

(19)



(11)

EP 2 439 379 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

11.04.2012 Patentblatt 2012/15

(51) Int Cl.:

F01D 11/08^(2006.01)(21) Anmeldenummer: **11180300.3**(22) Anmeldetag: **07.09.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

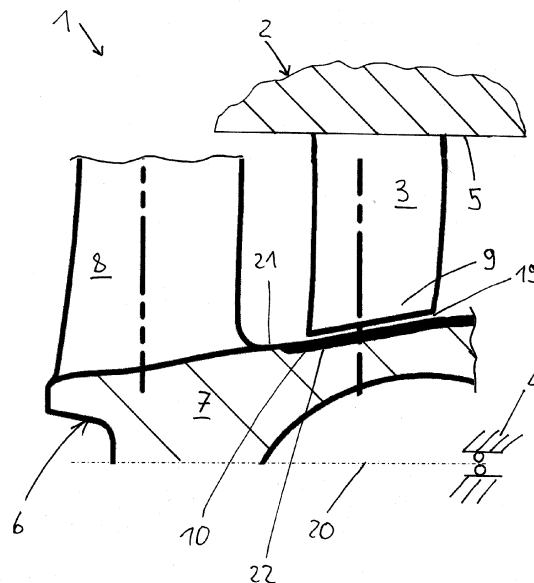
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)(72) Erfinder: **Metscher, Martin**
81539 München (DE)(30) Priorität: **11.10.2010 DE 102010048147**

(54) **Schichtsystem zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine und Verfahren zum Herstellen eines derartigen Schichtsystems**

(57) Die vorliegende Erfindung schafft ein Schichtsystem zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine, insbesondere eines Verdichters, welches zwischen Bauteilen der Strömungsmaschine angeordnet ist und bei einer Relativbewegung der Bauteile zueinander derart einlauffähig ist, dass zumindest eines der Bauteile in das Schichtsystem einläuft, mit: einer auf zumindest einem der Bauteile angeordneten ersten Haftschrift; einer auf der ersten Haftschrift angeordneten Schutz-

schicht; einer auf der Schutzschicht angeordneten zweiten Haftschrift; und einer auf der zweiten Haftschrift angeordneten Einlaufschicht, welche weicher als die Schutzschicht ausgebildet ist. Die vorliegende Erfindung schafft ferner ein Verfahren zum Herstellen eines Schichtsystem zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine sowie eine Strömungsmaschine, insbesondere einen Verdichter, mit einem Stator; einem relativ zu dem Stator drehbar gelagerten Rotor; und einem derartigen Schichtsystem.

**Fig. 1****EP 2 439 379 A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schichtsystem zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine, insbesondere eines Verdichters, ein Verfahren zum Herstellen eines derartigen Schichtsystems und eine Strömungsmaschine, insbesondere einen Verdichter, mit einem derartigen Schichtsystem.

[0002] Obwohl auf beliebige Strömungsmaschinen anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrundeliegende Problematik in Bezug auf einen Verdichter näher erläutert.

[0003] Beim Einlaufen von deckbandlosen Verdichterleitschaufeln eines Stators in einen Rotor einer Strömungsmaschine sind die Anforderungen zu erfüllen, den Rotor vor Schäden zu schützen und gleichzeitig ein möglichst tiefes Einlaufen der Verdichterleitschaufeln in den Rotor zu ermöglichen, um einen optimierten Laufspalt zwischen Leitschaufelspitzen der Verdichterleitschaufeln und dem Rotor zu gewährleisten. Dabei darf es jedoch nicht zu Beschädigungen der Verdichterleitschaufeln kommen.

[0004] Die DE 102 25 532 C1 beschreibt ein Schichtsystem für eine Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbine, das auf ein metallisches Bauteil aufgebracht und gegenüber einem relativ zu diesem beweglichen, weiteren Bauteil einlauffähig ist, das zur Verbesserung der Lebensdauer und der Einlauffähigkeit durch eine auf das metallische Bauteil aufgebrachte Haftschrift sowie einen darauf aufgetragenen, wenigstens zwei Schichten umfassenden Einlaufbelag gekennzeichnet ist, wobei die an der Haftschrift angrenzende erste Schicht relativ zu der zweiten Schicht härter ist, und wobei die zweite Schicht einlauffähig ist.

[0005] Die DE 20 2005 020 695 U1 beschreibt ein Schichtsystem zum Oxidations- und Korrosionsschutz von Gasturbinenkomponenten. Das Schichtsystem weist eine metallische Anbindungsschicht zur Anbindung an ein Substrat und eine auf der metallischen Anbindungsschicht aufgetragene innere keramische Schicht sowie eine auf der inneren keramischen Schicht aufgetragene äußere keramische Schicht auf.

[0006] Die DE 10 2004 050 474 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines mit einer Verschleißschutzbeschichtung, insbesondere einer Korrosionsschutzbeschichtung oder Erosionsschutzbeschichtung, beschichteten Bauteils, insbesondere eines Gasturbinenbauteils, mit den Schritten: Bereitstellen eines an einer Bauteiloberfläche zu beschichtenden Bauteils; zumindest teilweise Beschichten des Bauteils an seiner Bauteiloberfläche mit einer mindestens zweischichtigen bzw. mindestens zweilagigen Verschleißschutzbeschichtung, wobei die Verschleißschutzbeschichtung mindestens eine relativ weiche Schicht und mindestens eine relativ harte Schicht umfasst; und Oberflächenverfestigen des zumindest teilweise beschichteten Bauteils an seiner beschichteten Bauteiloberfläche.

[0007] Die DE 699 26 838 T2 offenbart einen Gegenstand mit einer abriebfesten Beschichtung sowie mit einer örtlich abreibbaren Beschichtung.

[0008] An diesen Anordnungen ist jeweils nachteilig, dass die Deckschicht äußerst hart ist und nur ein äußeres begrenztes Einlaufen ohne massive Schaufel- oder Belagschädigungen ermöglichen würde. Somit ist zwar ein Rotorschutz gewährleistet, die Leitschaufeln würden jedoch abrasiv abgetragen werden. Dies gilt es verständlicherweise zu verhindern.

[0009] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Schichtsystem zur Rotor-/Statordichtung zur Verfügung zu stellen.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Schichtsystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und/oder durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 gelöst.

[0011] Demgemäß ist ein Schichtsystem zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine, insbesondere eines Verdichters, vorgesehen, welches zwischen Bauteilen der Strömungsmaschine angeordnet ist und bei einer Relativbewegung der Bauteile zueinander derart einlauffähig ist, dass zumindest eines der Bauteile in das Schichtsystem einläuft, mit: einer auf zumindest einem der Bauteile angeordneten ersten Haftschrift; einer auf der ersten Haftschrift angeordneten Schutzschicht; einer auf der Schutzschicht angeordneten zweiten Haftschrift; und einer auf der zweiten Haftschrift angeordneten Einlaufschicht, welche weicher als die Schutzschicht ausgebildet ist.

[0012] Ferner ist ein Verfahren zum Herstellen eines Schichtsystems zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine, insbesondere eines Verdichters, vorgesehen, welches zwischen Bauteilen der Strömungsmaschine angeordnet ist und bei einer Relativbewegung der Bauteile zueinander derart einlauffähig ist, dass zumindest eines der Bauteile in das Schichtsystem einläuft, mit folgenden Verfahrensschritten: Aufbringen einer ersten Haftschrift auf zumindest eines der Bauteile; Aufbringen einer Schutzschicht auf die erste Haftschrift; Aufbringen einer zweiten Haftschrift auf die Schutzschicht; und Aufbringen einer Einlaufschicht, welche weicher als die Schutzschicht ausgebildet ist, auf die zweite Haftschrift.

[0013] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, die Schutzschicht und die Einlaufschicht voneinander funktionell zu entkoppeln. Hierzu ist zwischen der Schutzschicht und der Einlaufschicht die zweite Haftschrift vorgesehen. Mittels dieser funktionalen Entkoppelung der Schutzschicht von der Einlaufschicht ist es möglich, die beiden Schichten jeweils hinsichtlich ihrer Aufgabe zu optimieren. Beispielsweise sind für die Schutzschicht und die Einlaufschicht völlig unterschiedliche Materialien einsetzbar, welche direkt miteinander nicht verbindbar wären.

[0014] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des

Schichtsystems sind die Bauteile als Stator und Rotor der Strömungsmaschine ausgebildet, wobei das Schichtsystem auf dem Rotor angeordnet ist und wobei der Stator in das Schichtsystem einlaufen kann. Dies verhindert zuverlässig eine mechanische Beschädigung des Rotors.

[0016] Gemäß einer weiter bevorzugten Weiterbildung des Schichtsystems ist die erste Haftschrift als metallische Haftschrift ausgebildet und/oder die zweite Haftschrift ist als metallische Haftschrift ausgebildet, wodurch vorteilhaft eine zuverlässige Anbindung der Schutzschicht an den Rotor gewährleistet ist und eine sichere Anbindung der Schutzschicht an die Einlaufschicht. Hierdurch erhöht sich die Betriebszuverlässigkeit und die Lebensdauer des Schichtsystems.

[0017] Gemäß einer weiter bevorzugten Weiterbildung des Schichtsystems sind die Schutzschicht und die Einlaufschicht als keramische Schichten ausgebildet. Hierdurch ist vorteilhaft eine Wärmebeständigkeit und eine Korrosionsbeständigkeit des Schichtsystems auch bei hohen Betriebstemperaturen der Strömungsmaschine gewährleistet.

[0018] Gemäß einer weiter bevorzugten Weiterbildung des Schichtsystems sind die Schutzschicht und/oder die Einlaufschicht mit Aluminiumoxid- und/oder Zirkonoxid gebildet. Hierdurch sind vorteilhaft die gewünschten Materialeigenschaften der Schutzschicht und der Einlaufschicht einstellbar.

[0019] Gemäß einer weiter bevorzugten Weiterbildung des Schichtsystems weist die Einlaufschicht gegenüber der Schutzschicht eine Porosität oder eine höhere Porosität als die Schutzschicht auf, wodurch die Härte der Einlaufschicht vorteilhaft einstellbar ist.

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren der Zeichnung näher erläutert.

[0021] Von den Figuren zeigen

Fig. 1 eine Teilansicht einer Strömungsmaschine gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2 eine Detailansicht eines Schichtsystems gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0022] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche und funktionsgleiche Elemente und Merkmale - sofern nichts anderes ausgeführt ist - mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0023] Die Fig. 1 illustriert in einer Teilschnittansicht eine Strömungsmaschine 1, insbesondere einen Verdichter 1. Die Strömungsmaschine 1 weist beispielsweise ein erstes Bauteil 6, welches vorzugsweise als Rotor 6 der Strömungsmaschine 1 und ein zweites Bauteil 2, welches beispielsweise als Stator 2 der Strömungsmaschine 1 ausgebildet ist, auf. Die Bauteile 2, 6 sind relativ

zueinander beweglich. Vorzugsweise ist der Rotor 6 um eine Mittelachse 20 drehbar in einem Gehäuse 4, insbesondere in einem Verdichtergehäuse 4 der Strömungsmaschine 1 gelagert. Der Rotor 6 weist beispielsweise eine Nabe 7 und mit der Nabe 7 wirkverbundene Verdichterschaufeln, von denen lediglich eine Verdichterschaufel 8 dargestellt ist, auf. Die Verdichterschaufeln sind bevorzugt um einen Umfang der Nabe gleichmäßig voneinander beabstandet angeordnet. Der Rotor 6 besteht beispielsweise aus einer metallischen Legierung auf Basis von Titan, Nickel oder Kobalt.

[0024] Der Stator 2 ist bevorzugt als Stator 2 mit deckbandlosen Leitschaufeln, insbesondere mit deckbandlosen Verdichterleitschaufeln, von denen lediglich eine Leitschaufel 3 dargestellt ist, ausgebildet. Der Stator 2 ist beispielsweise integraler Bestandteil des Gehäuses 4 der Strömungsmaschine 1. Die Leitschaufeln sind bevorzugt in einer Umfangsrichtung einer Statorbohrung 5 gleichmäßig voneinander radial beabstandet angeordnet. Durch die Statorbohrung 5 ist vorzugsweise der Rotor 6 der Strömungsmaschine 1 geführt. Zur Vereinfachung wird im Folgenden auf nur eine Leitschaufel 3 Bezug genommen. Zwischen einer Leitschaufelspitze 9 der Leitschaufel 3 und dem Rotor 6, insbesondere der Nabe 7, ist ein Laufspalt 19, insbesondere ein Verdichterspalt 19, ausgebildet. Um eine möglichst gute Rotor-/Statorichtung zu erhalten muss der Laufspalt 19 möglichst klein sein.

[0025] Im Bereich des Laufspaltes 19 ist vorzugsweise auf einem der Bauteile 2, 6 ein Schichtsystem 10 angeordnet, welches einlauffähig ist. Das heißt, bei einer Relativbewegung der Bauteile 2, 6 zueinander kann zumindest eines der Bauteile 2, 6, beispielsweise aufgrund einer drehzahl- und/oder wärmeinduzierten Dimensionsänderung ohne Schädigung des Bauteils 2, 6 in das Schichtsystem 10 eindringen und dieses kontrolliert abtragen. Hierdurch ist ein möglichst kleiner Laufspalt 19 erreichbar, wodurch sich sowohl der Wirkungsgrad als auch die aerodynamische Stabilität der Strömungsmaschine 1 verbessert. Das Schichtsystem 10 ist mit dem Bauteil 2, 6 beispielsweise kraft-, stoff-, und/oder formschlüssig verbunden. Das Schichtsystem 10 kann zumindest teilweise integraler Bestandteil des Bauteils 2, 6 sein. Das Schichtsystem 10 ist beispielsweise chemisch oder metallisch an das Bauteil 2, 6 angebunden. Beispielsweise kann das Schichtsystem 10 auf beiden Bauteilen 2, 6 angeordnet sein. In einer bevorzugten Ausführungsform der Strömungsmaschine 1 ist das Schichtsystem 10 auf einer Oberfläche 21 des Rotors 6, insbesondere auf der Nabe 7 des Rotors 6, angeordnet. Hierzu ist beispielsweise an der Oberfläche 21 des Rotors 6 eine um diesen umlaufende Nut 22, insbesondere eine Ringnut 22, zur Aufnahme des Schichtsystem 10 vorgesehen. Das Schichtsystem 10 kann auch auf dem Stator 2 angeordnet sein. Lediglich beispielhaft wird im Folgenden das Schichtsystem 10 mit Bezug auf den Rotor 6 erläutert.

[0026] Die Fig. 2 illustriert eine bevorzugte Ausführungsform der Strömungsmaschine 1.

rungsform des Schichtsystems 10 in einer vergrößerten Teilschnittansicht. Auf der Oberfläche 21 des Rotors 6 der Strömungsmaschine 1 ist eine erste Haftschrift 11 des Schichtsystems 10 angeordnet. Die erste Haftschrift 11 ist bevorzugt als metallische Haftschrift 11 ausgebildet. Beispielsweise ist die erste Haftschrift 11 mit einer MCrAlY-Legierung gebildet. Der Buchstabe M steht hierbei insbesondere für Nickel und/oder Kobalt. Die erste Haftschrift 11 ist beispielsweise metallisch oder mechanisch an die Oberfläche 21 des Rotors 6 angebunden. Beispielsweise kann die erste Haftschrift 11 mittels eines Plasmaspritzverfahrens, insbesondere mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF), auf den Rotor 6 aufgetragen werden. Die erste Haftschrift 11 weist vorzugsweise auf einer von dem Rotor 6 wegweisenden Oberfläche 12 eine oberflächenseitig definierte Rauheit in Form einer Porosität auf. Die Porosität der ersten Haftschrift 11 nimmt vorzugsweise zur Oberfläche 21 des Rotors 6 hin ab. Die erste Haftschrift 11 kann auch monolithisch, das heißt ohne Porosität ausgebildet sein. Die Haftschrift 11 weist beispielsweise eine Schichtdicke d1 von 0,25-0,4 mm auf. Die Oberflächeneigenschaften der Oberfläche 12 der ersten Haftschrift 11 sind beispielsweise mittels abrasiver Bearbeitungsverfahren wie beispielsweise Schleifen, Strahlen oder dergleichen einstellbar. Die Oberfläche 12 kann auch chemisch behandelt werden, beispielsweise mittels eines Ätzverfahrens.

[0027] Auf der ersten Haftschrift 11 ist eine Schutzschicht 13 angeordnet. Die Schutzschicht 13 ist mit der ersten Haftschrift 11 beispielsweise mittels der Oberflächenrauheit der Oberfläche 12 der ersten Haftschrift 11 mechanisch verbunden. Die Schutzschicht 13 ist vorzugsweise als keramische Schicht 13 ausgebildet. Die Schutzschicht 13 weist vorzugsweise eine große Härte und mechanische Widerstandsfähigkeit auf. Die Schutzschicht 13 dient dem Schutz des Rotors 6 vor mechanischen Beschädigungen. Hierzu ist die Schutzschicht 13 hinsichtlich ihrer Materialeigenschaften auf einen größtmöglichen Schutz des Rotors 6 optimiert. Vorzugsweise ist die Schutzschicht 13 mit einem Keramikwerkstoff gebildet, insbesondere mit yttriumstabilisiertem Zirkonoxid oder Aluminiumoxid. Selbstverständlich sind beliebige andere Materialien oder Materialkombinationen für die Schutzschicht 13 einsetzbar. Bevorzugt weist die Schutzschicht 13 eine Porosität auf. Die Schutzschicht 13 weist beispielsweise eine Porosität im Bereich von 5-20 Vol.%, insbesondere im Bereich von 15-20 Vol.% auf. Vorzugsweise weist die Schutzschicht 13 keinen Porositätsgradienten auf, d.h. die Porosität der Schutzschicht 13 ist über deren gesamte Schichtdicke d2 vorzugsweise konstant. Alternativ ist die Schutzschicht 13 beispielsweise monolithisch, das heißt, die Schutzschicht 13 weist keine oder nahezu keine Porosität auf. Die Schutzschicht 13 weist beispielsweise eine Schichtdicke d2 von 0,2-10 mm und insbesondere von 0,5-0,8 mm auf. Die Oberflächeneigenschaften einer Oberfläche 18 der Schutzschicht 13 sind analog der Oberflächenei-

genschaften der ersten Haftschrift 11 einstellbar.

[0028] Auf der Schutzschicht 13 ist vorzugsweise eine zweite Haftschrift 14 angeordnet. Die zweite Haftschrift 14 ist beispielsweise analog zur ersten Haftschrift 11 ebenfalls als metallische Haftschrift 14 ausgebildet. Die zweite Haftschrift 14 kann das gleiche Material aufweisen wie die erste Haftschrift 11 oder alternativ mit einem anderen Material gebildet sein. Die zweite Haftschrift 14 kann mit einem keramischen Werkstoff gebildet sein. Die zweite Haftschrift 14 dient beispielsweise als Haftvermittler und als funktionales Trennelement zwischen der Schutzschicht 13 und einer Einlaufschicht 17 des Schichtsystems 10. Die zweite Haftschrift 14 entkoppelt die Schichten 13, 17 funktional voneinander. Je nach der Materialauswahl der zu verbindenden Schichten 13, 17 kann auf die zweite Haftschrift 14 auch verzichtet werden. Die Auswahl des Materials der zweiten Haftschrift 14 ist von der Art und der Materialauswahl der zu verbindenden Schichten 13, 17 abhängig. Die zweite Haftschrift 14 weist vorzugsweise eine Dicke d3 von 0,25-0,4 mm auf. Die zweite Haftschrift 14 weist vorzugsweise an einer der Schutzschicht 13 zugewandten Oberfläche 15 eine durch eine Porosität bestimmte Rauheit auf. Hierdurch ist eine mechanische Verbindung mit der Schutzschicht 13 gewährleistet. An einer von der Schutzschicht 13 abgewandten Oberfläche 16 der zweiten Haftschrift 14 weist diese ebenfalls eine durch die Porosität bestimmte Rauheit auf. Die zweite Haftschrift 14 weist vorzugsweise einen Porositätsgradienten auf, wodurch an den beiden Oberflächen 15, 16 der zweiten Haftschrift 14 eine unterschiedliche Rauheit erreicht wird. Alternativ weist die zweite Haftschrift an beiden Oberflächen 15, 16 die gleiche Rauheit auf. Die zweite Haftschrift 14 kann auch monolithisch, das heißt ohne Porosität ausgebildet sein. Die Oberfläche 16 ist beispielsweise analog der Oberflächen 12, 18 bearbeitbar.

[0029] Auf der zweiten Haftschrift 14 ist die Einlaufschicht 17 angeordnet. Die Einlaufschicht 17 weist vorzugsweise eine geringere Härte auf als die Schutzschicht 13. Die Einlaufschicht 17 ist vorzugsweise eine als keramische Schicht 17 ausgebildet, insbesondere als mit yttriumstabilisiertem Zirkonoxid und/oder mit Aluminiumoxid gebildete Schicht 17. Beispielsweise ist die Einlaufschicht 17 mit einem anderen Werkstoff gebildet als die Schutzschicht 13. Alternativ können die Schichten 13, 17 mit dem selben Werkstoff gebildet sein. Vorzugsweise weist die Einlaufschicht 17 eine Porosität im Bereich von 20-35 Vol.% auf. Die Porosität der Einlaufschicht 17 ist vorzugsweise größer als die Porosität der Schutzschicht 13, wodurch eine größere Weichheit der Einlaufschicht 17 im Vergleich zu der Schutzschicht 13 erreicht wird. Die Porosität der Einlaufschicht 17 ist beispielsweise mittels einer Zugabe von Kunststoffpartikeln, insbesondere Polystyrolpartikeln, welche in einem Sintervorgang der Einlaufschicht 17 ausgebrannt werden, einstellbar.

[0030] Die Funktionsweise des Schichtsystems 10 wird im Folgenden kurz erläutert. Das Schichtsystem 10 dient vorzugsweise der Abdichtung zwischen den beiden

Bauteilen 2, 6, insbesondere zwischen dem Stator 2 und dem Rotor 2, der Strömungsmaschine 1. Das heißt, der Laufspalt 19 zwischen der Leitschaufelspitze 9 der Leitschaufel 3 und dem Rotor 6 soll so gering wie möglich sein. Beispielsweise ist auf dem Rotor 6 das Schichtsystem 10 aufgebracht. Der Rotor 6 wird in das Gehäuse 4 der Strömungsmaschine 1 montiert, wobei sich ein initialer Laufspalt 19 zwischen dem Schichtsystem 10 und der Leitschaufelspitze 9 ergibt. Bei einem Einlaufvorgang, das heißt bei einer Inbetriebnahme, der Strömungsmaschine 1, bei der der Rotor 6 und der Stator 2 zueinander in eine Relativbewegung versetzt werden, erfahren der Rotor 6 und/oder der Stator 2 Geometrieänderungen, beispielsweise plastische und/oder elastische Verformungen aufgrund von Wärmeausdehnung, Fliehkräften und/oder Setzvorgängen oder dergleichen. Dadurch gelangt die Leitschaufelspitze 9 in berührenden Kontakt mit dem Schichtsystem 10. Da die Einlaufschicht 17 weich und hinsichtlich des Einlaufverhaltens optimiert ist, läuft die Schaufelspitze 9 ohne mechanische Schädigung derselben in die Einlaufschicht 17 des Schichtsystems 10 ein. Die Einlaufschicht 17 wird dabei zumindest teilweise abgetragen. Eine Schichtdicke d_4 der Einlaufschicht 17 ist dabei derart ausgebildet, dass die Leitschaufelspitze die zweite Haftschrift 14 vorzugsweise nicht berührt. Sollte die Leitschaufelspitze 14 dennoch die Einlaufschicht 17 und die zweite Haftschrift 14 vollständig durchdringen so verhindert die harte Schutzschicht 13 zuverlässig ein Einlaufen der Leitschaufelspitze 9 in das Grundmaterial des Rotors 6, bzw. in die Oberfläche 21 des Rotors 6. Die Leitschaufel 3 wird in diesem Fall an der Leitschaufelspitze 9 abgetragen. Der Rotor 6 ist somit vor Beschädigungen geschützt. Aufgrund der funktionalen Entkopplung der Schutzschicht 13 von der Einlaufschicht 17 mittels der zweiten Haftschrift 14 können sowohl die Anforderung an das Schichtsystem 10 hinsichtlich des Schutzes des Rotors 6 und des optimierten Einlaufverhaltens der Leitschaufelspitzen 9 in die Einlaufschicht 17 jeweils unabhängig voneinander optimiert werden. Es sind somit ein kleinerer, optimierter Laufspalt 19 umsetzbar, wodurch sich sowohl der Wirkungsgrad als auch die aerodynamische Stabilität einer Strömungsmaschine 1 mit einem derartigen Schichtsystem 10 verbessert. Ferner verbessert die größere Härte der Schutzschicht 13 gegenüber der Einlaufschicht 17 die Erosionsbeständigkeit, die Thermowechselbeständigkeit und somit die Haltbarkeit des Schichtsystems 10.

Patentansprüche

1. Schichtsystem (10) zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine (1), insbesondere eines Verdichters (1), welches zwischen Bauteilen (2, 6) der Strömungsmaschine (1) angeordnet ist und bei einer Relativbewegung der Bauteile (2, 6) zueinander derart einlauffähig ist, dass zumindest eines der Bauteile (2, 6) in das Schichtsystem (10) einläuft, mit:

einer auf zumindest einem der Bauteile (2, 6) angeordneten ersten Haftschrift (11);
einer auf der ersten Haftschrift (11) angeordneten Schutzschicht (13); **gekennzeichnet durch** eine auf der Schutzschicht (13) angeordneten zweiten Haftschrift (14); und
einer auf der zweiten Haftschrift (14) angeordneten Einlaufschicht (17), welche weicher als die Schutzschicht (13) ausgebildet ist.

2. Schichtsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauteile (2, 6) als Stator (2) und Rotor (6) der Strömungsmaschine (1) ausgebildet sind, wobei das Schichtsystem auf dem Rotor (6) angeordnet ist und wobei der Stator (2) in das Schichtsystem (10) einlaufen kann.
3. Schichtsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Haftschrift (11) als metallische Haftschrift (11) ausgebildet ist und/oder dass die zweite Haftschrift (14) als metallische Haftschrift (14) ausgebildet ist.
4. Schichtsystem nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzschicht (13) und die Einlaufschicht (17) als keramische Schichten (13, 17) ausgebildet sind.
5. Schichtsystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzschicht (13) und/oder die Einlaufschicht (17) mit Aluminiumoxid- und/oder Zirkonoxid gebildet sind.
6. Schichtsystem nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einlaufschicht (17) gegenüber der Schutzschicht (13) eine Porosität oder eine höhere Porosität als die Schutzschicht (13) aufweist.
7. Verfahren zum Herstellen eines Schichtsystem (10) zur Rotor-/Statordichtung einer Strömungsmaschine (1), insbesondere eines Verdichters (1), welches zwischen Bauteilen (2, 6) der Strömungsmaschine (1) angeordnet ist und bei einer Relativbewegung der Bauteile (2, 6) zueinander derart einlauffähig ist, dass zumindest eines der Bauteile (2, 6) in das Schichtsystem (10) einläuft, mit folgenden Verfahrensschritten:

Aufbringen einer ersten Haftschrift (11) auf zumindest eines der Bauteile (2, 6);
Aufbringen einer Schutzschicht (13) auf die er-

ste Haftschrift (11);
Aufbringen einer zweiten Haftschrift (14) auf
die Schutzschicht (13); und
Aufbringen einer Einlaufschicht (17), welche
weicher als die Schutzschicht (13) ausgebildet
ist, auf die zweite Haftschrift (14). 5

8. Strömungsmaschine (1), insbesondere Verdichter
(1), mit:

10
einem Stator (2);
einem relativ zu dem Stator (2) drehbar gelager-
ten Rotor (6); und
einem Schichtsystem (10) nach wenigstens ei-
nem der Ansprüche 1 bis 7. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

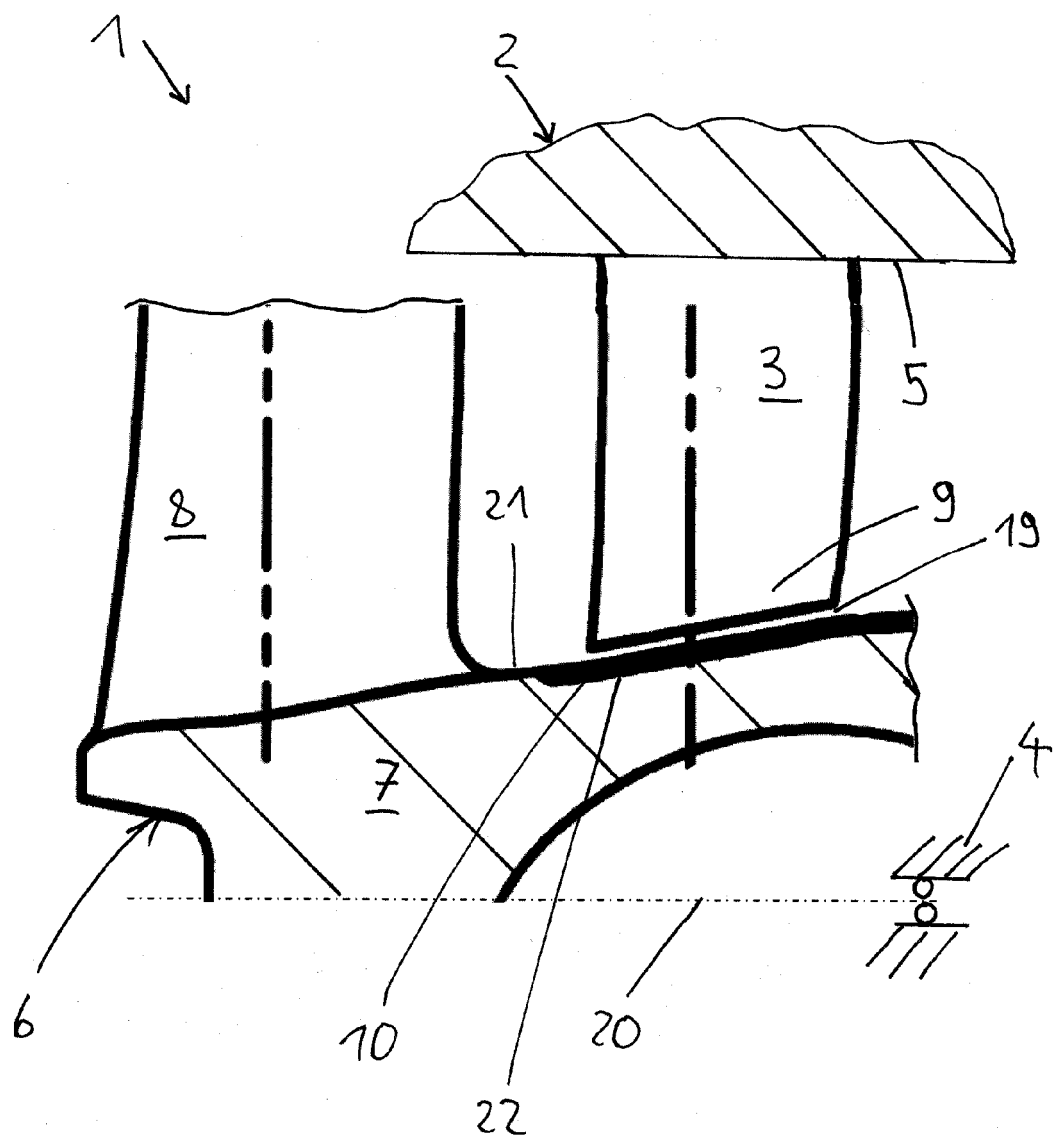


Fig. 1

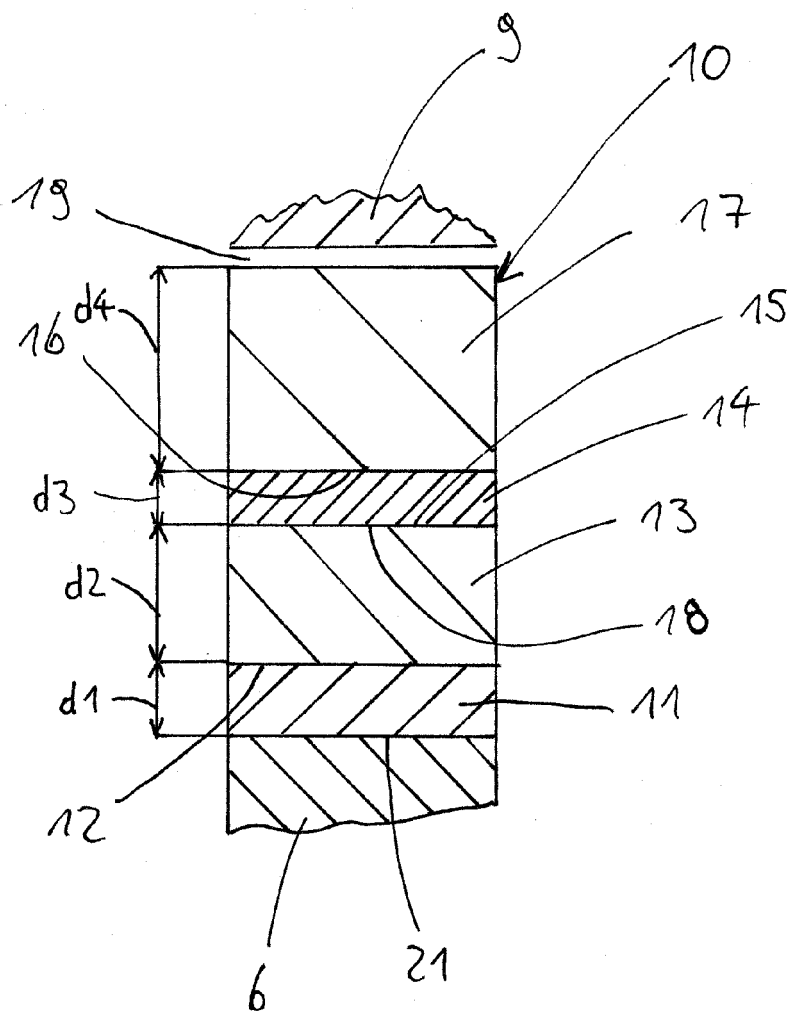


Fig. 2

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

- DE 10225532 C1 [0004]
- DE 202005020695 U1 [0005]
- DE 102004050474 A1 [0006]
- DE 69926838 T2 [0007]