

(19)



(11)

EP 3 293 357 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.03.2018 Patentblatt 2018/11

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

(21) Anmeldenummer: **16187805.3**

(22) Anmeldetag: **08.09.2016**

(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
 Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

- **Ettler, Manuel**
52388 Nörvenich-Wissersheim (DE)
- **Franke, Vera Kristin**
45147 Essen (DE)
- **Höhner, Rene**
45881 Gelsenkirchen (DE)
- **Mashkin, Andrey**
50672 Köln (DE)
- **Pohlmann, Friedhelm**
45355 Essen (DE)
- **Schmidt, Guido**
42799 Leichlingen (DE)
- **Seybold, Ralph**
91088 Bubenreuth (DE)
- **Staubach, Christian**
45768 Marl (DE)

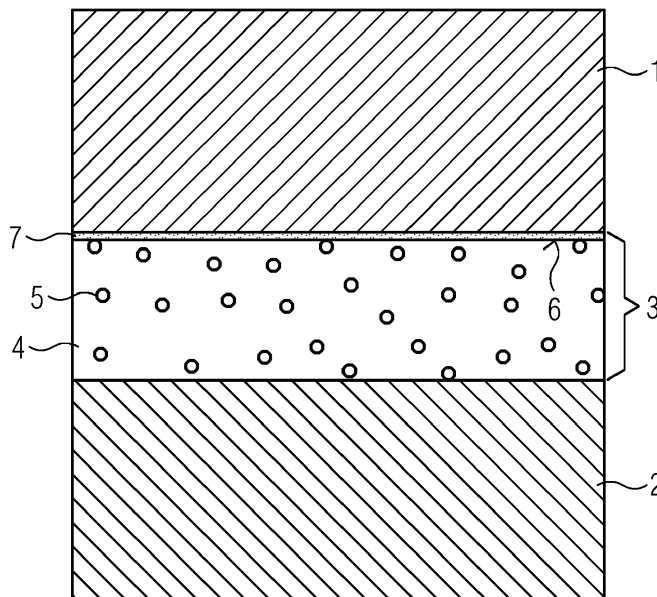
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

- (72) Erfinder:
- **Brockschmidt, Mario**
45131 Essen (DE)
 - **Eckert, Christopher**
45219 Essen (DE)

(54) **TURBINENSCHAUFELFUSS MIT BESCHICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine selbstheilende Schicht (3), die auf der Oberfläche (6) einer Turbinenschaufel aufgebracht wird, um das Reibungsverhalten zwischen dem Turbinenschaufelfuß und einer Schaufelfußnut möglichst konstant zu halten, wobei in der selbst-

heilenden Schicht (3) Füllstoffe (5) angeordnet sind, die in einer Matrix (4) eingebettet sind, wobei die Matrix (4) durch Abrieb die Füllstoffe (5) freisetzt und ein Film aus Füllstoff (7) sich zwischen der selbstheilenden Schicht (3) und der Nut ausbildet.



EP 3 293 357 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel, insbesondere Dampfturbinenschaufel, ganz insbesondere eine Niederdruckdampfturbinenschaufel, mit einem Turbinenschaufelfuß, mit einer Beschichtung auf dem Turbinenschaufelfuß, wobei der Turbinenschaufelfuß im Betrieb einer Reibbeanspruchung unterliegt.

[0002] Desweiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verbesserung der Reibeigenschaften zwischen einem Turbinenschaufelfuß, insbesondere einem Dampfturbinenschaufelfuß und einer Schaufelfußnut.

[0003] Thermische Strömungsmaschinen wie beispielsweise Dampfturbinen umfassen im Wesentlichen einen drehbar gelagerten Rotor und ein um den Rotor angeordnetes Innen- bzw. Außengehäuse. Der Rotor umfasst mehrere Laufschaufeln, die an der Oberfläche in Umfangsrichtung in äquidistanten Abständen angeordnet sind. Diese Turbinenschaufeln weisen Turbinenschaufelfüße auf, die bei der Montage in sogenannte Schaufelfußnuten in der Welle eingeführt und dort verstemmt werden. Kontakt zwischen dem Turbinenschaufelfuß und der Nut besteht hierbei im Bereich der sogenannten Tragflanken. Die Kombination aus Turbinenschaufelfuß und Nut ist hinsichtlich im Betrieb auftretender Spannungen hoch beansprucht, insbesondere spielen hierbei LCF (Low Cycle Fatigue) und HCF (High Cycle Fatigue) eine wesentliche Rolle. In der Regel beeinflusst die Wahl der Werkstoffpartner das Reibverhalten zwischen den Kontaktpartnern und kann daher lediglich geringfügig beeinflusst werden. Allerdings kann über eine gezielte Einstellung des Reibkoeffizienten die LCF- und HCF-Beanspruchung beider Kontaktpartner derart beeinflusst werden, dass der höher belastete Kontaktpartner entlastet und der geringer belastete Kontaktpartner stärker belastet wird. Somit könnte im Falle einer hoch beanspruchten Nut mittels eines hohen Reibungskoeffizienten ein Teil der Beanspruchung auf den Schaufelfuß übertragen werden. Für den Fall einer hohen Beanspruchung des Schaufelfußes hingegen könnte mittels eines geringeren Reibungskoeffizienten ein Teil der Beanspruchung auf die Nut übertragen werden. Eine gezielte Einstellung des Reibverhaltens könnte durch Beschichtungen erfolgen. Im Betrieb entstehen auf den Tragflanken hohe Flächenpressungen. Aufgrund dieser hohen Flächenpressungen ist zu erwarten, dass sich die Beschichtungen im Laufe des Betriebs hinsichtlich ihres Reibverhaltens verändern. Somit könnte das anfangs eingestellte ideale Reibverhalten verloren gehen, was im schlimmsten Fall aufgrund von Veränderungen der Beschichtung sogar ins Gegenteil umkehren könnte.

[0004] An dieser Stelle setzt die Erfindung an.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung eine verbesserte SchaufelfußNut-Anordnung bereitzustellen.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Turbinenschaufel, insbesondere Dampfturbinenschaufel, ganz insbesondere Niederdruckdampfturbinenschaufel, mit einem Turbinenschaufelfuß, mit einer Beschichtung

auf dem Turbinenschaufelfuß, wobei der Turbinenschaufelfuß im Betrieb einer Reibbeanspruchung unterliegt, wobei die Beschichtung derart ausgebildet ist, dass die Reibeigenschaft im Wesentlichen konstant ist.

[0007] Die Aufgabe wird desweiteren gelöst durch ein Verfahren zur Verbesserung der Reibeigenschaften zwischen einem Turbinenschaufelfuß, insbesondere einem Dampfturbinenschaufelfuß und einer Nut, wobei der Turbinenschaufelfuß beschichtet wird mit einer Beschichtung, welche aus einer Matrix und einem in die Matrix eingebrachten Füllstoff besteht.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Die Erfindung löst die oben genannte Aufgabe, im Wesentlichen indem eine Beschichtung aufgebracht wird. Das Reibverhalten wird durch eine gezielte Beschichtung daher beeinflusst.

[0010] Eine Eigenschaft dieser Beschichtung ist, dass sie hinsichtlich ihres Reibverhaltens eine selbstheilende Eigenschaft aufweist. Das bedeutet, dass die Schicht in der Lage ist, konstante Reibeigenschaften über längere Zeit hinweg im Betrieb zu garantieren. Damit der Reibkoeffizient über die Schicht gezielt eingestellt werden kann, muss in die Schicht ein Füllstoff eingebracht werden. Je nachdem ob ein geringer oder hoher Reibkoeffizient eingestellt werden soll, muss der Füllstoff schmierende Wirkung aufweisen oder die Reibung zwischen den Kontaktpartnern erhöhen.

[0011] Die selbstheilende Eigenschaft der Beschichtung hinsichtlich des Reibverhaltens kann dadurch erreicht werden, dass der Füllstoff möglichst fein über die Matrix der Beschichtung verteilt wird. Die Matrix selbst sollte einen möglichst gleichmäßigen Abtrag über die Lebensdauer der Schaufel aufweisen, so dass zu jeder Zeit eine möglichst konstante Menge des Füllstoffs zwischen den Reibpartnern vorliegt.

[0012] Erfindungsgemäß lässt sich die Reibeigenschaft gezielt einstellen und dies bei Design und Konstruktion der Turbinenschaufelfüße berücksichtigen. Durch Dispergieren der Füllstoffe in die Beschichtung kann die Beschichtung in die Lage versetzt werden, sich hinsichtlich des Reibverhaltens auch bei teilweisem Abtrag kontinuierlich zu regenerieren. Der regenerative Effekt basiert dabei im Wesentlichen auf der Anwesenheit eines entsprechenden Schmiermittels bzw. die Reibung erhöhenden Mittels an der Kontaktfläche zwischen den Reibpartnern. Erfindungsgemäß wird hierbei dieses Mittel kontinuierlich aus der Beschichtung heraus in den Bereich der reibenden Oberflächen eingebracht. Somit ist keine Zugabe von außen notwendig und die Gefahr eines vollständigen Aufbrauchens des Mittels und der damit verbundenen sprunghaften Veränderung des Reibverhaltens der Kontaktpartner ist ausgeschlossen, solange die Beschichtung auf einem der Reibpartner vorliegt.

[0013] In einer ersten vorteilhaften Weiterbildung ist der Reibungskoeffizient im Wesentlichen konstant.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist in der Beschichtung ein Füllstoff eingebracht.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist der Reibungskoeffizient über die Wahl des Materials des Füllstoffs einstellbar.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist der Füllstoff Graphit auf für einen niedrigen Reibungskoeffizienten.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist der Füllstoff Aluminium oder eine Aluminiumverbindung auf für einen hohen Reibungskoeffizienten.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist die Verteilung der Füllstoffe in der Beschichtung möglichst gleichmäßig.

[0019] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0020] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht maßgeblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterungen dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt.

[0021] Im Hinblick auf Ergänzungen der in der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren, wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0022] Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0023] Es zeigt:

die Figur einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Anordnung.

[0024] Die Figur zeigt einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Anordnung. Die Anordnung umfasst einen ersten Reibpartner 1. Dieser erste Reibpartner 1 könnte beispielsweise eine Nut in einer Welle sein.

[0025] Dem ersten Reibpartner 1 ist ein zweiter Reibpartner 2 gegenüber angeordnet. Der zweite Reibpartner 2 könnte ein Turbinenschaufelfuß, insbesondere ein Turbinenschaufelfuß einer Niederdruckdampfturbinenschaufel sein.

[0026] Auf dem zweiten Reibpartner 2 ist eine selbstheilende Schicht 3 aufgebracht. Diese selbstheilende Beschichtung 3 ist derart ausgebildet, dass die Reibeigenschaft im Wesentlichen konstant ist. Im Betrieb unterliegt der als zweiter Reibpartner 2 ausgebildete Turbinenschaufelfuß einer Reibbeanspruchung.

[0027] Die selbstheilende Schicht 3 umfasst eine Matrix 4 als Grundstoff. In der Matrix 4 ist ein Füllstoff 5 möglichst gleichmäßig angeordnet.

[0028] Zwischen dem ersten Reibpartner 1 und einer Oberfläche 6 der selbstheilenden Schicht 3 ist ein Film aus Füllstoff 7 ausgebildet.

[0029] Dieser Film aus Füllstoff 7 entsteht dadurch, dass zwischen dem ersten Reibpartner 1 und der Ober-

fläche 6 der selbstheilenden Schicht 3 eine Reibbeanspruchung besteht, wodurch die Matrix 4 geringfügig abgerieben wird und dadurch Füllstoff 5 freigesetzt wird.

[0030] Der Inhalt der Füllstoffe 5 bildet anschließend einen Film aus Füllstoff 7 entlang der Oberfläche 6 der selbstheilenden Schicht 3.

[0031] Zur Einstellung eines niedrigen Reibungskoeffizienten beinhaltet der Füllstoff 5 Graphit.

[0032] Zur Einstellung eines hohen Reibungskoeffizienten beinhaltet der Füllstoff 5 Aluminium oder eine Aluminiumverbindung.

[0033] Die Verteilung der Füllstoffe 5 ist in der Beschichtung möglichst gleichmäßig gehalten.

[0034] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel mit einem Turbinenschaufelfuß, insbesondere Dampfturbinenschaufel, ganz insbesondere Niederdruckdampfturbinenschaufel, mit einer Beschichtung auf dem Turbinenschaufelfuß, wobei der Turbinenschaufelfuß im Betrieb einer Reibbeanspruchung unterliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung derart ausgebildet ist, dass die Reibeigenschaften im Wesentlichen konstant sind.
2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, wobei der Reibungskoeffizient im Wesentlichen konstant ist.
3. Turbinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, wobei in der Beschichtung ein Füllstoff (5) eingebracht ist.
4. Turbinenschaufel nach Anspruch 3, wobei der Reibungskoeffizient über die Wahl des Materials des Füllstoffs (5) einstellbar ist.
5. Turbinenschaufel nach Anspruch 4, wobei der Füllstoff (5) Graphit ist für einen niedrigen Reibungskoeffizienten.
6. Turbinenschaufel nach Anspruch 4, wobei der Füllstoff (5) Aluminium oder eine Aluminiumverbindung aufweist für einen hohen Reibungskoeffizienten.
7. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Verteilung des Füllstoffs (5) in der Be-

schichtung gleichmäßig ist.

- 8.** Verfahren zur Verbesserung der Reibeigenschaften zwischen einem Turbinenschaufelfuß, insbesondere einem Dampfturbinenschaufelfuß und einer Nut, wobei der Turbinenschaufelfuß beschichtet wird mit einer Beschichtung, die aus einer Matrix (4) und einem in die Matrix (4) eingebrachten Füllstoff (5) besteht.
- 9.** Verfahren nach Anspruch 9, wobei zur Erhöhung des Reibkoeffizienten zwischen Turbinenschaufelfuß und Nut Aluminium oder eine Aluminiumverbindung verwendet wird.
- 10.** Verfahren nach Anspruch 8, wobei zur Erniedrigung des Reibkoeffizienten zwischen Turbinenschaufelfuß und Nut Graphit verwendet wird.
- 11.** Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Füllstoff (5) gleichmäßig in der Matrix (4) verteilt ist.

5

10

15

20

25

30

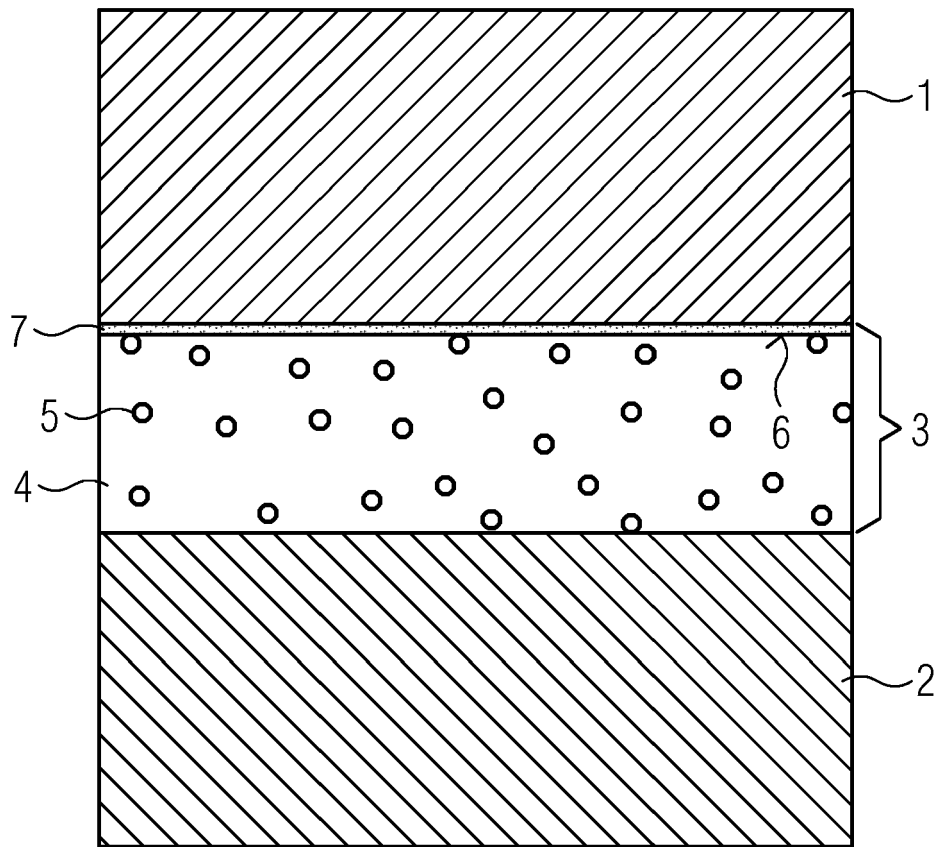
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 18 7805

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2006/292398 A1 (VIGNEAU JOEL [FR] ET AL) 28. Dezember 2006 (2006-12-28)	1-3,5,7,8,10,11	INV. F01D5/30
Y	* das ganze Dokument *	4,6,9	
Y	US 5 302 450 A (RAO V DURGA N [US] ET AL) 12. April 1994 (1994-04-12) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-5 *	4,6,9	
A	US 3 288 623 A (ERVIN COLTON) 29. November 1966 (1966-11-29) * Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 2, Zeile 38 *	1-4,8	
A	EP 1 361 339 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 12. November 2003 (2003-11-12) * Anspruch 1 *	6,9	
A	EP 2 719 865 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 16. April 2014 (2014-04-16) * das ganze Dokument *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D C10N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Februar 2017	Prüfer Rau, Guido
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 18 7805

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-02-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2006292398 A1	28-12-2006	CA 2510331 A1	07-01-2006
			CN 1763236 A	26-04-2006
			EP 1645724 A2	12-04-2006
			FR 2872884 A1	13-01-2006
			JP 2006022810 A	26-01-2006
			US 2006292398 A1	28-12-2006
20	US 5302450 A	12-04-1994	AU 6979194 A	06-02-1995
			CA 2166184 A1	19-01-1995
			DE 69421078 D1	11-11-1999
			DE 69421078 T2	03-02-2000
			EP 0707621 A1	24-04-1996
			JP H08512342 A	24-12-1996
25			US 5302450 A	12-04-1994
			US 5315970 A	31-05-1994
			US 5358753 A	25-10-1994
	WO 9502023 A1	19-01-1995		
30	US 3288623 A	29-11-1966	KEINE	
	EP 1361339 A1	12-11-2003	EP 1361339 A1	12-11-2003
			US 2003208904 A1	13-11-2003
35	EP 2719865 A1	16-04-2014	KEINE	
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82