

(19)



(11)

EP 2 083 148 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.07.2009 Patentblatt 2009/31

(51) Int Cl.:
F01D 11/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09000952.3**

(22) Anmeldetag: **23.01.2009**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **23.01.2008 DE 102008005482**
23.01.2008 DE 102008005480
23.01.2008 DE 102008005479

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(72) Erfinder: **Jahns, Ingo**
12305 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Weber, Joachim**
Hoefer & Partner
Patentanwälte
Pilgersheimer Strasse 20
81543 München (DE)

(54) **Gasturbine mit einem Verdichter mit Einlaufschicht und Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen von Schaufeln eines Verdichters einer Gasturbine**

(57) Gasturbine mit einem Verdichter (101), welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln (102) umfasst, wobei die Schaufeln jeweils mit einem freien Ende (103) versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende der Schaufel an einem ringförmigen Gehäusebereich (104)

und/oder an einem ringförmigen Trommelbereich eine Einlaufschicht (106) ausgebildet ist, wobei die Einlaufschicht selbstheilend ist; und Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen (103) von Schaufeln (102) einer Verdichten (101) einer Gasturbine.

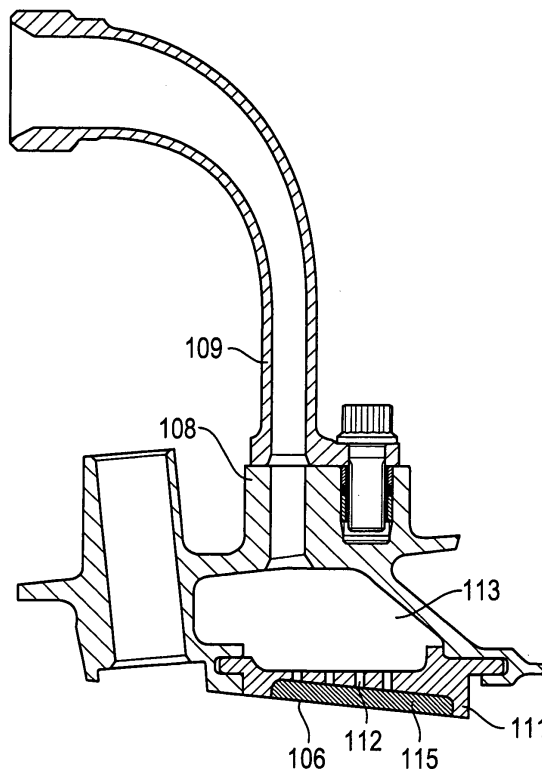


Fig. 3

EP 2 083 148 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Gasturbine gemäß den Merkmalen der Oberbegriffe der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Im Einzelnen bezieht sich die Erfindung auf eine Gasturbine mit einem Verdichter, welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln umfasst, wobei die Schaufeln jeweils mit einem freien Ende versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende der Schaufel an einem ringförmigen Gehäusebereich und/oder an einem ringförmigen Trommelbereich eine Einlaufschicht ausgebildet ist.

[0003] Heutige Axialkompressoren (Verdichter) bestehen aus einem Rotor mit mindestens einer Laufschaufelreihe und einem Gehäuse. Diese Laufschaufelreihe soll zu dem Gehäuse einen möglichst kleinen Abstand haben, um Wirkungsgradverluste zu vermeiden. Um im Falle eines Anstreichens der Laufschaufeln Schäden zu vermeiden, sind im Gehäuse Einlaufbeläge eingebracht. Im Falle des Anstreichens werden Bereiche des Einlaufbelages abgetragen.

[0004] Es sind verschiedenste Lösungen vorbekannt, die das Spaltverhalten zu optimieren versuchen. Oftmals wird versucht, mittels Luftströmungen das thermische Verhalten der Gehäuse dem des Rotors anzupassen, wie z.B. US 7,086,233. Andere Lösungen versuchen mit mechanischen Mitteln den Spalt zu minimieren.

[0005] Der Laufspalt zwischen den Rotorschaufeln und dem Gehäuse wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst:

1. Zentrifugallasten durch den Rotor und die Schaufeln,
2. Thermische Bewegungen, wobei das Gehäuse meistens thermisch schneller reagiert, als der Rotor,
3. Elastische Dehnungen der Rotoren und Gehäuse durch Flugmanöver,
4. Thermische Dehnungen von Rotoren und Gehäusen nach dem Abschalten des Triebwerkes.

[0006] Der letztgenannte Faktor ist schwer zu kontrollieren.

[0007] Unter normalen Betriebsbedingungen und mit herkömmlichen Einlaufbelägen wird der Spalt so eingestellt, dass die Rotorschaufeln nur sehr leicht oder gar nicht in dieser Einlaufschicht einlaufen. So wird sichergestellt, dass bei normalen Bedingungen ein kleiner Spalt existiert. Unter extremen Betriebsbedingungen kann das Rotorblatt in diese Einlaufschichten stärker einlaufen und dort Material abnehmen.

[0008] Nachteilig ist dabei, dass auch bei normalen Betriebsbedingungen ein größerer Spalt zwischen den Rotorschaufeln und der Einlaufschicht vorhanden ist, was einen negativen Einfluss auf die Pumpgrenze und den Wirkungsgrad hat.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gasturbine sowie ein Verfahren zum Einlaufen von Schaufeln zu schaffen, welche bei einfachem Aufbau und

einfacher, betriebssicherer Wirksamkeit die Nachteile des Standes der Technik vermeiden und ein hohes Maß an Betriebssicherheit aufweist.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombination der unabhängigen Ansprüche gelöst, die jeweiligen Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0011] Nach einem ersten Aspekt der Erfindung wird erfindungsgemäß somit eine Flüssigkeit zum Abdichten verwendet, wobei die Dicke der Schicht bevorzugt nur im Zehntelmillimeterbereich liegt.

[0012] Bevorzugterweise werden Materialien verwendet, die leicht verfügbar sind, z.B. Wasser, das bei der Verbrennung entsteht, oder Öl, welches zur Schmierung notwendig ist.

[0013] Der Kern der Erfindung nach dem ersten Aspekt liegt somit darin, die Einlaufschicht selbst flüssigkeitsdurchlässig auszubilden und somit an deren Oberfläche einen Flüssigkeitsfilm auszubilden, der gegen die freien Schaufelenden wirkt und das Einlaufverhalten der Schaufeln optimiert. Ein direkter Kontakt mit der Einlaufschicht wird somit unter bestimmten Betriebsbedingungen vermieden, da die freien Schaufelenden gegen den Flüssigkeitsfilm anliegen.

[0014] Der erste Aspekt der Erfindung lässt sich als eine Gasturbine mit einem Verdichter, welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln umfasst, wobei die Schaufeln jeweils mit einem freien Ende versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende der Schaufel an einem ringförmigen Gehäusebereich eine Einlaufschicht ausgebildet ist, und wobei die Einlaufschicht mit einer Flüssigkeitszufuhrvorrichtung verbunden ist und dass die Einlaufschicht mit Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen versehen ist beschreiben. In vorteilhafter Ausgestaltung ist dabei vorgesehen, dass

- die Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen der Einlaufschicht durch Poren des Materials der Einlaufschicht gebildet sind oder die Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen der Einlaufschicht durch Kapillare des Materials der Einlaufschicht gebildet sind, und/oder
- die Einlaufschicht in einer ringförmigen Tasche eines Einlaufschichtträgers angeordnet ist, welcher mit Ausnehmungen zur Durchleitung der Flüssigkeit versehen ist, und/oder
- radial außerhalb des Einlaufschichtträgers eine ringförmige Kammer ausgebildet ist, welche mit der Flüssigkeitszufuhrvorrichtung verbunden ist und in welche diese mündet, und/oder
- die Flüssigkeitszufuhrvorrichtung in Form zumindest eines Zulaufrohrs ausgebildet ist und weiter vorteilhaft die Flüssigkeitszufuhrvorrichtung zur Durchleitung von Wasser betriebsverbunden ist oder zur Durchleitung von Öl mit einem Ölkreislauf betriebsverbunden ist, und/oder

- eine Flüssigkeitsabfuhrvorrichtung mit dem Einlaufschichtträger betriebsverbunden ist, und/oder
- die Einlaufschicht aus einem elektrisch leitenden Material gefertigt ist.

[0015] Ein Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung lässt sich als ein Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen von Schaufeln eines Verdichters einer Gasturbine, wobei die Endbereiche mit zumindest einer im Wesentlichen ringförmigen Einlaufschicht eines ringförmigen Gehäusebereichs in Kontakt gebracht werden, und wobei eine Oberfläche der Einlaufschicht mit einer Flüssigkeit beaufschlagt wird beschreiben. In vorteilhafter Ausgestaltung ist dabei vorgesehen, dass

- als Flüssigkeit Wasser verwendet wird, oder als Flüssigkeit Öl verwendet wird, und/oder
- eine elektrisch leitende Flüssigkeit verwendet wird, und/oder
- an die Einlaufschicht eine elektrische Spannung angelegt wird.

[0016] Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Einlaufschicht porös ausgebildet ist und mit einem luftaushärtenden Material beaufschlagt werden kann.

[0017] Das luftaushärtbare oder luftaushärtende Material ist in einer ringförmigen Vorratskammer oder in einem ringförmigen Vorratsbehälter bevorratet. Bei Berührung der Oberfläche des ringförmigen Gehäusebereichs oder des Trommelbereichs durch die freien Schaufelenden der Verdichterschaukeln wird das luftaushärtende Material freigesetzt und durch die Einlaufschicht geleitet. Durch diese dringt es bis in den Luftstrom des Ringkanals des Rotors (Verdichters) und härtet aus.

[0018] Der zweite Aspekt der Erfindung lässt sich als Gasturbine mit einem Verdichter, welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln umfasst, wobei die Schaufeln jeweils mit einem freien Ende versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende der Schaufel an einem ringförmigen Gehäusebereich eine Einlaufschicht ausgebildet ist, und wobei die Einlaufschicht mit einer Materialzufuhrvorrichtung verbunden ist, welche ein luftaushärtendes Material enthält, und dass die Einlaufschicht mit Materialdurchtrittsöffnungen versehen ist beschreiben. In vorteilhafter Ausgestaltung ist dabei vorgesehen, dass

- die Materialdurchtrittsöffnungen der Einlaufschicht durch Poren des Werkstoffs der Einlaufschicht gebildet sind oder die Materialdurchtrittsöffnungen der Einlaufschicht durch feine Röhrchen des Werkstoffs der Einlaufschicht gebildet sind, und/oder
- die Einlaufschicht in einer ringförmigen Tasche eines Einlaufschichtträgers angeordnet ist, welcher

mit Ausnahmen zur Durchleitung des luftaushärtenden Materials versehen ist, und/oder

- außerhalb des Einlaufschichtträgers ein ringförmiger Vorratsbehälter ausgebildet ist, welcher elastisch ausgebildet und luftdicht verschlossen ist und aus welchem durch Druckbeaufschlagung (Luft oder auch durch Zentrifugalkräfte) das luftaushärtende Material in die Einlaufschicht eingebracht wird, und/oder

- radial angrenzend an die Vorratsbehälter eine mit Druckluft beaufschlagbare ringförmige Kammer in dem Gehäuse ausgebildet ist, wobei vorteilhafterweise die Kammer mittels einer elastischen Folie gegen den Vorratsbehälter abgegrenzt ist, und/oder

- das luftaushärtende Material Silikon umfasst.

[0019] Ein Verfahren gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung lässt sich als ein Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen von Schaufeln eines Verdichters einer Gasturbine, wobei die Endbereiche mit zumindest einer im Wesentlichen ringförmigen Einlaufschicht eines ringförmigen Gehäusebereichs in Kontakt gebracht werden, und wobei eine Oberfläche der Einlaufschicht mit einem luftaushärtbaren Material beaufschlagbar ist beschreiben. Dabei ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass als luftaushärtbares Material Silikon verwendet wird, und/oder ein anderes aushärtbares Material verwendet wird.

[0020] Nach einem dritten Aspekt der Erfindung ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Einlaufschicht porös ausgebildet ist und mit einer Flüssigkeit beaufschlagt werden kann. Eine selbstheilende Schicht entsteht auf der Oberfläche der Einlaufschicht durch Verdampfen der Flüssigkeit.

[0021] Der Spalt zwischen Rotorschaukeln und Einlaufschicht wird erfindungsgemäß so eingestellt, dass unter normalen Betriebsbedingungen die Deckschicht nicht beschädigt wird. Kommt es bei einem extremen Manöver zu einem Einlaufen der Rotorschaukeln in die Deckschicht, wird diese abgetragen und die Grundstruktur der Einlaufschicht freigelegt. Nun setzt der Selbstheilungsprozess ein. Es wird solange Flüssigkeit verdunstet, bis sich an der beschädigten Oberfläche eine in der Flüssigkeit gelöste Substanz absetzt und die beschädigte Deckschicht wieder verschließt.

[0022] Der dritte Aspekt der Erfindung lässt sich als Gasturbine mit einem Verdichter, welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln umfasst, wobei die Schaufeln jeweils mit einem freien Ende versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende der Schaufel an einem ringförmigen Gehäusebereich eine Einlaufschicht ausgebildet ist, wobei die Einlaufschicht mit einer Flüssigkeitszufuhrvorrichtung verbunden ist, wobei die Einlaufschicht mit Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen versehen ist, und wobei die den Schaufeln zugewandte oberste Schicht

der Einlaufschicht aus einem flüssigkeitsundurchlässigen Material besteht beschreiben. Dabei ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass

- die Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen der Einlaufschicht durch Poren des Materials der Einlaufschicht gebildet sind oder die Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen der Einlaufschicht durch Kapillare des Materials der Einlaufschicht gebildet sind, und/oder
- die oberste Schicht aus Kalk besteht, und/oder
- die Einlaufschicht in einer ringförmigen Tasche eines Einlaufschichtträgers angeordnet ist, welcher mit Ausnehmungen zur Durchleitung der Flüssigkeit versehen ist, und/oder
- radial außerhalb des Einlaufschichtträgers eine ringförmige Kammer ausgebildet ist, welche mit der Flüssigkeitszufuhrvorrichtung verbunden ist und in welche diese mündet, und/oder
- die Flüssigkeitszufuhrvorrichtung in Form zumindest eines Zulaufrohrs ausgebildet ist, wobei vorteilhafterweise die Flüssigkeitszufuhrvorrichtung zur Durchleitung von Wasser betriebsverbunden ist. Ferner ist vorteilhafterweise die Flüssigkeitszufuhrvorrichtung zur Anreicherung des Wassers mit Kohlendioxid mit einem Abgasstrom betriebsverbunden, wobei vorteilhafterweise die Flüssigkeitszufuhrvorrichtung zur Anreicherung des Wassers mit Calciumhydrogencarbonat mit einem Kalkvorrat betriebsverbunden ist, und/oder
- eine Flüssigkeitsabfuhrvorrichtung mit dem Einlaufschichtträger betriebsverbunden ist.

[0023] Ein Verfahren gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung lässt sich als ein Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen von Schaufeln eines Verdichters einer Gasturbine, wobei die Endbereiche mit zumindest einer im Wesentlichen ringförmigen Einlaufschicht eines ringförmigen Gehäusebereichs in Kontakt gebracht werden, und wobei eine, den Schaufeln zugewandte oberste Schicht durch Verdunsten einer Flüssigkeit nachgebildet wird beschreiben. Dabei ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass

- als Flüssigkeit Wasser verwendet wird, wobei vorteilhafterweise das Wasser über einen Abgasstrom mit Kohlendioxid angereichert wird, und wobei vorteilhafterweise das Wasser über einen Kalkvorrat mit Calciumhydrogencarbonat angereichert ist, und/oder
- ein anderer im Wasser gelöster oder transportierter Stoff durch Verdunsten an dem zum Schaufelende zeigenden Einlaufschichtbereich abgeschieden

wird.

[0024] Im Folgenden wird die Erfindung anhand dreier Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine Teil-Darstellung eines Verdichters oder Kompressors einer erfindungsgemäß zu verwendenden Gasturbine nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine vergrößerte Detailansicht einer Einlaufschicht gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 3 eine Teil-Schnittansicht des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 4 eine Teil-Schnittansicht eines weiteren Ausgestaltungsaspekts des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

Fig. 5 eine vergrößerte Oberflächenansicht der Einlaufschicht nach dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 6 eine Teil-Darstellung eines Verdichters oder Kompressors einer erfindungsgemäß zu verwendenden Gasturbine nach dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 7 eine vergrößerte Darstellung, analog zu Fig. 2, nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 8 eine vergrößerte Darstellung, analog zu Fig. 2, nach einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung, und

Fig. 9 eine Teil-Schnittansicht nach dem dritten Ausführungsbeispiel.

[0025] Die Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau einer Teildarstellung eines Verdichters oder Kompressors einer erfindungsgemäß zu verwendenden Gasturbine. Dabei ist in einem ringförmigen Gehäusebereich 15 ein Rotor 14 (Rotortrommel) drehbar gelagert, so wie dies der Stand der Technik zeigt. Der Rotor 14 umfasst einen Trommelbereich 13, an welchem Reihen von Rotorschaukeln 11 gelagert sind. Alternierende Reihen von Statorschaukeln 18 sind an dem ringförmigen Gehäusebereich 15 gelagert. Hierdurch wird ein Verdichter 12 gebildet, so wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0026] Freie Schaufelenden 16 der Rotorschaukeln 11 und Statorschaukeln 18 legen sich mit einem geringen Spalt an der Wandung eines Gehäuses 9 bzw. der Rotortrommel an. Dabei ist erfindungsgemäß eine Einlaufschicht 6 vorgesehen, um den Abstand der freien Schaufelenden von der Oberfläche des Gehäuses 9 bzw. des

Trommelbereichs 13 durch Einlaufen einstellen zu können.

[0027] Die Fig. 6 zeigt einen schematischen Aufbau einer Teildarstellung eines Verdichters oder Kompressors einer erfindungsgemäß zu verwendenden Gasturbine nach dem ersten Ausführungsbeispiel. Dabei ist in einem ringförmigen Gehäusebereich ein Rotor (Rotortrommel) drehbar gelagert, so wie dies der Stand der Technik zeigt. Der Rotor umfasst einen Trommelbereich, an welchem Reihen von Rotorscheaufeln gelagert sind. Alternierende Reihen von Statorschaufeln sind an dem ringförmigen Gehäusebereich gelagert. Hierdurch wird ein Verdichter gebildet, so wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0028] Die Flüssigkeit wird über mindestens ein Zulaufrohr 109 (Fig. 3) am Gehäuse 108 zugeführt. Über eine Kammer 113 kann sich die Flüssigkeit gleichmäßig verteilen. Ein Einlaufschichtträger 111 dient auch zum Abdichten der Kammer 113 gegenüber einem Ringraum zwischen benachbarten Schaufelreihen. Im Einlaufschichtträger 111 wird die Einlaufschicht 106 aufgebracht. Durch Löcher 112 im Einlaufschichtträger 111 gelangt die Flüssigkeit zur Einlaufschicht 106.

[0029] Erfindungsgemäß besteht die Grundsicht der Einlaufschicht 106 bevorzugterweise aus einem porösen, hygroskopischen Grundstoff oder Kapillarröhrchen, damit die Flüssigkeit an der Oberfläche austreten kann. Damit die Flüssigkeit auf der Oberfläche 115 gut haftet, sollte diese Eigenschaften aufweisen, die die Oberfläche vergrößern, z.B. rauh oder körnig sein (siehe Fig. 5). Die Flüssigkeit benetzt die Oberfläche 115 und bildet eine dünne Schicht, gegen die die Rotorscheaufeln 102 (Fig. 6) unter extremen Betriebsbedingungen einlaufen können. Die Deckschicht des Einlaufbelages wird erfindungsgemäß aus der Flüssigkeit gebildet. Durch den Luftstrom werden Moleküle/Atome der Flüssigkeit mitgerissen. Es entstehen also Verluste. Je zäher die Flüssigkeit ist, desto geringer werden die Verluste sein. Durch den Druck im Ringraum kann es notwendig sein, dass die Flüssigkeit druckbeaufschlagt wird.

[0030] Um im unteren Bereich des Triebwerkes ein zu starkes Ansammeln der Flüssigkeit zu vermeiden, ist dort bevorzugt eine Absaugvorrichtung angebracht (Fig. 4). Die überschüssige Flüssigkeit kann über die Löcher 112 im Einlaufschichtträger 111 in eine Kammer 117 gelangen. Diese Kammer 117 wird in dem gezeigten Beispiel durch den Einlaufschichtträger 111 und eine aufgebrachte Abdeckplatte 116 gebildet. Von dort wird die Flüssigkeit über ein Absaugrohr 114 aus dem Verdichter entfernt.

[0031] Erfindungsgemäß ist in vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass eine elektrisch leitende Flüssigkeit (z.B. Atome/Moleküle der Flüssigkeit sind elektrisch leitend oder durch Zusatz von elektrisch leitenden Stoffen in einer sonst nicht leitenden Flüssigkeit) verwendet wird. In diesem Fall kann durch elektrische Kräfte das Haften der Teilchen an der Oberfläche 115 unterstützt werden. In der Einlaufschicht 106 wird

zusätzlich eine elektrisch leitende Schicht eingebracht, bzw. die Einlaufschicht 106 besteht selber aus einem elektrisch leitenden Material. Dieses elektrisch leitende Material wird mit einer isolierenden Schicht überzogen, um direkten Kontakt mit der elektrisch leitenden Flüssigkeit zu vermeiden. An der elektrisch leitenden Schicht wird nun eine Spannung angelegt. Die Teilchen der Flüssigkeit werden durch die Spannung angezogen und haften besser auf der Oberfläche.

[0032] Das Spaltverhalten eines Triebwerkes ist schwer zu kontrollieren. Die Erfindung erlaubt es, dass die Rotorscheaufeln unter extremen Bedingungen in die Flüssigkeit einlaufen. Da die Flüssigkeit im Gegensatz zu einem festen Einlaufbelag ständig ersetzt werden kann, kann ein gleichmäßiger und optimierter Spalt eingestellt werden.

[0033] Nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Gasturbine (Fig. 7) wird bevorzugterweise ein bei Luft aushärtendes (luftaushärtbares) Material 201, z.B. Silikon, verwendet. Dieses wird in einem Vorratsbehälter 202 hinter dem Einlaufschichtträger bevorratet. Die Wandung des Vorratsbehälters 202 ist flexibel ausgebildet, sie besteht beispielsweise aus einer Kunststoffolie 203.

[0034] Auf einem Einlaufschichtträger 204 ist eine Einlaufschicht 206 aufgebracht. Durch Löcher/Ausnehmungen 207 im Einlaufschichtträger 204 kann das luftaushärtbare Material (Aushärtmasse) zur Einlaufschicht 206 gelangen.

[0035] Erfindungsgemäß besteht die Grundsicht der Einlaufschicht 206 aus einem porösen Grundstoff oder weist feine Röhrchen auf. Eine oberste Schicht 208 der Einlaufschicht 206, welche den freien Schaufelenden 216 zugewandt ist, ist luftundurchlässig. Über ein Zuführrohr 217 kann druckbeaufschlagte Luft über das Gehäuse 209 in eine Kammer 210 geleitet werden und einen Druck auf die Wandung des Vorratsbehälters 202 ausüben.

[0036] Ein Spalt zwischen den Rotorscheaufeln 11 (Fig. 1) und der Einlaufschicht 206 wird erfindungsgemäß so eingestellt, dass unter normalen Betriebsbedingungen die Deckschicht 208 (obere Schicht) nicht beschädigt wird. Kommt es bei einem extremen Manöver zu einem Einlaufen der Rotorscheaufeln 11 in die Deckschicht 208, wird diese abgetragen. Hierdurch wird die Grundstruktur der Einlaufschicht 206 freigelegt.

[0037] Nun setzt der erfindungsgemäß vorgesehene Selbstheilungsprozess ein. Das luftaushärtende Material (Aushärtmasse) wird an der beschädigten Stelle durch die Einlaufschicht 206 gedrückt und kommt mit dem Luftsauerstoff des Verdichters 12 in Verbindung und härtet dabei aus.

[0038] Bei der Gasturbine nach dem dritten Ausführungsbeispiel (Fig. 8-9) werden idealerweise vorhandene Rohstoffe im Betrieb zunutze. Bevorzugterweise wird als Flüssigkeit Wasser verwendet. Bei der Verbrennung des Kraftstoffes wird Kohlendioxid und Wasser freigesetzt. Die Abgase können dem Abgasstrom entnommen und das Wasser zur Kondensation gebracht werden.

[0039] Die erfindungsgemäß verwendeten Stoffe können aber auch mitgeführt oder aus der Umgebungsluft gewonnen werden.

[0040] Erfindungsgemäß wird das Kohlendioxid im Wasser gelöst und es entsteht Kohlensäure. Je kühler das Wasser und je höher der Druck, desto mehr Kohlendioxid kann gelöst werden. Erfindungsgemäß kann somit auch ein Kreislauf mit Pumpe und Kühlung des Wassers aufgebaut werden.

[0041] Im Weiteren wird Kalk benötigt. Erfindungsgemäß wird das leicht kohlenensäurehaltige Wasser über den Kalk geführt, wobei der Kalk zu wasserlöslichem Calciumhydrogencarbonat umgewandelt wird. Dieses calciumhydrogencarbonat-haltige Wasser wird nun über ein Zufuhrrohr 317 am Gehäuse 309 geleitet. Über eine Kammer 310 kann sich die Flüssigkeit gleichmäßig verteilen. Der Einlaufschichtträger 304 dient an dieser Stelle auch zum Abdichten der Kammer 310 gegenüber dem Ringraum 5 (Fig. 2). Im Einlaufschichtträger 304 wird die Einlaufschicht 306 aufgebracht. Durch Ausnehmungen 307 im Einlaufschichtträger 304 gelangt die Flüssigkeit zur Einlaufschicht 306. Erfindungsgemäß besteht die Grundschicht der Einlaufschicht 306 aus einem porösen Grundstoff oder Röhrchen, so dass das calciumhydrogencarbonat-haltige Wasser diese durchdringen kann. Die oberste Schicht 308 der Einlaufschicht 306 besteht aus einer wasserundurchlässigen Deckschicht.

[0042] Der Spalt zwischen Rotorschaukeln 11 und Einlaufschicht 306 wird erfindungsgemäß so eingestellt, dass unter normalen Betriebsbedingungen die Deckschicht 308 nicht beschädigt wird. Kommt es bei einem extremen Manöver zu einem Einlaufen der Rotorschaukeln 11 in die Deckschicht 308, wird diese abgetragen und die Grundstruktur der Einlaufschicht 306 freigelegt. Nun setzt der Selbstheilungsprozess ein. Es wird solange Wasser verdunstet, bis sich an der beschädigten Oberfläche eine Kalkschicht absetzt und sich die beschädigte Deckschicht 308 wieder verschließt.

[0043] Erfindungsgemäß besteht die Grundschicht der Einlaufschicht 306 aus einem porösen Grundstoff oder weist feine Röhrchen auf (Kapillare).

[0044] Um im unteren Bereich des Triebwerkes ein zu starkes Ansammeln der Flüssigkeit zu vermeiden, ist dort bevorzugt eine Absaugvorrichtung angebracht (Fig. 9). Die überschüssige Flüssigkeit kann über die Löcher 307 im Einlaufschichtträger 304 in eine Kammer 301 gelangen. Diese Kammer 301 wird in dem gezeigten Beispiel durch den Einlaufschichtträger 304 und eine aufgebrachte Abdeckplatte 302 gebildet. Von dort wird die Flüssigkeit über ein Absaugrohr 303 aus dem Verdichter entfernt.

[0045] Das Spaltverhalten eines Triebwerkes ist schwer zu kontrollieren. Die Erfindung erlaubt es, dass sich die Einlaufschicht selbst regeneriert und der Laufspalt wenigstens teilweise wieder hergestellt wird.

Bezugszeichenliste

[0046]

5	5	Ringkanal des Rotors
	11	Rotorschaukeln
	12	Verdichter
	13	Trommelbereich
	14	Rotor/Trommel
10	15	Ringförmiger Gehäusebereich
	16	Freies Schaufelende
	18	Statorschaufeln
	101	Verdichter
	102	Schaufel
15	103	Freies Schaufelende
	104	Gehäusebereich
	105	Trommelbereich
	106	Einlaufschicht
	107	Rotor/Trommel
20	108	Gehäuse
	109	Zulaufrohr/Flüssigkeitszufuhrvorrichtung
	110	Tasche
	111	Einlaufschichtträger
	112	Loch
25	113	Ringförmige Kammer
	114	Absaugrohr/Flüssigkeitsabfuhrvorrichtung
	115	Oberfläche der Einlaufschicht 6
	116	Abdeckplatte
30	117	Kammer
	201	Luftaushärtendes/luftaushärtbares Material
	202	Vorratsbehälter/Materialzuführungsvorrichtung
35	203	Elastische Folie/Kunststoffolie
	204, 304	Einlaufschichtträger
	6, 206, 306	Einlaufschicht
	207, 307	Loch/Ausnehmung
	208, 308	Oberste Schicht/Deckschicht
40	209, 309	Gehäuse
	210, 310	Kammer
	217, 317	Zufuhrrohr
	301	Kammer
	302	Abdeckplatte
45	303	Absaugrohr/Flüssigkeitsabfuhrvorrichtung
	318	Tasche

50 **Patentansprüche**

1. Gasturbine mit einem Verdichter (101), welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln (102) umfasst, wobei die Schaufeln (102) jeweils mit einem freien Ende (103) versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende (103) der Schaufel (102) an einem ringförmigen Gehäusebereich (104) eine Einlaufschicht (106) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet,**

- dass** die Einlaufschicht(106) mit einer Flüssigkeitszuführvorrichtung (109) verbunden ist und dass die Einlaufschicht (106) mit Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen versehen ist.
2. Gasturbine mit einem Verdichter (12), welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln (11) umfasst, wobei die Schaufeln (11) jeweils mit einem freien Ende (16) versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende (16) der Schaufel (11) an einem ringförmigen Gehäusebereich (15) eine Einlaufschicht (206) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einlaufschicht (206) mit einer Materialzuführvorrichtung (202) verbunden ist, welche ein luftaushärtendes Material (201) enthält, und dass die Einlaufschicht (206) mit Materialdurchtrittsöffnungen versehen ist.
 3. Gasturbine mit einem Verdichter (12), welcher zumindest eine Reihe von Schaufeln (11) umfasst, wobei die Schaufeln (11) jeweils mit einem freien Ende (16) versehen sind, wobei angrenzend an das freie Ende (16) der Schaufel (11) an einem ringförmigen Gehäusebereich (15) eine Einlaufschicht (306) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einlaufschicht (306) mit einer Flüssigkeitszuführvorrichtung (317) verbunden ist und dass die Einlaufschicht (306) mit Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen versehen ist, wobei die den Schaufeln (11) zugewandte oberste Schicht (308) der Einlaufschicht (6) aus einem flüssigkeitsundurchlässigen Material besteht.
 4. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeitsdurchtrittsöffnungen bzw. Materialdurchtrittsöffnungen der Einlaufschicht (106, 206, 306) durch Poren des Materials der Einlaufschicht (106, 206, 306) gebildet sind.
 5. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeitszuführvorrichtung (109, 317) zur Durchleitung von Wasser oder Öl betriebsverbunden ist.
 6. Gasturbine nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das luftaushärtende Material Silikon umfasst.
 7. Gasturbine nach Anspruch 2 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** außerhalb des Einlaufschichtträgers (204) ein ringförmiger Vorratsbehälter (202) ausgebildet ist, welcher elastisch ausgebildet und luftdicht verschlossen ist und aus welchem durch Druckbeaufschlagung (Luft oder auch durch Zentrifugalkräfte) das luftaushärtende Material in die Einlaufschicht (206) eingebracht wird.
 8. Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen (103) von Schaufeln (102) eines Verdichters (101) einer Gasturbine, wobei die Endbereiche (103) mit zumindest einer im Wesentlichen ringförmigen Einlaufschicht (106) eines ringförmigen Gehäusebereichs (104) in Kontakt gebracht werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Oberfläche (115) der Einlaufschicht (106) mit einer Flüssigkeit beaufschlagt wird.
 9. Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen (16) von Schaufeln (11) eines Verdichters (12) einer Gasturbine, wobei die Endbereiche (16) mit zumindest einer im Wesentlichen ringförmigen Einlaufschicht (206) eines ringförmigen Gehäusebereichs (15) in Kontakt gebracht werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Oberfläche der Einlaufschicht (206) mit einem luftaushärtbaren Material beaufschlagbar ist.
 10. Verfahren zum Einlaufen von freien Endbereichen (16) von Schaufeln (11) eines Verdichters (12) einer Gasturbine, wobei die Endbereiche (16) mit zumindest einer im Wesentlichen ringförmigen Einlaufschicht (306) eines ringförmigen Gehäusebereichs (15) in Kontakt gebracht werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine, den Schaufeln (11) zugewandte oberste Schicht (308) durch Verdunsten einer Flüssigkeit nachgebildet wird.
 11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Flüssigkeit Wasser oder Öl verwendet wird.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8, 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elektrisch leitende Flüssigkeit verwendet wird.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** an die Einlaufschicht (106) eine elektrische Spannung angelegt wird.
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wasser über einen Abgasstrom mit Kohlendioxyd angereichert wird.
 15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wasser über einen Kalkvorrat mit Calciumhydrogencarbonat angereichert ist.

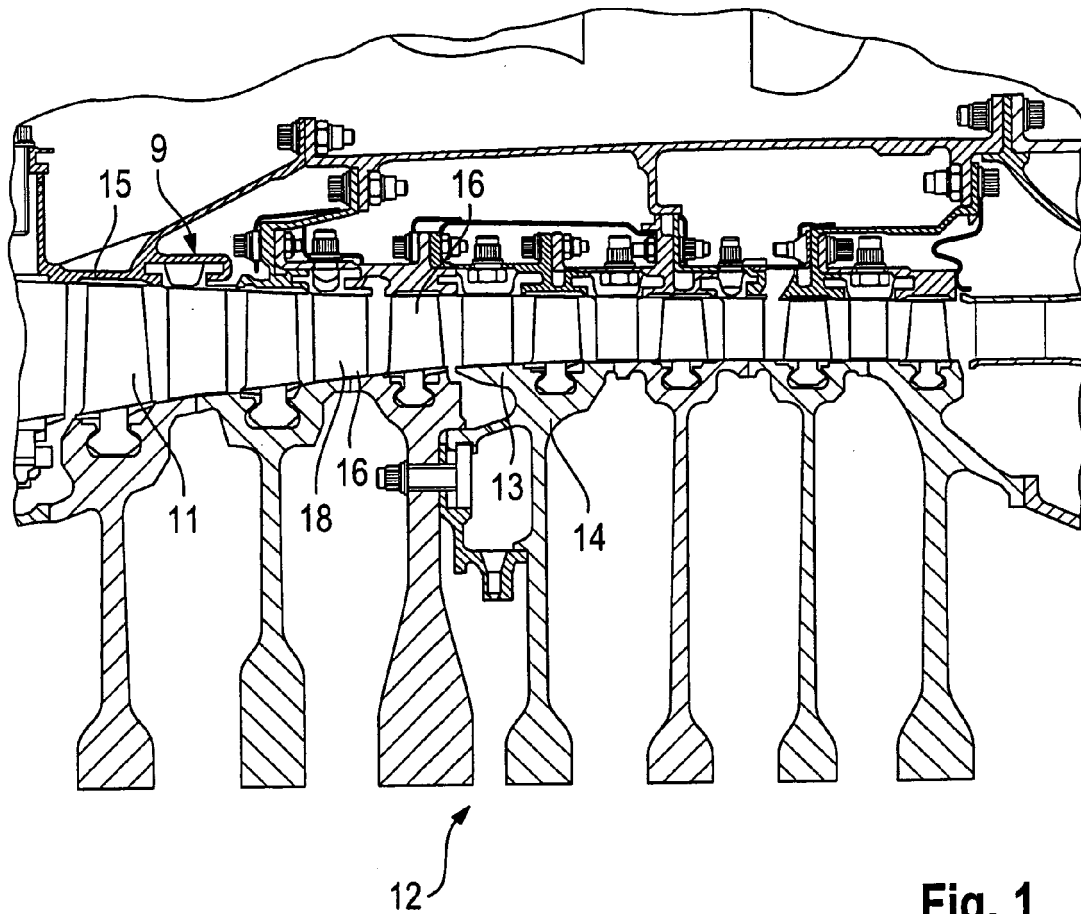


Fig. 1

(STAND DER TECHNIK)

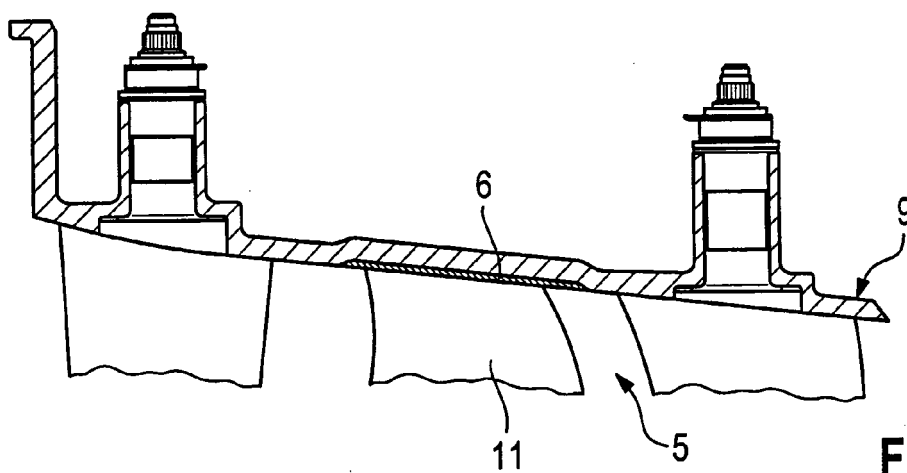


Fig. 2

(STAND DER TECHNIK)

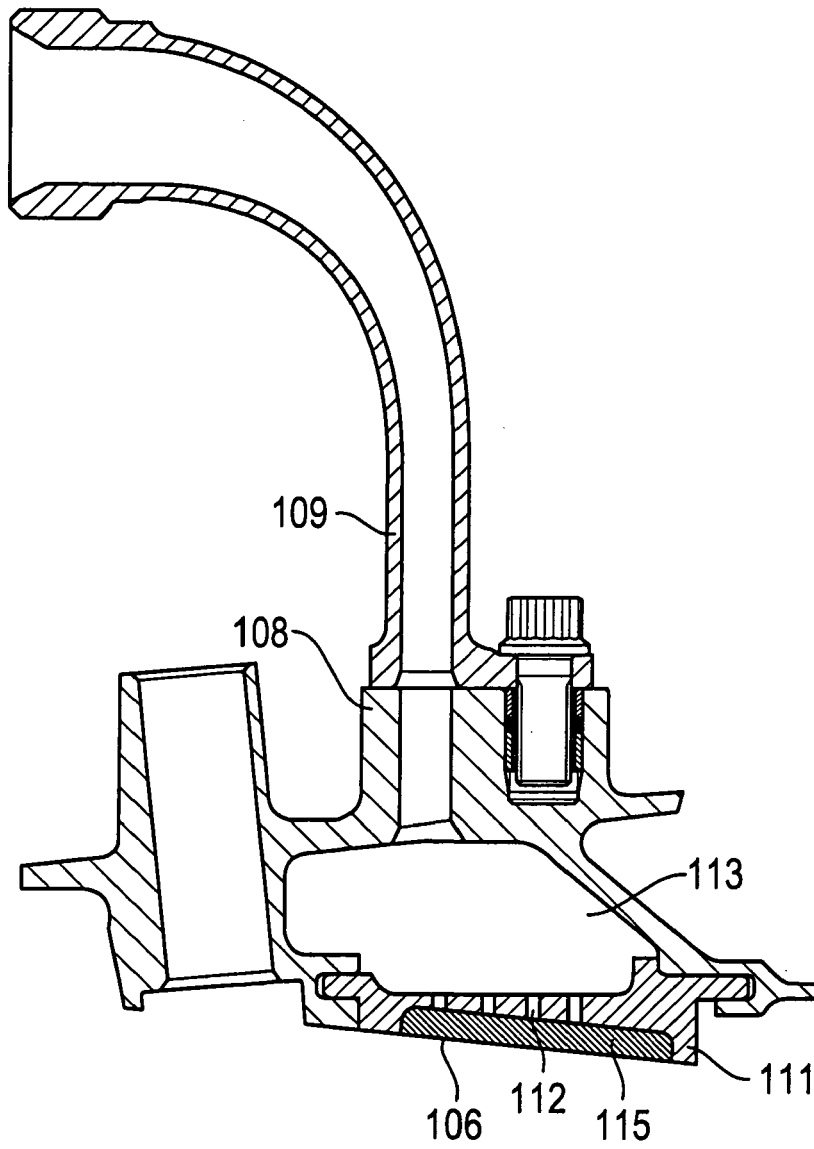


Fig. 3

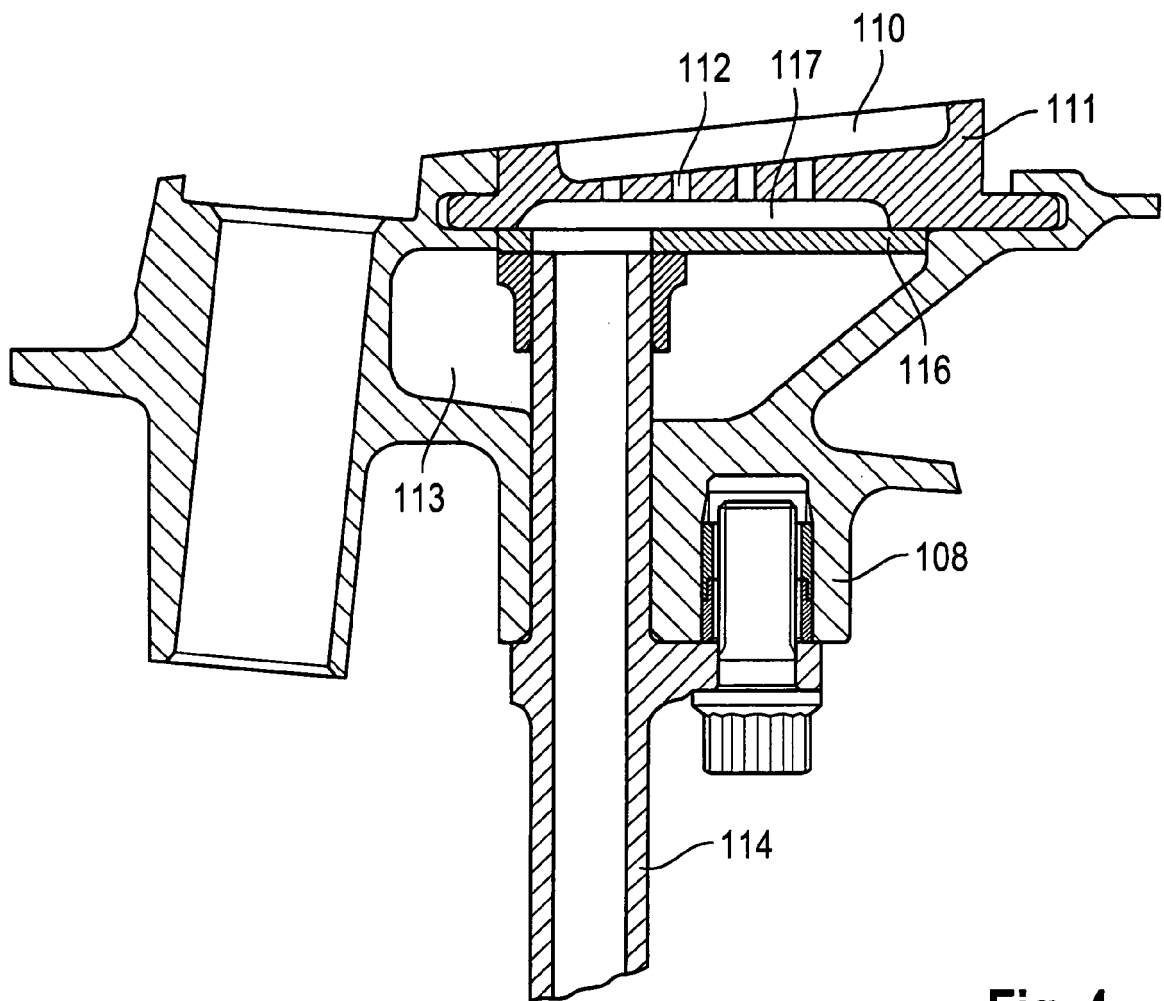


Fig. 4

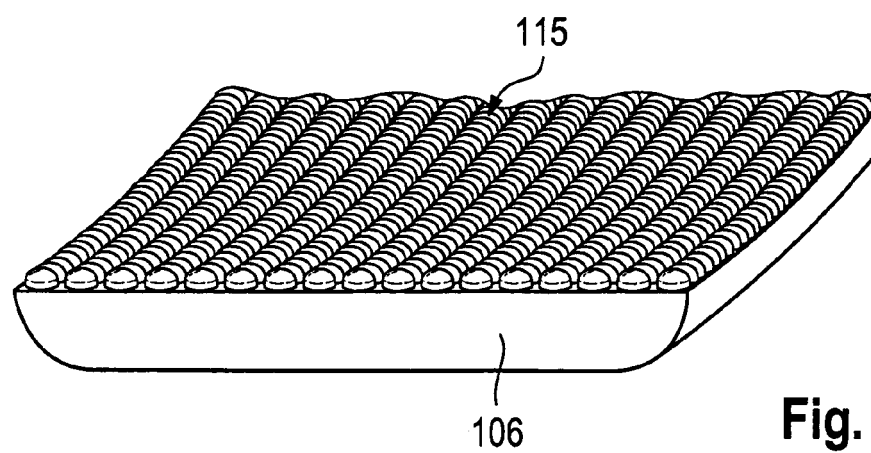


Fig. 5

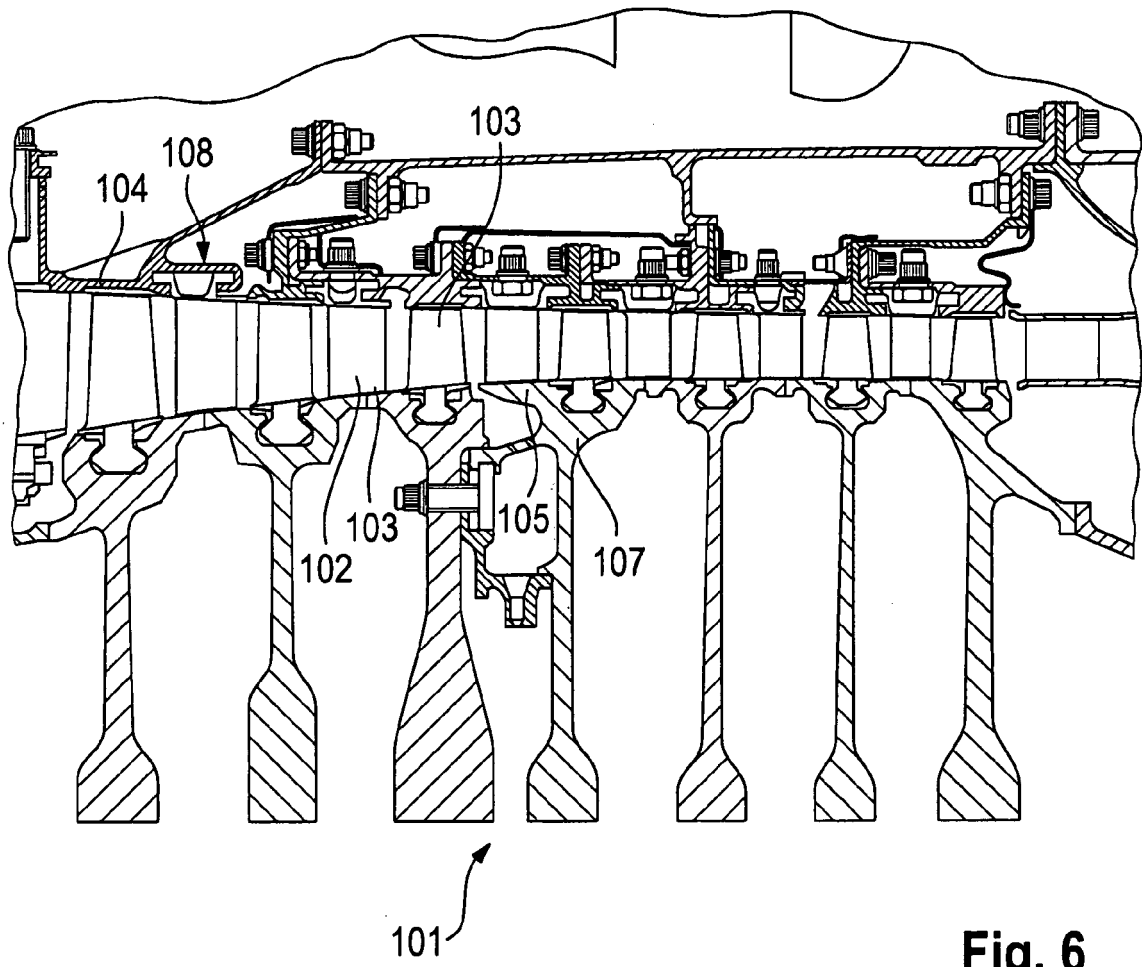


Fig. 6

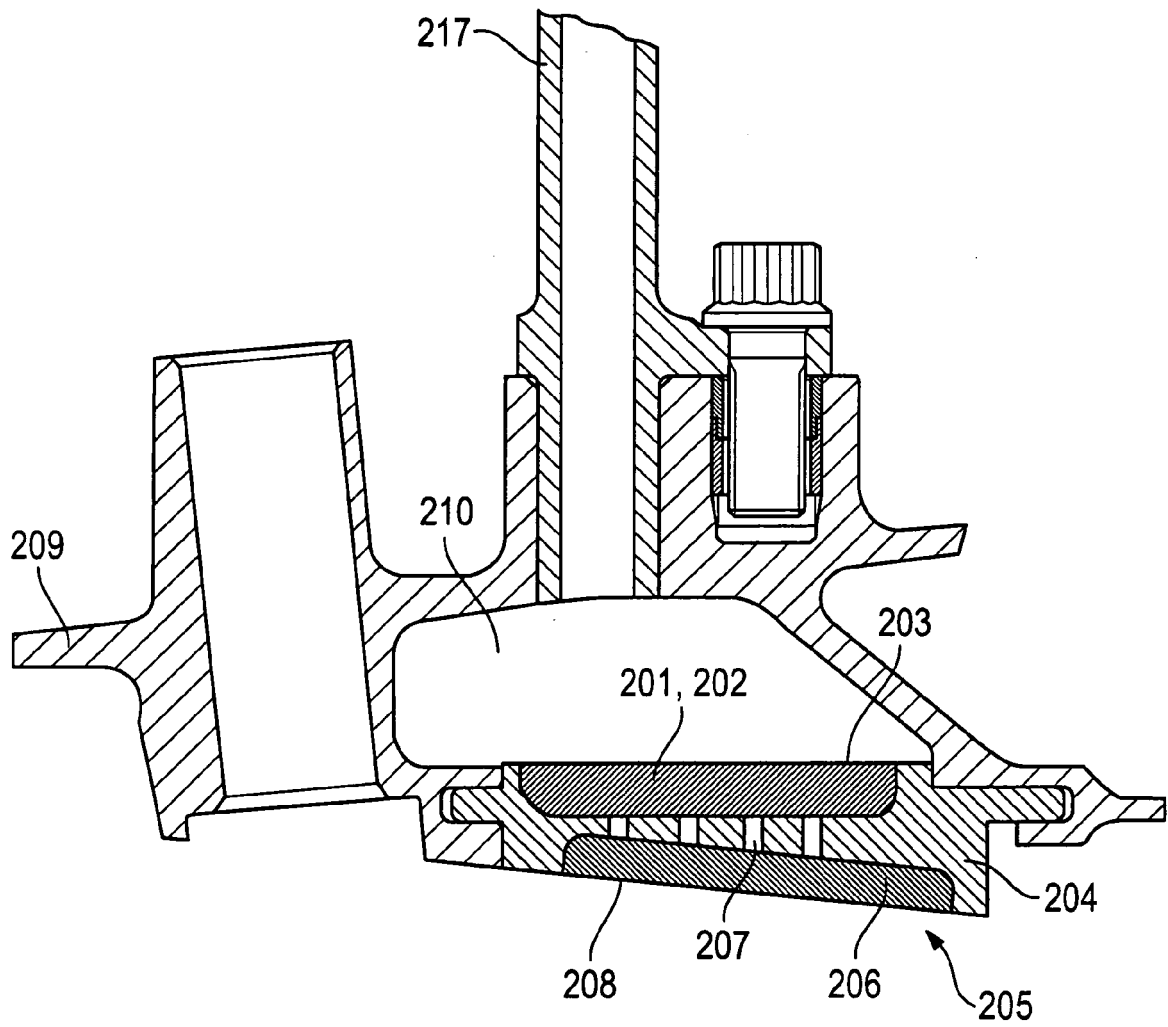


Fig. 7

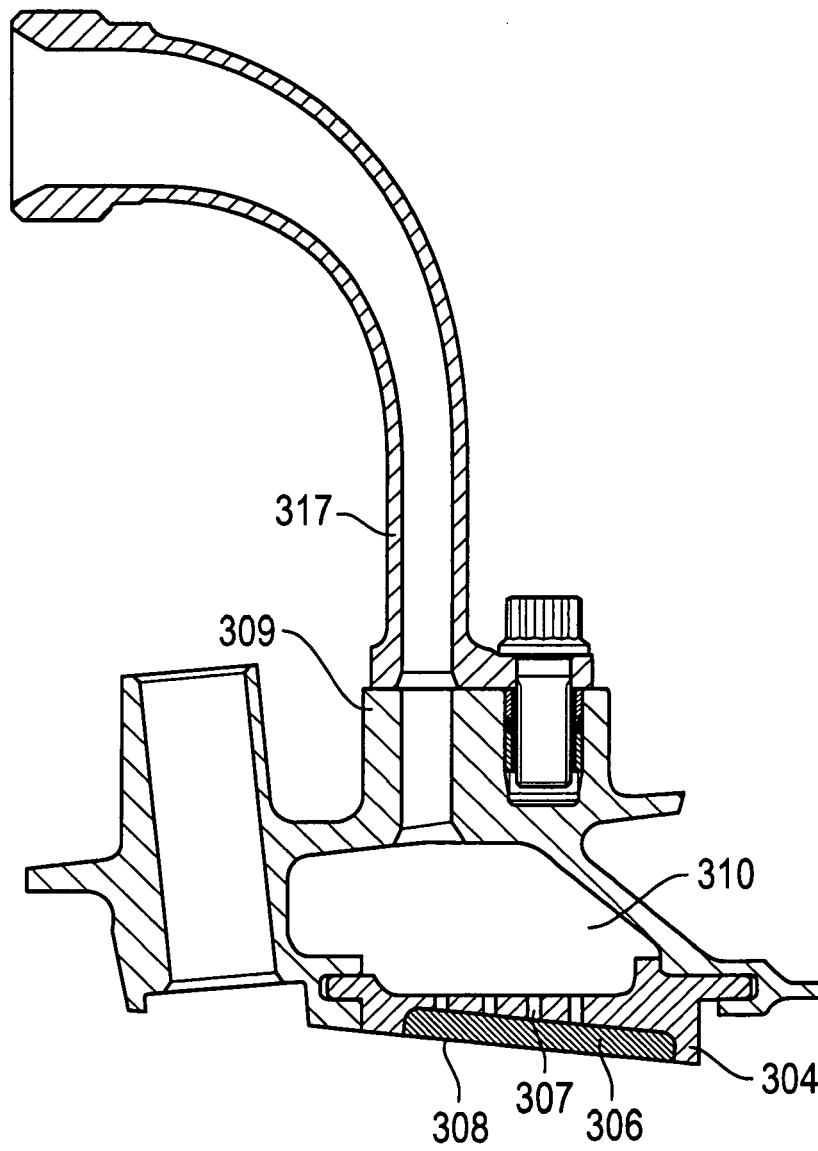


Fig. 8

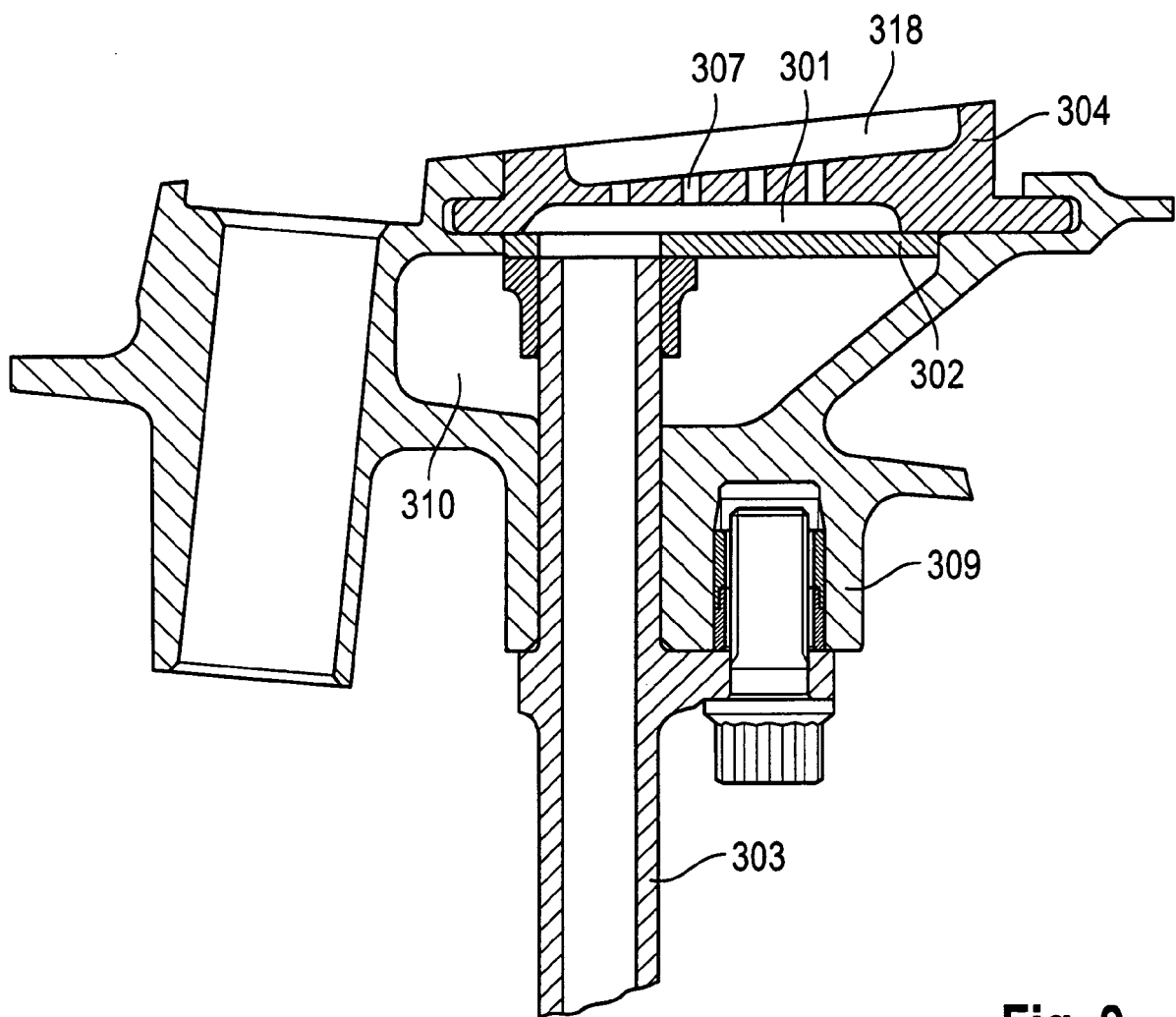


Fig. 9

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 7086233 B [0004]