

(19)



(11)

EP 1 820 940 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.08.2007 Patentblatt 2007/34

(51) Int Cl.:
F01D 5/28 (2006.01)

F03G 7/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06003201.8**

(22) Anmeldetag: **16.02.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Schürhoff, Jörg, Dr.
45479 Mülheim a.d.Ruhr (DE)**

(54) **Strömungsmaschine mit einer Beschichtung von Laufschaufeln mit einer Formgedächtnislegierung und Verwendung einer Formgedächtnislegierung für eine solche Strömungsmaschine.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, die Leitschaufeln und Laufschaufeln ausweist. Zumindest die Laufschaufeln sind zumindest bereichsweise mit einem Formgedächtniswerkstoff beschichtet.

EP 1 820 940 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, die Leitschaufeln und Laufschaufeln aufweist.

[0002] Derartige Strömungsmaschinen sind zum Beispiel als Verdichter, Dampfturbine oder Gasturbine bekannt. Die Strömungsmaschine weist einen um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor auf, an dem die Laufschaufel verankert ist. Ein stationäres Bauteil ist derart angeordnet, dass ein Radialspalt zwischen der Laufschaufel spitze und dem stationären Bauteil entsteht. Das stationäre Bauteil kann beispielsweise als Innengehäuse ausgestaltet sein. Dem Innengehäuse ist die Leitschaufel zugeordnet, so dass das Innengehäuse als Leitschaufelträger ausgestaltet ist.

[0003] In der Strömungsmaschine strömt ein Strömungsmedium im Wesentlichen entlang der Rotationsachse an der Laufschaufel vorbei, wobei das Strömungsmedium seinem vorgegebenen Weg durch das durch die hintereinander angeordneten Laufschaufeln und Leitschaufeln gebildete Schaufelgitter folgt.

[0004] Insbesondere bei Dampfturbinen wird beobachtet, dass sich im Mediumstrom bzw. Dampfstrom Nebeltröpfchen bilden, die von den Leitschaufeln eingefangen werden, dort akkumulieren und von den Austrittskanten als Wassertropfen abreißen. Diese Wassertropfen führen aufgrund ihrer hohen kinetischen Energie an den Laufschaufeln, insbesondere an den Laufschaufeleintrittskanten zu Oberflächenzerrüttung und Tropfenschlagerosion, so dass zum Teil kostenintensive Kantenschutzmaßnahmen getroffen werden müssen.

[0005] Um die negativen Auswirkungen der Tropfenschlagerosion zu vermeiden ist es beispielsweise bekannt, die Laufschaufeln, insbesondere die Laufschaufeleintrittskanten mit möglichst harten Schichten zu versehen, wodurch die Tropfenschlagerosion allerdings nicht vollständig verhindert werden kann und zum Teil sogar die Rissempfindlichkeit der Laufschaufeln erhöht wird, so dass nachteiligerweise die erreichbaren Betriebsspannungen gesenkt werden müssen. Bekannt ist aber auch, die Laufschaufeln, bzw. die Laufschaufeleintrittskanten einer Oberflächenbehandlung (Härten) zu unterziehen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Strömungsmaschine der eingangs genannten Art mit einfachen Mitteln dahin gehend zu verbessern, dass die Laufschaufeln wesentlich resistenter gegen Tropfenschlagerosion ausgeführt sind.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass zumindest die Laufschaufeln zumindest bereichsweise mit einem Formgedächtniswerkstoff beschichtet sind.

[0008] Ein Formgedächtniswerkstoff im Sinne der Erfindung ist ein Werkstoff, welcher nach einer Verformung seine ursprüngliche Form wieder einnimmt.

[0009] Besonders vorteilhaft im Sinne der Erfindung ist, wenn der Formgedächtniswerkstoff als pseudoelastische Beschichtung ausgeführt ist. Hierbei ist die Pseu-

doelastizität eine spezielle Form des Formgedächtniseffektes. Beispielsweise erzeugen aufgeprägte Formänderungen im Werkstoff eine spannungsinduzierte Austenit/Martensit Phasenumwandlung, wobei bei Entlastung eine Rückumwandlung stattfindet und der Werkstoff seine ursprüngliche Form wieder einnimmt. Die Pseudoelastizität kann auch als Superelastizität bezeichnet werden.

[0010] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass der Formgedächtniswerkstoff als Nickel-Titan-Legierung ausgeführt ist, wobei natürlich auch andere Legierungen wie zum Beispiel CuZnAL oder CuA1Ni verwendet werden können, die ebenfalls den Formgedächtniseffekt aufweisen.

[0011] Die bevorzugten Nickel-Titan-Legierungen weisen eine pseudoelastisch reversible Dehnung von ca. 6% bis 8% auf, wobei der Formgedächtniswerkstoff nicht auf diesen beispielhaft genannten Bereich beschränkt sein soll. Dieser Effekt ist in einem bestimmten Temperaturbereich verfügbar, der jedoch über die Legierungszusammensetzung beeinflusst werden kann.

[0012] Insbesondere die Betriebstemperaturen von Niederdruckschaufeln (ca. 60°C bis 100°C) ermöglichen hier vorteilhaft den Einsatz bzw. die Verwendung des Formgedächtniswerkstoffes als Beschichtung für eine Laufschaufel bzw. der Laufschaufeleintrittskante.

[0013] Wie bereits ausgeführt, beruht die Tropfenschlagerosion auf Oberflächenzerrüttung durch aufschlagende Wassertropfen. Bei der erfindungsgemäßen Beschichtung mit dem Formgedächtnis bzw. pseudoelastischen Werkstoff wird die Aufprallenergie dagegen in reversible pseudoelastische Verformung umgesetzt und kann somit nicht mehr zur Zerrüttung des Schaufelwerkstoffs führen. Um der Beschichtung bzw. dem Formgedächtniswerkstoff oder pseudoelastischen Werkstoff zusätzlich Widerstand, beispielsweise gegen Festkörperezision zu verleihen, ist es insbesondere bei Nickel-Titan-Beschichtungen möglich, mittels Laserumschmelzungen der Oberfläche harte Titankarbid-Inseln zu erzeugen.

[0014] Möglich ist beispielsweise, den Formgedächtniswerkstoff bzw. die pseudoelastische Beschichtung spritztechnisch aufzubringen. Denkbar ist hierbei, während des Beschichtungsvorgangs direkt Hartstoffe mit aufzubringen, wobei als Hartstoffe beispielsweise Karbide verwendet werden können.

[0015] Als vorteilhaft ist weiter anzusehen, dass die Haftung aufgrund des Beschichtungswerkstoffs auch auf Titanschaufeln hinreichend ist, wobei zusätzlich die Dämpfung und das Reibungskorrosionsverhalten verbessert wird. Zudem bieten Nickel-Titan-Schichten durch die Bildung einer dichten Titanoxidschicht einen ausgezeichneten Korrosionswiderstand.

[0016] Als beispielhafte Nickel-Titan-Legierung wird die Laufschaufel bzw. die Laufschaufeleintrittskante bevorzugt mit einem Werkstoff der Bezeichnung Nitinol beschichtet.

[0017] Zweckmäßig ist vorgesehen, dass nicht die ge-

samte Laufschaufel mit dem Formgedächtniswerkstoff beschichtet wird, wobei möglich ist, lediglich die Laufschaufelkanten bzw. die Laufschaufeleintrittskanten mit dem Formgedächtniswerkstoff bzw. dem pseudoelastischen Werkstoff, bevorzugt mit Nitinol zu beschichten.

[0018] Möglich ist auch, nicht alle Laufschaufeln bzw. Laufschaufeleintrittskanten der Strömungsmaschine mit dem Formgedächtniswerkstoff zu beschichten. Denkbar ist, in Strömungsrichtung des Mediums bzw. Dampfes solche Laufschaufeln bzw. Laufschaufeleintrittskanten zu beschichten, welche tatsächlich einer Tropfenschlagerosion ausgesetzt sind. Solche tropfenschlaggefährdeten Laufschaufeln sind insbesondere im Bereich der Austrittsseite der Strömungsmaschine angeordnet, da hier aufgrund der Entspannung des Mediums bzw. des Dampfes eine hohe Kondensationsrate an den Leitschaufeln zu erwarten ist.

[0019] Zusammenfassend weist die Verwendung des Formgedächtniswerkstoffes als Beschichtung zur Vermeidung der Tropfenschlagerosion insbesondere der Laufschaufelkanten bzw. Laufschaufeleintrittskanten unter anderem folgende Vorteile auf:

- Es tritt keine Oberflächenzerrüttung mehr auf, da sich die Laufschaufeloberfläche bzw. die Laufschaufelkante beim Aufprall eines Wassertropfens pseudoelastisch reversibel verformt;
- Anhebung der zulässigen Betriebsspannungen in den Laufschaufeln im Vergleich zu den bisher eingesetzten Kantenschutzverfahren;
- Gute Kompatibilität und Haftung auch auf Titanschaufelwerkstoffen; und
- Ausgezeichneter Widerstand gegen Korrosion.

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine, die Leitschaufeln und Laufschaufeln aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die Laufschaufeln zumindest bereichsweise mit einem Formgedächtniswerkstoff beschichtet sind.
2. Strömungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formgedächtniswerkstoff als pseudoelastische Beschichtung ausgeführt ist.
3. Strömungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formgedächtniswerkstoff als Nickel-Titan-Legierung ausgeführt ist.
4. Verwendung eines Formgedächtniswerkstoffs zu-

mindest an Laufschaufeln einer Strömungsmaschine, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Formgedächtniswerkstoff zumindest bereichsweise als Beschichtung an den Laufschaufeln aufgebracht ist.



| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|---|--|---------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betreift Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X | EP 1 577 422 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 21. September 2005 (2005-09-21) * Absätze [0012], [0014] - [0016], [0020], [0021], [0024], [0026], [0027], [0030] * * Abbildungen 1-3 * ----- | 1-4 | INV. F01D5/28 F03G7/06 |
| X | DE 199 09 899 A1 (ABB RESEARCH LTD., ZUERICH) 7. September 2000 (2000-09-07) * Spalte 3, Zeile 59 - Spalte 4, Zeile 3 * * Spalte 5, Zeile 57 - Spalte 6, Zeile 3 * * Anspruch 4 * * Abbildungen * ----- | 1,4 | |
| A | DE 21 12 261 A1 (BATTELLE-INSTITUT E.V.) 14. September 1972 (1972-09-14) * Seite 3, Absatz 3 * * Seite 4, Absätze 2,3 * * Ansprüche 1,2 * * Abbildungen * ----- | 1-4 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) |
| | | | F01D F03G |
| 11 | Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | |
| | Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer |
| | München | 7. August 2006 | Mielimonka, I |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE | | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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 | |
| 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 | | | |

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

EP 06 00 3201

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.

07-08-2006

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|----------------|--|--|-------------------------------|
| EP 1577422 | A | 21-09-2005 | CN JP US | 1676884 A 2005273015 A 2005207896 A1 | 05-10-2005 06-10-2005 22-09-2005 | |
| DE 19909899 | A1 | 07-09-2000 | | KEINE | | |
| DE 2112261 | A1 | 14-09-1972 | | KEINE | | |