

(19)



(11)

EP 3 307 989 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.09.2020 Patentblatt 2020/40

(51) Int Cl.:
F01D 5/30 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15751016.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/069013

(22) Anmeldetag: **19.08.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/028912 (23.02.2017 Gazette 2017/08)

(54) GASTURBINENSCHAUFEL ODER VERDICHTERSCHAUFEL MIT ANTI-FRETTING-BESCHICHTUNG IM SCHAUFELFUSSBEREICH UND ROTOR

GAS TURBINE BLADE OR COMPRESSOR BLADE HAVING ANTI-FRETTING COATING IN THE BLADE ROOT REGION AND ROTOR

AUBE DE TURBINE À GAZ OU AUBE DE COMPRESSEUR DOTÉE D'UN REVÊTEMENT ANTI-USURE DE CONTACT EN PIED D'AUBE ET ROTOR

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.04.2018 Patentblatt 2018/16

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft 80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **WALLSTABE, Ronald**
13187 Berlin (DE)
• **KREIBICH, Toni**
10247 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 2 511 480 US-A- 4 790 723
US-A1- 2010 178 169

EP 3 307 989 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 Gasturbinenschaufel oder eine Verdichterschaufel, die eine Polymerbeschichtung im Befestigungsbereich aufweist und ein Rotor.

[0002] Im Allgemeinen ist eine Laufschaufel formschlüssig im Nutbereich oder Befestigungsbereich mit einer Radscheibe über eine entsprechende Nut verbunden. Die Montage und Demontage der Laufschaufeln erfolgt in axialer Nutrichtung.

[0003] Laufschaufeln werden während des Betriebs sowohl durch die Fliehkraft in Abhängigkeit von Laufschaufel-Gewicht und der Rotor-Drehzahl als auch durch die aerodynamischen Kräfte belastet. Diese Kräfte müssen im Kontaktbereich zwischen Schaufelfuß und Radscheiben-Nut, dem sog. Tragflankenbereich, aufgenommen werden.

[0004] Im Laufe der Lebensdauer des Verdichters können an den Verdichter-Laufschaufelfüßen und Radscheiben-Nuten folgende Schadens-Mechanismen im Bereich der Tragflanken auftreten: "Fretting" und/oder "Fretting Fatigue", sowie lokale Adhäsion/Kaltverschweißung und infolgedessen Materialübertrag mit anschließendem "Scoring/Galling" bei der Demontage der Schaufel. Durch die letztgenannten Schadens-Mechanismen kann die Demontage von Laufschaufeln erschwert werden, die zu Wartungszwecken notwendig ist.

[0005] Diese Schadens-Mechanismen können prinzipiell in Axialverdichtern im Kontaktbereich zwischen Laufschaufel und Radscheiben-Nut auftreten, bei denen die Laufschaufeln formschlüssig mit der Radscheibe verbunden sind. Die erwähnten Befunde machen in Abhängigkeit ihres Schweregrads eine Reparatur bzw. ein Austausch der geschädigten Komponenten notwendig, was mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

[0006] Die bisher in der Regel verwendeten Beschichtungen zur Verringerung bzw. Verhinderung von "Fretting" Befunden sind metallisch, z.B. CuNiIn oder NiTiCr. Die hierfür verwendeten Verfahren sind beispielsweise das Kaltgasspritzen, Flammsspritzen und das Plasmaspritzen, wie HVOF - "High Velocity Oxygen Fuel Spray" oder APS.

[0007] Das Wirkprinzip dieser Schichtsysteme hinsichtlich des "Anti-Fretting" basiert im Wesentlichen auf deren Verformbarkeit (geringen Scherfestigkeit). Somit wird der Energie-Eintrag durch Relativbewegung, durch eine verringerte Reibungszahl, zwischen den Komponenten Laufschaufel und Radscheiben-Nut verringert und mögliches "Fretting" und somit auch "Fretting Fatigue" reduziert.

[0008] Ein Nachteil der bisher angewandten Beschichtungen ist, dass die Komponenten der Beschichtung wie auch das Material der Radscheibe metallisch sind. Somit sind ähnliche Materialien im Kontakt, was Adhäsion/Kaltverschweißung begünstigt. Folglich können trotz CuNiIn-Beschichtung im Kontaktbereich Probleme bei der Montage/ Demontage auftreten. Überdies ist eine Beschädigung der bisher angewandten Beschichtungen nur mit

großem Aufwand reparierbar. US 4 790 723 offenbart, zum Beispiel, eine Gasturbinenschaufel, die am Schaufelfuß zumindest einen Tragflankenbereich mit einer Polymerbeschichtung aufweist.

[0009] Es ist daher Aufgabe der Erfindung oben genannte Probleme zu lösen.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Turbinen- oder Verdichterschaufel gemäß Anspruch 1 und ein Rotor gemäß Anspruch 3.

[0011] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet, die beliebig miteinander kombiniert werden können um weitere Vorteile zu erzielen.

[0012] Es zeigen:

Figur 1 eine Aufsicht auf eine eingebaute Turbinen- oder Verdichterschaufel und
Figur 2 eine dreidimensionale Darstellung einer Turbinen- oder Verdichterschaufel.

[0013] Die Figuren und die Beschreibung stellen nur Ausführungsbeispiele der Erfindung dar.

[0014] Figur 1 zeigt einen Teil eines Rotors 1, der eine Radscheibe 4 mit einem Nutbereich 13 innerhalb der Radscheibe 4 aufweist, in dem 13 eine Turbinenschaufel 6 oder eine Verdichterschaufel 6 angeordnet ist. Von der Schaufel 6 ist ein Schaufelfuß 7 in dem Nutbereich 13 eingebracht.

[0015] Ein Schaufelblatt 10 der Schaufel 6 ragt über eine äußere Oberfläche 29 der Radscheibe 4 hinaus.

[0016] In Längsrichtung 11 der Schaufel 6 gesehen weist der Schaufelfuß 7 einen unteren Bereich 20 auf, der leicht konvex gekrümmt ist.

[0017] An den unteren, eher flach verlaufenden Bereich 20, schließt sich beidseitig ein stärker gekrümmter Bereich 23 auf, der ebenfalls konvex gekrümmt ist.

[0018] An den stärker gekrümmten Bereich 23 schließt sich ein Tragflankenbereich 24 an, der mit der Radscheibe 4 in Kontakt kommt.

Der Tragflankenbereich 24 ist plan ausgeführt.

[0019] An den Tragflankenbereich 24 schließt sich optional ein weiterer Endbereich 26 an, der verschieden ausgestaltet werden kann und hier senkrecht zur Oberfläche 29 der Radscheibe 4 verläuft.

[0020] Nur die Tragflankenbereiche 24, insbesondere von Verdichter-Laufschaufeln, werden mit einer Polymerbeschichtung 25 versehen.

[0021] Die Polymerbeschichtung 25 erstreckt sich dann vorzugsweise über die gesamte axiale Länge des Schaufelfußes 7.

[0022] Ebenso kann eine innere Oberfläche 22 des Nutbereichs 13 eine Polymerbeschichtung aufweisen, also die Radscheibe 4. Diese Polymerbeschichtung kann zusätzlich zur Polymerbeschichtung 25 der Schaufel 6 vorhanden sein. Sie erstreckt sich dann auch vorzugsweise über die gesamte axiale Länge des Nutbereichs 13.

[0023] Diese Beschichtung basiert vorzugsweise auf einem oder mehreren Fluoropolymeren, z.B. Polytetraflu-

orethylen (PTFE), Perfluoralkoxy (PFA), Perfluorethylenpropylen (FEP).

[0024] Ebenso vorzugsweise können weiterhin ein oder mehrere Festschmierstoffe vorhanden sein, die in der Matrix der Polymerbeschichtung 25 der Schaufel 6 oder des Nutbereichs 13 eingelagert sind.

[0025] Im Tragflankenbereich 24 von Laufschaufeln 6 können diese Beschichtungssysteme den Energie-Eintrag durch Relativbewegung zwischen den Komponenten Laufschaufel und Radscheiben-Nut verringern und mögliches "Fretting" und somit auch "Fretting Fatigue" reduzieren bzw. verhindern.

[0026] Überdies verhindern sie, aufgrund unterschiedlicher Materialklassen (Beschichtung: Polymer, Radscheibe: Metall bzw. Stahl) und der optional in der Polymerbeschichtung eingelagerten Festschmierstoffe, Adhäsion/ Kaltverschweißung im Tragflankenbereich von Schaufelfuß und Radscheibennut. Somit ist eine einfache Montage/Demontage der Laufschaufeln 6 gewährleistet. Im Gegensatz zu den bei der Montage/Demontage eingesetzten Schmiermitteln ist eine Langzeit-Trennwirkung gewährleistet. Weiterhin ist eine Reparatur/Aufarbeitung betriebsbeanspruchter, im Fußbereich 7 beschichteter Schaufeln 6 ohne größeren Zusatzaufwand vor Ort möglich.

[0027] Der limitierende Faktor für die vorgeschlagene polymerbasierte Beschichtung 25 ist die Einsatztemperatur. Dies erlaubt bei Verdichtern, in Abhängigkeit der Verdichterkerndaten, ggf. nur die Anwendung in vorderen Verdichterstufen und bei Turbinen in Abhängigkeit der Turbinenkerndaten nur die Anwendung in hinteren Turbinenstufen. Eine Erweiterung des Anwendungsgebietes durch Erhöhung der Einsatztemperatur könnte durch zukünftige Entwicklungen erreicht werden.

[0028] Die erfinderische Tätigkeit liegt in der Anwendung polymerbasierter Beschichtungssysteme im Bereich der Verdichter-Laufschaufeln 6, um zum einen "Fretting" und "Fretting Fatigue" zu verringern bzw. zu verhindern und zum anderen Adhäsion/Kaltverschweißung über die gesamte Lebensdauer zu verhindern und somit folgende Sekundärschäden bei der Demontage zu verhindern. Im Gegensatz zum bisherigen Stand der Technik wird eine Langzeit-Trennwirkung zwischen Laufschaufel 6 und Radscheiben-Nut 13 im Tragflankenbereich 24 ermöglicht sowie das Tragverhalten verbessert.

[0029] Es ergeben sich folgende Vorteile aus der beschriebenen Erfindung gegenüber der bisher verwendeten Laufschaufel-Beschichtung im Fußbereich 7 bzw. gegenüber Verdichter-Laufschaufeln 6, die im Bereich des Schaufelfußes 7 bzw. Tragflankenbereich 24 unbeschichtet sind:

- Langzeit-Trennwirkung der Komponenten Schaufeln 6 und Radscheibe 4 im Nutbereich 13 und somit Verhinderung von Adhäsion/ Kaltverschweißung (während Montage, Betrieb und Demontage) sowie "Fretting" und "Fretting Fatigue" im Tragflankenbe-

reich (während des Betriebs); die Montage/Demontage wird durch die Beschichtung erleichtert

- Gleichmäßiger verteilte Druckspannung im Tragflankenbereich 24, d.h. Verringerung lokaler Spannungskonzentrationen, infolge eines niedrigeren E-Moduls der polymerbasierten Beschichtung im Vergleich zum Grundmaterial (Stahl)
- Kostengünstigeres Beschichtungsmaterial 25 im Vergleich zu CuNiIn und ähnlichen Beschichtungssystemen
- Kostengünstigeres Applikationsverfahren, z.B. mittels Lackier-Spritzpistole ("airbrush"), im Vergleich zu Plasma-Flammspritzen für z.B. CuNiIn und ähnlichen Beschichtungssysteme
- Aufarbeitung betriebsbeanspruchter Schaufeln 6 ohne Zusatzaufwand vor Ort möglich
- Verbessertes Dämpfungsverhalten (in Abhängigkeit der Beschichtungsdicke)
- Zusätzlicher passiver Korrosionsschutz der Laufschaufel 6 im beschichteten Zustand.
- Gegebenenfalls kann auf zusätzliches Schmiermittel während der Montage verzichtet werden.

[0030] In Figur 2 ist eine Turbinenschaufel 6 oder Verdichterschaufel 6 dreidimensional dargestellt.

Da insbesondere, wie oben beschrieben, der Tragflankenbereich 24 zur Schädigung kommt, ist nur dieser Bereich mit einem Polymer 25 beschichtet.

Die Polymerbeschichtung 25 erstreckt sich vorzugsweise über die gesamte axiale Länge des Tragflankenbereichs 24 und kann auch den gesamten Fußbereich 20, 23, 24, 26 umfassen.

[0031] Die Polymerbeschichtung 25 für den Schaufelfuß 7 oder den Nutbereich 13 kann fluorpolymerbasiert sein und auch insbesondere ein oder mehrere Festschmierstoffe enthalten.

Patentansprüche

1. Gasturbinenschaufel (6) oder Verdichterschaufel (6), die am Schaufelfuß (7) zwei Tragflankenbereiche (24) aufweist, wobei nur beide Tragflankenbereiche (24) zumindest teilweise eine Polymerbeschichtung (25) aufweisen.
2. Schaufel nach Anspruch 1, bei dem sich die Polymerbeschichtung (25) über die gesamte axiale Länge des Tragflankenbereichs (24) oder des Schaufelfußbereichs (20, 23, 24, 26) erstreckt.
3. Rotor der eine Turbinenschaufel (6) oder Verdichterschaufel (6) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis und eine Radscheibe (4) aufweist.
4. Rotor nach Anspruch 3, bei dem auf dem Nutbereich

(13) der Radscheibe (4) eine Polymerbeschichtung vorhanden ist.

5. Rotor nach Anspruch 4,
bei dem die Radscheibe (4) mit einer Polymerbe-
schichtung nur im Nutbereich (13) vorgesehen ist. 5
6. Schaufel oder Rotor nach einem oder mehreren An-
sprüche 1 bis 5,
bei dem das Polymer ein Fluorpolymer darstellt. 10
7. Schaufel oder Rotor nach einem oder mehreren der
Ansprüche 1 bis 6,
bei dem die Polymerbeschichtung auf der Schaufel
(6) oder im Nutbereich (13) ein oder mehrere Fest-
schmierstoffe enthält. 15
8. Rotor nach einen oder mehreren der Ansprüche 4
bis 7, bei dem sich die Polymerbeschichtung über
die gesamte axiale Länge des Nutbereichs (13) er-
streckt. 20

Claims

1. Gas turbine blade (6) or compressor blade (6) which
has, on the blade root (7), two lifting flank regions
(24),
wherein only both lifting flank regions (24) have, at
least in part, a polymer coating (25). 30
2. Blade according to Claim 1,
in which the polymer coating (25) extends over the
entire axial length of the lifting flank region (24) or of
the blade root region (20, 23, 24, 26). 35
3. Rotor (1) having a turbine blade (6) or compressor
blade (6), according to one or more of Claims 1 and
2, and a rotor disk (4). 40
4. Rotor according to Claim 3,
in which a polymer coating is present on the slot re-
gion (13) of the rotor disk (4).
5. Rotor according to Claim 4, 45
in which the rotor disk (4) is provided with a polymer
coating only in the slot region (13).
6. Blade or rotor according to one or more of Claims 1
to 5, in which the polymer is a fluoropolymer. 50
7. Blade or rotor according to one or more of Claims 1
to 6, in which the polymer coating on the blade (6)
or in the slot region (13) contains one or more solid
lubricants. 55
8. Rotor according to one or more of Claims 4 to 7, in
which the polymer coating extends over the entire

axial length of the slot region (13).

Revendications

1. Aube (6) de turbine à gaz ou aube (6) de compres-
seur, qui, à l'emplanture (7) d'aube, a deux parties
(24) de flanc porteuses,
dans laquelle seulement les deux parties (24) de
flanc porteuses ont, au moins en partie, un revête-
ment (25) en polymère.
2. Aube suivant la revendication 1,
dans laquelle le revêtement (25) en polymère
s'étend sur toute la longueur axiale de la partie (24)
de flanc porteuse ou de la partie (20, 23, 24, 26)
d'emplanture de l'aube.
3. Rotor,
qui a une aube (6) de turbine ou une aube (6) de
compresseur suivant l'une ou plusieurs des reven-
dications 1 à 2 et un disque (4) de roue.
4. Rotor suivant la revendication 3, 25
dans lequel un revêtement en polymère est présent
sur la région (13) de rainure du disque (4) de roue.
5. Rotor suivant la revendication 4,
dans lequel le disque (4) de roue n'est prévu, avec
un revêtement de polymère, que dans la région (13)
de rainure. 30
6. Aube ou rotor suivant une ou plusieurs des reven-
dications 1 à 5,
dans lequel le polymère constitue un polymère fluo-
ré. 35
7. Aube ou rotor suivant une ou plusieurs des reven-
dications 1 à 6,
dans lequel le revêtement en polymère sur l'aube
(6) ou dans la région (13) de rainure contient un ou
plusieurs lubrifiants solides. 40
8. Rotor suivant l'une ou plusieurs des revendications
4 à 7, dans lequel le revêtement en polymère s'étend
sur toute la longueur axiale de la région (13) de la
rainure. 45

FIG 1

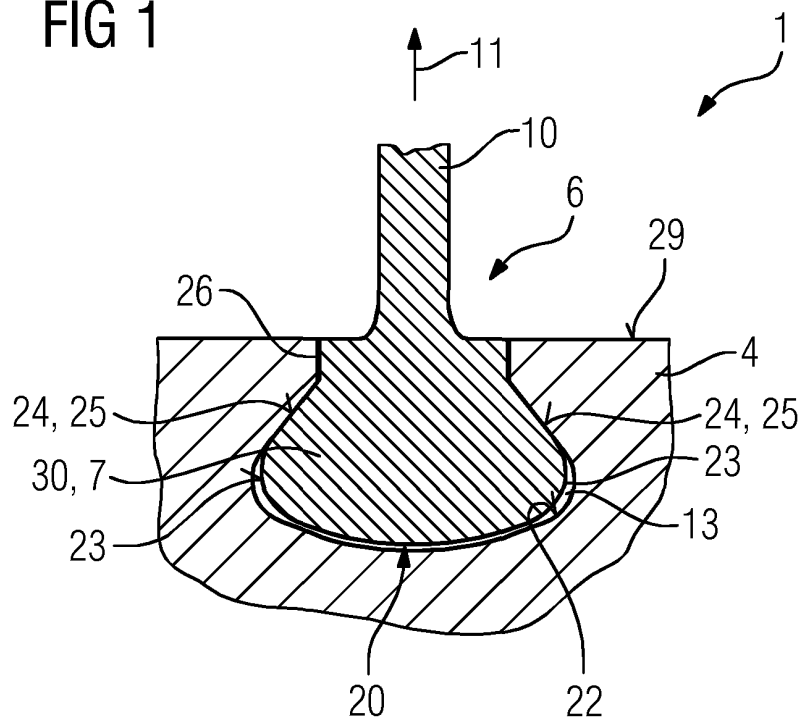
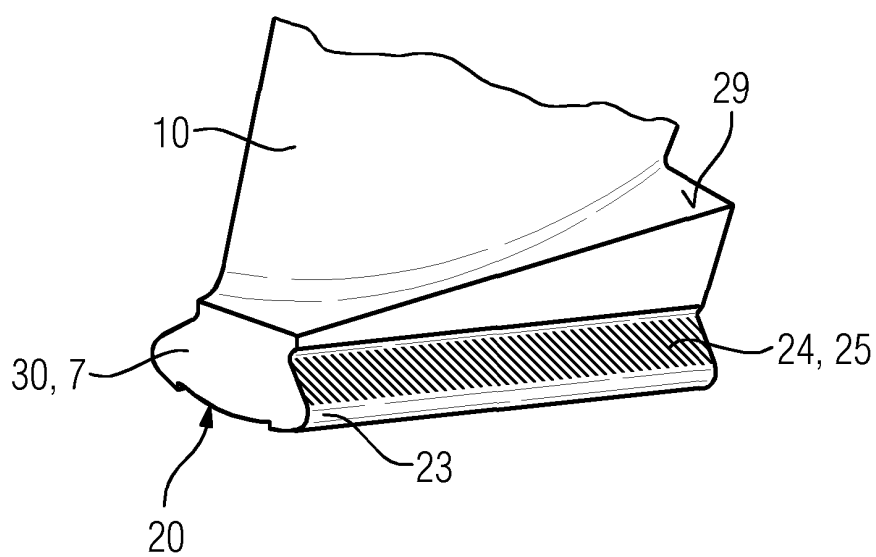


FIG 2



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

- US 4790723 A [0008]