wird. Bei Unterschreitung eines Schwellenwerts kann dann weiteres Strahlgut mittels einer zweiten Einrichtung 70 nachdosiert werden, wie mit dem gestrichelten Schlauch 72 angedeutet. Im Ergebnis wird hierdurch erreicht, dass stets eine gleich bleibende Menge von Strahlgut innerhalb der Strahlkammer 38 vorhanden ist, so dass sich ein reproduzierbares Strahlergebnis erreicht lässt.

[0036] Zum Oberflächenstrahlen können somit die Oberflächenbereiche 40, 42 des Bauteils 14 und die Oberflächen 48, 50 der beiden Vibrationseinrichtungen 44, 46 mittels der Halteeinrichtung 32 relativ zueinander angeordnet und beim Oberflächenstrahlen relativ zueinander durch Drehen der Blisk 10 um ihre Rotationsachse R bewegt werden. Die Winkelposition der Oberfläche 48, 50 der wenigstens einen Vibrationseinrichtung 44, 46 relativ zu dem Oberflächenbereich 40, 42 des Bauteils 14 kann dabei lediglich vorab und/oder während des Oberflächenstrahlens des Oberflächenbereichs 40, 42 des Bauteils 14 verstellt werden, um die Oberflächenbereiche 40, 42 gezielter und gleichmäßiger verfestigen zu können.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen eines Bauteils (14), insbesondere einer Rotorschaukel, einer Gasturbine, mit wenigstens einer Vibrationseinrichtung (44, 46), welche eine das Strahlgut beaufschlagende Oberfläche (48, 50) umfasst, und mit einer Halteeinrichtung (34), mittels welcher ein Oberflächenbereich (40, 42) des Bauteils (14) und die Oberfläche (48, 50) der Vibrationseinrichtung (44, 46) relativ zueinander anordnenbar sind, wobei die Winkelposition der Oberfläche (48, 50) der wenigstens einen Vibrationseinrichtung (44, 46) relativ zu dem Oberflächenbereich (40, 42) des Bauteils (14) der Gasturbine einstellbar ist, **gekennzeichnet durch** eine Halteeinrichtung (34), mittels der ein Rotationsachse (R) aufweisender und das Bauteil integral tragender Rotor, insbesondere eine Blisk (10), drehbar lagerbar ist.

2. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verteilungseinrichtung (62) vorgesehen ist, mit welcher das Strahlgut über die Oberfläche (48, 50) der Vibrationseinrichtung (44, 46) verteilbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verteilungseinrichtung (62) unterhalb einer tiefsten Stelle der Oberfläche (48, 50) der wenigstens einen Vibrationseinrichtung (44, 46) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verteilungseinrichtung (62) eine das Strahlgut beaufschlagende Oberfläche (48, 50) umfasst oder mit einem komprimierten Medium, insbesondere für Pressluft betreibbar ist, mit der das Strahlgut über die Oberfläche (48, 50) der Vibrationseinrichtung (44, 46) verteilbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Einrichtung (68) zur Ermittlung der Menge an Strahlgut vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite Einrichtung (70) zum Nachdosieren des Strahlguts vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Einrichtung (70) in Abhängigkeit der durch die erste Einrichtung (68) ermittelten Menge an Strahlgut steuerbar ist.
8. Verfahren zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, eines Bauteils (14), insbesondere einer Rotorschaukel, einer Gasturbine bei welchem ein Oberflächenbereich (40, 42) des Bauteils (14) und wenigstens eine das Strahlgut beaufschlagende Oberfläche (48, 50) einer Vibrationseinrichtung (44, 46) relativ zueinander angeordnet und beim Oberflächenstrahlen relativ zueinander bewegt werden, wobei die Winkelposition der Oberfläche (48, 50) der wenigstens einen Vibrationseinrichtung (44, 46) relativ zu dem Oberflächenbereich (40, 42) des Bauteils (14) eingestellt wird **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Oberflächenstrahlen des Bauteils (14) ein zugehöriger Rotor (10) welcher das Bauteil integral trägt, insbesondere eine Blisk, um seine Rotationsachse (R) gedreht wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkelposition der Oberfläche (48, 50) der zumindest einen Vibrationseinrichtung (44, 46) vor dem Oberflächenstrahlen des Oberflächenbereichs (40, 42) des Bauteils (14) eingestellt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkelposition der Oberfläche (48, 50) der zumindest einen Vibrationseinrichtung (46, 48) während des Oberflächenstrahlens des Oberflächenbereichs (40, 42) des Bauteils (14) verstellt wird. 5
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei in einem Winkel zueinander stehende jeweilige Oberflächen (48, 50) von Vibrationseinrichtungen (44, 46) in ihrer Winkelposition relativ zu dem Bauteil (14) eingestellt bzw. während des Oberflächenstrahlens verstellt werden. 10
12. Verfahren nach Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei sich gegenüberliegende Oberflächenbereiche (40, 42) des Bauteils (14) mittels der zwei Oberflächen (48, 50) synchron gestrahlt werden. 15
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (14) mittels einer Halteeinrichtung (34) relativ zu der Oberfläche (48, 50) der wenigstens einen Vibrationseinrichtung (44, 46) angeordnet wird. 20 25

Claims

1. Device for the surface peening, in particular ultrasonic shot peening, of a component (14), in particular of a rotor blade, of a gas turbine, with at least one vibration device (44, 46), which comprises a surface (48, 50) acting on the shot, and with a holding device (34), by means of which a surface area (40, 42) of the component (14) and the surface (48, 50) of the vibration device (44, 46) can be arranged relative to one another, wherein the angular position of the surface (48, 50) of the at least one vibration device (44, 46) can be set relative to the surface area (40, 42) of the component (14) of the gas turbine, **characterized by** a holding device (34), by means of which a rotor having an axis of rotation (R) and supporting the component integrally, in particular a blisk (10), can be rotatably mounted. 30 35 40 45
2. Device according to one of the preceding claims, **characterized in that** a distribution device (62) is provided, with which the shot is distributable over the surface (48, 50) of the vibration device (44, 46). 50
3. Device according to claim 2, **characterized in that** the distribution device (62) is arranged beneath a lowest point of the surface (48, 50) of the at least one vibration device (44, 46). 55
4. Device according to claim 2 or 3, **characterized in that** the distribution device (62) comprises a surface (48, 50) acting on the shot or is operable using a compressed medium, in particular for compressed air, with which the shot is distributable over the surface (48, 50) of the vibration device (44, 46).
5. Device according to one of the preceding claims, **characterized in that** a first device (68) for determining the quantity of shot is provided.
6. Device according to one of the preceding claims, **characterized in that** a second device (70) for replenishing the shot is provided.
7. Device according to claims 5 and 6, **characterized in that** the second device (70) can be controlled in dependence on the quantity of shot determined by the first device (68).
8. Method for the surface peening, in particular ultrasonic shot peening, of a component (14), in particular of a rotor blade, of a gas turbine, in which a surface area (40, 42) of the component (14) and at least one surface (48, 50) of a vibration device (44, 46) acting on the shot are arranged relative to one another and moved relative to one another during surface peening, wherein the angular position of the surface (48, 50) of the at least one vibration device (44, 46) is set relative to the surface area (40, 42) of the component (14), **characterized in that** for the surface peening of the component (10) an assigned rotor (10), which supports the component integrally, in particular a blisk, is rotated about its axis of rotation (R).
9. Method according to claim 8, **characterized in that** the angular position of the surface (48, 50) of the at least one vibration device (46, 48) is set before the surface peening of the surface area (40, 42) of the component (14).
10. Method according to claim 8 or 9, **characterized in that** the angular position of the surface (48, 50) of the at least one vibration device (46, 48) is adjusted during the surface peening of the surface area (40, 42) of the component (14).
11. Method according to one of claims 8 to 10, **characterized in that** two respective mutually inclined surfaces (48, 50) of vibration devices (44, 46) are set in their angular position relative to the component (14) or adjusted during the surface peening.
12. Method according to claim, **characterized in that** two opposing surface areas (40, 42) of the component (14) are peened synchronously by means of the two surfaces (48, 50).
13. Method according to one of claims 8 to 12, **characterized in that** the component (14) is arranged by

means of a holding device (34) relative to the surface (48, 50) of the at least one vibration device (44, 46).

Revendications

1. Dispositif pour grenailler la surface, en particulier pour grenailler par ultrasons la surface d'une pièce (14), en particulier une pale de rotor d'une turbine à gaz, avec au moins un dispositif de vibration (44, 46) qui comporte une surface (48, 50) alimentant le produit de grenaillage, et avec un dispositif de retenue (34), à l'aide duquel une zone de surface (40, 42) de la pièce (14) et la surface (48, 50) du dispositif de vibration (44, 46) peuvent être disposées relative-ment l'une par rapport à l'autre, la position angulaire de la surface (48, 50) de l'au moins un dispositif de vibration (44, 46) pouvant être réglée par rapport à la zone de surface (40, 42) de la pièce (14) de la turbine à gaz, **caractérisé par** un dispositif de retenue (34) à l'aide duquel un rotor présentant un axe de rotation (R) et portant intégralement la pièce, en particulier un rotor à aubes et disque combinés (10) peut être logé de manière rotative.
2. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** dispositif de distribution (62) est prévu, avec lequel le produit de grenaillage peut être distribué sur la surface (48, 50) du dispositif de vibration (44, 46).
3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le dispositif de distribution (62) est disposé au-dessous du point le plus bas de la surface (48, 50) de l'au moins un dispositif de vibration (44, 46).
4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le dispositif de vibration (62) comporte une surface (48, 50) alimentant le produit de grenaillage ou peut être utilisé avec un milieu comprimé, en particulier pour de l'air comprimé, avec lequel le produit de grenaillage peut être distribué sur la surface (48, 50) du dispositif de vibration (44, 46).
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** premier dispositif (68) est prévu pour déterminer la quantité de produit de grenaillage.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** second dispositif (70) est prévu pour le dosage ultérieur du produit de grenaillage.
7. Dispositif selon les revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le second dispositif (70) peut être commandé en fonction de la quantité de produit de grenaillage déterminée par le premier dispositif (68).

8. Procédé pour grenailler une surface, en particulier pour grenailler par ultrasons une surface d'une pièce (14), en particulier une pale de rotor d'une turbine à gaz, pour lequel une zone de surface (40, 42) de la pièce (14) et au moins une surface (48, 50) alimentant le produit de grenaillage d'un dispositif de vibration (44, 46) sont disposées de manière relative l'une par rapport à l'autre et sont déplacées de manière relative l'une par rapport à l'autre lors du grenaillage de surface, la position angulaire de la surface (48, 50) de l'au moins un dispositif de vibration (44, 46) étant réglée par rapport à la zone de surface (40, 42) de la pièce (14), **caractérisé en ce que** pour le grenaillage de surface de la pièce (10) est tourné un rotor afférent (10) qui porte intégralement la pièce, en particulier un rotor à aubes et disque combinés autour de son axe de rotation (R).
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la position angulaire de la surface (48, 50) de l'au moins un dispositif de vibration (46, 48) est réglée avant le grenaillage de surface de la zone de surface (40, 42) de la pièce (14).
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la position angulaire de la surface (48, 50) de l'au moins un dispositif de vibration (46, 48) est réglée pendant le grenaillage de surface de la zone de surface (40, 42) de la pièce (14).
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** deux surfaces (48, 50) respectives se trouvant dans un angle l'une par rapport à l'autre de dispositifs de vibration (44, 46) sont réglées dans leur position angulaire de manière relative par rapport à la pièce (14) ou sont réglées pendant le grenaillage de surface.
12. Procédé selon la revendication, **caractérisé en ce que** deux zones de surface (40, 42) opposées de la pièce (14) sont grenaillées de manière synchrone à l'aide des deux surfaces (48, 50).
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que** la pièce (14) est disposée à l'aide d'un dispositif de retenue (34) de manière relative par rapport à la surface (48, 50) de l'au moins un dispositif de vibration (44, 46).

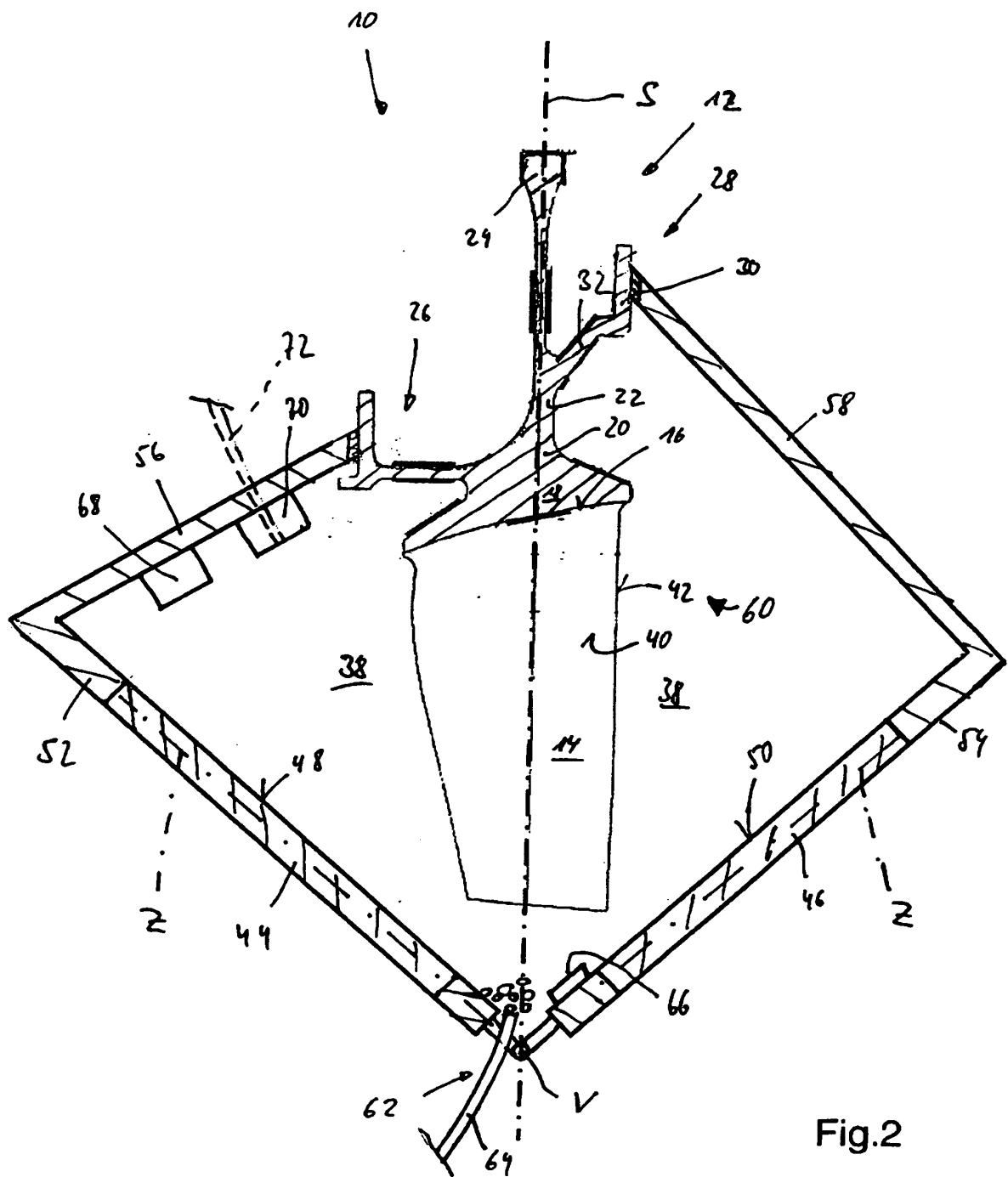


Fig.2

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 1101568 B1 [0002]
- WO 2005123338 A [0004]