



(11) **EP 2 063 072 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**27.05.2009 Patentblatt 2009/22**

(51) Int Cl.:  
**F01D 11/12<sup>(2006.01)</sup> F01D 11/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **08169608.0**

(22) Anmeldetag: **21.11.2008**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA MK RS**

(72) Erfinder:  
• **Hertter, Manuel**  
**81247 München (DE)**  
• **Jakimov, Andreas**  
**80997 München (DE)**  
• **Schneiderbanger, Stefan**  
**85232 Lauterbach (DE)**  
• **Stolle, Ralf**  
**82515 Wolfratshausen (DE)**  
• **Wachter, Wolfgang**  
**80799 München (DE)**

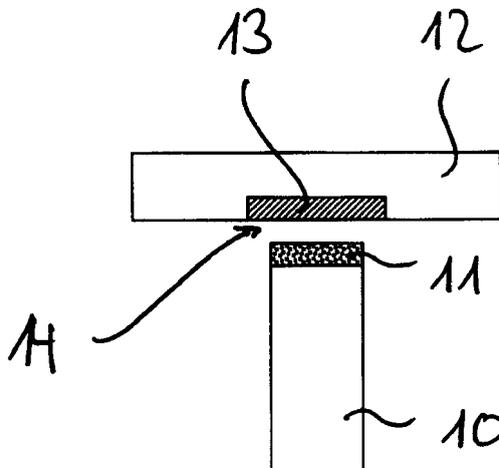
(30) Priorität: **23.11.2007 DE 102007056452**

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines GmbH**  
**80995 München (DE)**

(54) **Dichtsystem einer Turbomaschine und Verfahren zum Aufbringen einer Schutzschicht auf ein Bauteil dieser Turbomaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Dichtsystem für Verdichtermodule einer Turbomaschine, insbesondere einer Gasturbine, nämlich zur Abdichtung eines Spalts zwischen einem rotierenden Bauteil (10), insbesondere einer rotorseitigen Laufschaufel, und einem feststehenden Bauteil (12), insbesondere einem statorseitigen Gehäuse, wobei dem feststehenden Bauteil (12) ein Einlaufbelag (13) und dem rotierenden Bauteil (10) eine in den Einlaufbelag (12) einlaufende Panzerung (11) zugeordnet ist. Erfindungsgemäß ist a) das rotierende Bauteil

(10) aus einem relativ weichen Werkstoff, nämlich aus einer Titanbasislegierung oder einer Aluminiumbasislegierung oder einer Magnesiumbasislegierung, hergestellt; b) die dem rotierenden Bauteil (10) zugeordnete Panzerung (11) aus einem relativ harten Werkstoff, nämlich aus einer Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung, hergestellt; und c) der dem feststehenden Bauteil (12) zugeordnete Einlaufbelag (13) aus einem erosionsbeständigen Werkstoff hergestellt, der eine geringere Härte als der relativ harte Werkstoff der Panzerung aufweist.



**EP 2 063 072 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Dichtsystem einer Turbomaschine, insbesondere einer Gasturbine, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Aufbringen einer Panzerung auf ein Bauteil einer Turbomaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

**[0002]** Turbomaschinen, wie zum Beispiel Gasturbinen, umfassen in der Regel mehrere rotierende Laufschaufeln sowie mehrere feststehende Leitschaufeln, wobei die Laufschaufeln zusammen mit einem Rotor rotieren, und wobei die Laufschaufeln sowie die Leitschaufeln von einem feststehenden Gehäuse umschlossen sind. Zur Leistungssteigerung ist es von Bedeutung, alle Komponenten und Subsysteme zu optimieren. Hierzu zählen auch die sogenannten Dichtsysteme.

**[0003]** Besonders problematisch ist bei Turbomaschinen die Einhaltung eines minimalen Spalts zwischen den rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse eines Hochdruckverdichters. Bei Hochdruckverdichtern treten bezogen auf den Verdichterbereich nämlich die größten absoluten Temperaturen sowie Temperaturgradienten auf, was die Spalthaltung der rotierenden Laufschaufeln zum feststehenden Gehäuse erschwert. Dies liegt unter anderem auch darin begründet, dass bei Verdichterlaufschauflern in der Regel auf Deckbänder, wie sie bei Turbinenlaufschauflern verwendet werden, verzichtet werden muss.

**[0004]** Wie bereits erwähnt, muss in der Regel bei Laufschaufeln im Verdichter auf ein Deckband verzichtet werden. Daher sind Enden bzw. Spitzen der Laufschaufeln beim sogenannten Anstreifen in das feststehende Gehäuse einem direkten Reibkontakt mit einem dem Gehäuse zugeordneten Einlaufbelag ausgesetzt. Ein solches Anstreifen der Spitzen der Laufschaufeln in den Einlaufbelag wird bei Einstellung eines minimalen Radialspalts durch Fertigungstoleranzen hervorgerufen. Da durch den Reibkontakt der Spitzen der Laufschaufeln an denselben Material abgetragen wird, kann sich über den gesamten Umfang von Gehäuse und Rotor eine unerwünschte Spaltvergrößerung einstellen. Um dies zu vermeiden ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, die Enden bzw. Spitzen der Laufschaufeln mit einer Schaufelspitzenpanzerung zu versehen.

**[0005]** Die US 6,194,086 B1 offenbart eine Laufschaufel einer Gasturbine mit einer Schaufelspitzenpanzerung, wobei die Schaufelspitzenpanzerung eine Deckschicht umfasst, die aus in ein metallisches Matrixmaterial eingelagerten, abrasiven Partikeln gebildet ist.

**[0006]** Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Dichtsystem einer Turbomaschine, insbesondere einer Gasturbine, sowie ein neuartiges Verfahren zum Aufbringen einer Panzerung auf ein Bauteil einer Turbomaschine zu schaffen.

**[0007]** Dieses Problem wird durch ein Dichtsystem im Sinne von Anspruch 1 gelöst.

**[0008]** Erfindungsgemäß ist a) das rotierende Bauteil aus einem relativ weichen Werkstoff, nämlich aus einer Titanbasislegierung oder einer Aluminiumbasislegierung oder einer Magnesiumbasislegierung, hergestellt; b) die dem rotierenden Bauteil zugeordnete Panzerung aus einem relativ harten Werkstoff, nämlich aus einer Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung, hergestellt; und c) der dem feststehenden Bauteil zugeordnete Einlaufbelag aus einem erosionsbeständigen Werkstoff hergestellt, der eine geringere Härte als der relativ harte Werkstoff der Panzerung aufweist.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufbringen einer Panzerung auf ein Bauteil einer Turbomaschine ist in Anspruch 11 definiert.

**[0010]** Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1: einen schematisierten Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Dichtsystem.

**[0011]** Fig. 1 zeigt eine schematisierte Darstellung eines erfindungsgemäßen Dichtsystems einer Turbomaschine im Bereich einer rotorseitigen Laufschaufel 10, der an einer Spitze eine Panzerung 11 zugeordnet ist, und eines statorseitigen Gehäuses 12, dem ein Einlaufbelag 13 zugeordnet ist, wobei der Einlaufbelag 13 der Panzerung 11 benachbart ist.

**[0012]** Das Dichtsystem der Fig. 1 dient der Abdichtung eines Spalts 14 zwischen der Laufschaufel 10 und dem Gehäuse 12. Die Laufschaufel 10 läuft hierzu mit ihrer Panzerung 11 in den dem Gehäuse 12 zugeordneten Einlaufbelag 13 ein.

**[0013]** Beim erfindungsgemäßen Dichtsystem ist die rotorseitige Laufschaufel 10 aus einem relativ weichen Werkstoff hergestellt, nämlich aus einer Titanbasislegierung oder einer Aluminiumbasislegierung oder einer Magnesiumbasislegierung. Die der Laufschaufel 10 zugeordnete Panzerung 11 ist aus einem relativ harten Werkstoff hergestellt, nämlich aus einer Nickelbasislegierung oder einer Eisenbasislegierung. Der dem Gehäuse 12 zugeordnete Einlaufbelag 13 ist aus einem erosionsbeständigen Werkstoff hergestellt, der eine geringere Härte als der relativ harte Werkstoff der Panzerung 11 aufweist.

**[0014]** Der Werkstoff des Einlaufbelags 13 weist vorzugsweise eine Härte zwischen 35 und 70 HR15Y auf, wobei sich die Angabe auf eine Messung der Rockwell-Härte bezieht. Der Werkstoff der Panzerung 11 hingegen weist eine Härte von weit mehr als 70 HR15Y auf.

**[0015]** In der Nickelbasislegierung oder der Eisenbasislegierung der Panzerung 11 können Hartstoffpartikel bzw. abrasive Partikel eingelagert sein, wobei als Hartstoffpartikel vorzugsweise Partikel aus Oxyden oder Carbiden oder Nitriden in die Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung der Panzerung 11 eingelagert sind. Vorzugsweise sind als Hartstoffpartikel Partikel aus ku-

bischem Bornitrid in die Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung der Panzerung 11 eingelagert.

**[0016]** Der erosionsbeständige Werkstoff des Einlaufbelags 13 ist vorzugsweise porös. Der Werkstoff des Einlaufbelags 13 besteht vorzugsweise aus einer metallischen Matrix, bevorzugt aus einer NiCrAl-Legierung mit einem in dieselbe eingelagerten Zusatzstoff und/oder Festschmierstoff, wobei es sich bei dem Zusatzstoff um Partikel aus insbesondere Bentonit, also einen keramischen Material aus einem Aluminiumsilikat handelt. Der Festschmierstoff ist vorteilhafterweise hexagonales Bornitrid oder auch Graphit.

**[0017]** Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der hier vorliegenden Erfindung ist die Panzerung 11 auf die rotorseitige Laufschaufel 10 über Kalt-Kinetisches-Kompaktieren bzw. über kinetisches Kaltgasspritzen auf die rotorseitige Laufschaufel 10 aufgebracht.

**[0018]** Das Aufbringen der Panzerung 11 auf das rotierende Bauteil, nämlich gemäß Fig. 1 die rotorseitige Laufschaufel 10, über Kalt-Kinetisches-Kompaktieren bzw. kinetische Kaltgasspritzen erfolgt vorzugsweise bei einer Gastemperatur zwischen 300 und 950°C und bei einem Druck zwischen 30 und 40 bar. Als Prozessgas kommt insbesondere Stickstoff zum Einsatz. Die Erwärmung der Partikel erfolgt durch Vorwärmen des Gases vor Aufnahme der Partikel und durch einen Wärmetauscher kurz vor Austritt aus der Sprühpistole.

**[0019]** Das Kalt-Kinetische-Kompaktieren bzw. kinetische Kaltgasspritzen erfolgt bei einer Geschwindigkeit zwischen 500 und 1500 m/sec, wobei es sich bei dieser Geschwindigkeit um die Geschwindigkeit handelt, mit Hilfe derer in einem Trägergas enthaltene Partikel aus dem Werkstoff der Panzerung zum Herstellen der Panzerung 11 auf die Laufschaufel 10 gerichtet werden. Als Trägergas für das Kalt-Kinetische-Kompaktieren bzw. das kinetische Kaltgasspritzen findet vorzugsweise Stickstoff Verwendung.

**[0020]** Hierbei werden über das Trägergas Partikel aus dem Werkstoff der Panzerung 11 auf die rotorseitige Laufschaufel aufgebracht, wobei die im Trägergas enthaltenen Partikel eine Partikelgröße zwischen 5 und 80 µm aufweisen. Das Maximum einer gaußschen Verteilung für die Partikelgröße der im Trägergas enthaltenen Partikel liegt dabei vorzugsweise bei in etwa 30 µm.

**[0021]** Die über Kalt-Kinetisches-Kompaktieren bzw. kinetische Kaltgasspritzen auf die Laufschaufel 10 aufgebrachte Panzerung 11 verfügt vorzugsweise über eine Dicke zwischen 0,05 und 1,5 mm. Ferner verfügt die Panzerung 11 bevorzugt über eine äußerst geringe Porösität mit einer Dichte zwischen insbesondere 98 und 100%.

**[0022]** Obwohl unter Bezugnahme auf Fig. 1 das erfindungsgemäße Dichtsystem am Beispiel einer Laufschaufel 10 und einem Gehäuse 12 zur Abdichtung eines Spalts zwischen der Laufschaufel 10 und dem Gehäuse 12 beschrieben wurde, ist das erfindungsgemäße Dichtsystem nicht auf diesen Anwendungsfall beschränkt, vielmehr können mit dem erfindungsgemäßen Dichtsystem auch andere Spalte zwischen rotierenden und fest-

stehenden Bauteilen abgedichtet werden. So kann die Panzerung 11 auch auf einen rotorseitigen Dichtfin aufgebracht sein, der in einen Einlaufbelag im Bereich statorseitiger Leitschaufeln einläuft.

**[0023]** Die Herstellung von Panzerungen über Kalt-Kinetisches-Kompaktieren bzw. kinetisches Kaltgasspritzen verfügt über den Vorteil, dass einerseits die Panzerung hochgenau mit Hilfe eines dünnen Spritzstrahls und des Weiteren relativ kostengünstig hergestellt werden kann. Mit dem erfindungsgemäßen Dichtsystem ist es möglich, in Verdichtern Laufschaufeln aus einem relativ weichen Werkstoff, nämlich aus einer Titanbasislegierung oder Aluminiumbasislegierung oder Magnesiumbasislegierung zu verwenden, wobei die über kinetisches Kaltgasspritzen bzw. Kalt-Kinetisches-Kompaktieren aufgebrachte Panzerung aus einer Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung besteht und demnach relativ hart ist.

**[0024]** Die so gepanzerten Laufschaufeln laufen in den Einlaufbelag ein, der aus einem erosionsbeständigen Werkstoff gebildet ist, der eine größere Härte aufweist als der relativ weiche Werkstoff der Laufschaufeln und der eine geringere Härte aufweist als der relativ harte Werkstoff der Panzerung der Laufschaufeln.

**[0025]** Derartige Panzerungen verfügen über eine gute Haftung und Duktilität, weshalb die Gefahr einer Rissbildung in der Panzerung und die Gefahr einer Rissfortsetzung in den Grundwerkstoff mit der hier vorliegenden Erfindung deutlich verringert werden kann. Das erfindungsgemäße Dichtsystem ist durch einen dauerhaft geringeren Verschleiß gekennzeichnet.

### Patentansprüche

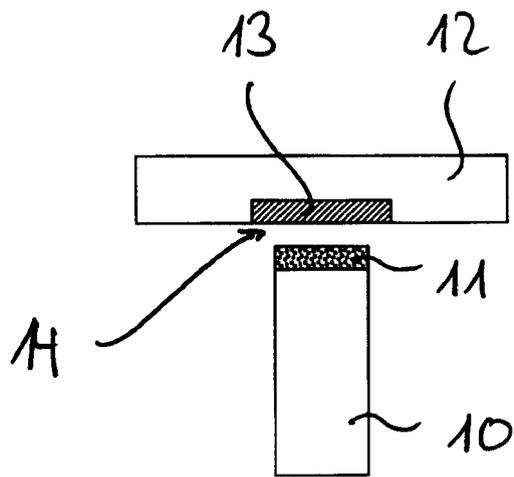
1. Dichtsystem einer Turbomaschine, insbesondere einer Gasturbine, nämlich zur Abdichtung eines Spalts zwischen einem rotierenden Bauteil, insbesondere einer rotorseitigen Laufschaufel, und einem feststehenden Bauteil, insbesondere einem statorseitigen Gehäuse, wobei dem feststehenden Bauteil ein Einlaufbelag und dem rotierenden Bauteil eine in den Einlaufbelag einlaufende Panzerung zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**

a) das rotierende Bauteil (10) aus einem relativ weichen Werkstoff, nämlich aus einer Titanbasislegierung oder einer Aluminiumbasislegierung oder einer Magnesiumbasislegierung, hergestellt ist,

b) die dem rotierenden Bauteil (10) zugeordnete Panzerung (11) aus einem relativ harten Werkstoff, nämlich aus einer Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung, hergestellt ist,

c) der dem feststehenden Bauteil (12) zugeordnete Einlaufbelag (13) aus einem erosionsbeständigen Werkstoff hergestellt ist, der eine geringere Härte als der relativ harte Werkstoff der

- Panzerung aufweist.
2. Dichtsystem nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Werkstoff des Einlaufbelags (13) eine Härte zwischen 10 und 70 HR15Y aufweist, und dass der Werkstoff der Panzerung (11) eine Härte von mehr als 70 HR15Y aufweist. 5
  3. Dichtsystem nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
in die Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung der Panzerung (11) Hartstoffpartikel bzw. abrasive Partikel eingelagert sind. 10
  4. Dichtsystem nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
als Hartstoffpartikel Partikel aus Oxiden oder Carbiden oder Nitriden in die Nickelbasislegierung oder Eisenbasislegierung eingelagert sind. 20
  5. Dichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Werkstoff des Einlaufbelags (13) porös ist. 25
  6. Dichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Werkstoff des Einlaufbelags (13) aus einer metallischen Matrix mit einem in dieselbe eingelagerten Zusatzstoff und/oder Festschmierstoff besteht. 30
  7. Dichtsystem nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
als Zusatzstoffpartikel aus Bentonit oder HBN (hexagonales Bornitritrid) oder Graphit in die metallische Matrix eingelagert sind. 35
  8. Dichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Panzerung (11) über Kalt-Kinetisches-Kompaktieren bzw. kinetisches Kaltgasspritzen auf das rotorseitige Bauteil aufgebracht ist. 40
  9. Dichtsystem nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Panzerung (11) über Kalt-Kinetisches-Kompaktieren bzw. kinetisches Kaltgasspritzen bei einer Gastemperatur zwischen 300 und 950 °C, bei einem Druck zwischen 30 und 40 bar und bei einer Geschwindigkeit zwischen 500 und 1500 m/sec aufgebracht ist. 50
  10. Dichtsystem nach Anspruch 8 oder 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
hierbei über ein Trägergas Partikel aus dem Werkstoff der Panzerung mit einer Partikelgröße zwischen 5 und 80 µm auf das rotierende Bauteil aufgebracht sind. 55
  11. Verfahren zum Aufbringen einer Panzerung auf ein Bauteil einer Turbomaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Panzerung (11) über Kalt-Kinetisches-Kompaktieren bzw. kinetisches Kaltgasspritzen auf das rotorseitige Bauteil aufgebracht ist.
  12. Verfahren nach Anspruch 11,  
**gekennzeichnet durch**  
Merkmale nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11.



**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 6194086 B1 [0005]