

(19)



(11)

**EP 3 000 977 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**04.11.2020 Patentblatt 2020/45**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/28<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **15184244.0**

(22) Anmeldetag: **08.09.2015**

(54) **SCHAUFEL EINER TURBINE MIT WASSERABWEISENDEM BESCHICHTETEM SCHAUFELBLATT**

BLADE FOR A TURBINE WITH HYDROPHOBIC COATED TURBINE BLADE

AUBE DE TURBINE DOTEE DE PALES REVETUES D'UNE COUCHE HYDROPHOBE

(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**

- **Scheunert, Norbert**  
**01187 Dresden (DE)**
- **Zeininger, Heinrich**  
**90587 Obermichelbach (DE)**

(30) Priorität: **29.09.2014 DE 102014219653**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 935 509 US-A1- 2013 032 316**  
**US-A1- 2013 032 646**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**30.03.2016 Patentblatt 2016/13**

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

- **POZZATO A ET AL: "Superhydrophobic surfaces fabricated by nanoimprint lithography", MICROELECTRONIC ENGINEERING, ELSEVIER PUBLISHERS BV., AMSTERDAM, NL, Bd. 83, Nr. 4-9, 1. April 2006 (2006-04-01), Seiten 884-888, XP024954955, ISSN: 0167-9317, DOI: 10.1016/J.MEE.2006.01.012 [gefunden am 2006-04-01]**

(72) Erfinder:  
 • **Eder, Florian**  
**91052 Erlangen (DE)**  
 • **Maleika, Marek**  
**90766 Fürth (DE)**

**EP 3 000 977 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 ein Verfahren zum Herstellen einer Schaufel. Die Erfindung ist insbesondere anwendbar auf Leitschaufeln einer Dampfturbine.

**[0002]** Die effiziente Erzeugung elektrischer Energie mit Hilfe von Dampfturbinenanlagen setzt voraus, dass entlang deren Strömungspfad ein möglichst hoher Anteil thermischer Energie des Strömungsmediums in kinetische Energie umgewandelt und zur Produktion von elektrischer Energie genutzt wird. Am kalten Ende einer Kondensationsdampfturbine, dem sogenannten Niederdruckbereich, ist dem Dampf derart viel innere Energie entzogen, dass sich aufgrund des geringen Kondensatordruckes eine Zweiphasenströmung ausbildet, die sowohl eine Gas- als auch eine Flüssigphase enthält. In der Strömung kommt es zum spontanen auskondensieren sogenannter Primärtropfen, die einen Durchmesser nicht mehr als einem Mikrometer aufweisen. Diese kleinen Tröpfchen in der Strömung werden von den Oberflächen der stationären Leitschaufeln aufgefangen und es bilden sich Wasseransammlungen, die in Richtung der Hinterkanten der Leitschaufeln wandern. Die sich an den Hinterkanten der Leitschaufeln ausbildenden Wasserfahnen werden von der Strömung in Form größerer Wassertropfen, sogenannten Sekundärtropfen mit Durchmessern zwischen 50 und 400 Mikrometern, mitgerissen. Aufgrund ihrer Größe und Masse und der damit einhergehenden Trägheit können diese Tropfen der Strömung nur sehr schlecht folgen und schlagen mit hoher Relativgeschwindigkeit auf die Vorderkanten der rotierenden Laufschaufeln. Der lokal sehr hohe Energieeintrag führt zur Ausbildung von Rissen auf der Laufschaufeloberfläche und kontinuierlicher Tropfenschlag bewirkt einen Materialabtrag an den Vorderkanten von Niederdruckschaufeln. Die Folgen von Tropfenschlagerosion und dadurch hervorgerufener Schädigung der Laufschaufeln sind Abnahme des Wirkungsgrades der Dampfturbine und erhöhter Wartungsaufwand.

**[0003]** DE 696 24 971 T2 offenbart eine Beschichtung zur Verhinderung von Fouling in Turbomaschinen mit einer Metalloberfläche, die umfasst: eine erste gehärtete Schicht eines haftenden Keramikmaterials mit anorganischem Phosphat als Opferanode, die in Kontakt mit der Oberfläche ist, eine zweite gehärtete Schicht, die in Kontakt mit der ersten Schicht ist und ein Bindemittel mit anorganischem Phosphat oder Silikat enthält und die nicht leitfähig ist und nicht als Opferanode dient, und eine gehärtete Deckschicht mit einer wärmostabilen organischen Polymer-Siegelmasse.

**[0004]** DE 196 07 979 A1 offenbart einen Abgastrakt einer insbesondere zur Verbrennung von Schweröl einsetzbaren Verbrennungsvorrichtung. Dieser Abgastrakt soll das Problem lösen, die Anlagerung von Schmutzschichten im Abgastrakt einer insbesondere zur Verbrennung von Schweröl einsetzbaren Verbrennungsvorrichtung und an den zur Nutzbarmachung der Abgasenergie der Verbrennungsvorrichtung im Abgastrakt angeordnete

ten Bauteile zu vermindern. Dies soll dadurch erreicht werden, dass auf der Oberfläche des zumindest einen, zur Nutzbarmachung der Abgasenergie im Abgastrakt angeordneten Bauteils bzw. zumindest eines dieser Bauteile und/oder auf der Oberfläche des Abgastraktes selbst eine Anti-Haftbeschichtung angeordnet ist.

**[0005]** DE 37 24 626 A1 offenbart ein mit einem Überzug versehenes Schaufelblatt für Dampfturbinen, sich auszeichnet durch das eigentliche Schaufelblatt und einen einschichtigen Überzug aus harter verschleißfester Keramik oder einen mehrschichtigen Überzug bestehend aus einer Unterschicht aus aktivem Metall wie Cr und Ti und einer Deckschicht aus Keramik, wobei der Keramiküberzug durch Ionplating gebildet wird. Ein Verfahren gemäß DE 37 24 626 A1 dient zum Beschichten einer Schaufel für Dampfturbinen, ausgezeichnet durch Oberflächenbehandeln der Schaufeloberfläche, bis die Oberflächenrauheit auf Rmax 1-2 S verringert ist und durch Bilden eines einschichtigen oder mehrschichtigen Überzugs aus Keramik durch Ionplating.

**[0006]** WO 98/18977 offenbart eine Beschichtung für Bauelemente, wobei die Begrenzungsflächen eines jeden Bauelements aufgeraut sind und darauf wenigstens bereichsweise ein Überzug aus nichtbenetzbarem amorphem Kohlenstoff aufgetragen ist. Dadurch soll eine Beschichtung geschaffen werden, mit der die Ausbildung von Flüssigkeitsfilmen auf den Begrenzungsflächen von Bauelementen und die Bildung fester Ablagerungen vermieden werden können. Auch wird ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung offenbart, wobei die Begrenzungsflächen eines jeden Bauelements aufgeraut werden und darauf wenigstens ein Überzug aus nichtbenetzbarem amorphem Kohlenstoff aufgetragen wird.

**[0007]** DE 100 56 241 A1 offenbart eine Niederdruckturbine, die Leitschaufeln und Laufschaufeln aufweist, deren Schaufelblätter eine Beschichtung aufweisen, die hydrophob oder wasserabweisend ist und eine glatte Oberfläche aufweist. Vorzugsweise enthält die Beschichtung amorphen Kohlenstoff. Die hydrophobe Eigenschaft der Beschichtung bewirkt, dass kleine in der Dampfphase enthaltene Tröpfchen beim Auftreffen auf ein beschichtetes Schaufelblatt als kleine Tröpfchen über das Schaufelblatt hinwegrollen und der Dampfströmung weiter folgen. Dadurch werden Nässeverluste vermieden und der Wirkungsgrad der Turbine erhöht. Weiter wird verhindert, dass die kleinen Tröpfchen auf den Schaufelblättern nicht zu größeren Tropfen oder einem Flüssigkeitsfilm koaleszieren. Tropfenschlagerosion an Schaufeln und weiteren Bauteilen der Turbine durch große Tropfen wird dadurch vermieden.

**[0008]** US2013032316 betrifft ein Verfahren zur nasschemischen Beschichtung und Imprägnierung von Oberflächen. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise zu überwinden und insbesondere eine Möglichkeit zur besonders effektiven und preisgünstig umsetzbaren Verminderung einer Tropfenschlagerosion von Laufschaufeln einer Dampfturbine bereitzustellen.

**[0009]** Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind insbesondere den abhängigen Ansprüchen entnehmbar.

**[0010]** Die Aufgabe wird gelöst durch eine Schaufel, insbesondere Leitschaufel, einer Turbine, insbesondere Dampfturbine, deren Schaufelblatt zumindest bereichsweise eine Beschichtung (im Folgenden ohne Beschränkung der Allgemeinheit als "wassertropfengrößen-reduzierende" Beschichtung bezeichnet) aufweist, deren Wasserrückzugswinkel mindestens 40° beträgt. Eine solche Schaufel, insbesondere Leitschaufel, weist den Vorteil auf, dass sie zuverlässig in der Lage ist, sich von ihrer Hinterkante der Leitschaufeln lösende Wassertropfen klein zu halten, insbesondere mit mittleren Tropfengrößen von wenigen Mikrometern oder noch weniger. Dabei wird ausgenutzt, dass ein Wasserrückzugswinkel von mindestens 40° dazu führt, dass selbst kleinsten Tröpfchen sich auf der Beschichtung bewegen können, ohne dass sie sich erst zu größeren Wasseransammlungen zusammenschließen müssen. In Folge dessen erreichen auch kleine und kleinste Tröpfchen die Leitschaufelkanten und lösen sich dort ab, ohne durch weiteres Zusammenschließen eine Mindestgröße erreichen zu müssen. Derart kleine Wassertropfen können weitgehend oder sogar praktisch vollständig von einem Dampfstrom in einer Dampfturbine so stark mitgenommen werden, dass sie nicht mehr auf zugehörige Laufschaufeln treffen. Treffen sie doch auf eine Laufschaufel, so setzen sie aufgrund ihrer geringen Masse bei einem Auftreffen auf die Laufschaufel eine nur geringe kinetische Energie frei. Durch beides wird eine Tropfenschlagerosion an der Laufschaufel verringert und somit deren Lebensdauer verlängert. Der Wasserrückzugswinkel von mindestens 40° ermöglicht zudem den Einsatz preiswerter wassertropfengrößenreduzierender Beschichtungen, die sich zudem einfach auf ein Schaufelblatt aufbringen lassen.

**[0011]** Der Wasserrückzugswinkel kann insbesondere mit der statischen Tropfenmethode gemessen werden.

**[0012]** Es ist eine Ausgestaltung, dass der Wasserrückzugswinkel mindestens 45°, insbesondere mindestens 50°, insbesondere mindestens 55° beträgt. Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung hat sich bei einem Wasserrückzugswinkel von mindestens 60° ergeben. Der Wasserrückzugswinkel mag aber noch größer sein, z.B. mindestens 65° oder mindestens 70° betragen.

**[0013]** Es ist noch eine Ausgestaltung, dass die Beschichtung aus mindestens einem hochtemperaturbeständigen Polymer mit einer geringen Zahl an polaren Gruppen besteht. Solche Polymere sind einfach und preiswert beziehbar und auf das Schaufelblatt aufbringbar. Zudem zeigen sie in ihrem vorgesehenen Temperaturbereich, der zum Einsatz in einer Dampfturbine geeignet ist, keine Zersetzung unter hydrolytischen Einflüssen. Die geringe Zahl an polaren Gruppen mag auch eine Abwesenheit polarer Gruppen umfassen.

**[0014]** Es ist eine Ausgestaltung davon, dass mindestens ein Polymer mindestens einen zumindest teilfluo-

rierten Kohlenwasserstoff aufweist bzw. auf dessen Basis hergestellt worden ist. Das auf mindestens einem teilfluorierten Kohlenwasserstoff basierte mindestens eine Polymer mag beispielsweise mindestens einen Fluorkunststoff aufweisen, insbesondere mindestens ein Polyhalogenolefin, z.B. Polytetrafluorethylen (Kurzzeichen PTFE) und/oder Polychlorotrifluorethylen (Kurzzeichen PCTFE). PTFE ist sehr beständig gegenüber vielen Chemikalien und temperaturbeständig bis ca. 260 °C. PTFE hat ferner einen sehr geringen Reibungskoeffizienten. Außerdem ist die Haftreibung genauso groß wie die Gleitreibung, so dass der Übergang vom Stillstand zur Bewegung ohne Ruck stattfindet. Seine Oberflächenspannung ist extrem niedrig. PTFE ist schwierig zu benetzen und kaum zu verkleben. Ein Kontaktwinkel mit Wasser beträgt 126°. Auch PCTFE ist sehr beständig gegenüber vielen Chemikalien. Daneben besitzt PCTFE die höchste Härte, Festigkeit und Steifigkeit unter den Fluorkunststoffen. PCTFE ist formstabil, sehr gut mechanisch bearbeitbar und kann in einem weiten Temperaturbereich (etwa -240 °C bis +205 °C) eingesetzt werden.

**[0015]** Ein bevorzugter Einsatzbereich von auf zumindest teilfluorierten Kohlenwasserstoffen basierenden Polymeren reicht von ca. 100 °C bis ca. 180 °C.

**[0016]** Es ist noch eine Ausgestaltung davon, dass mindestens ein Polymer mindestens ein Polyoleofin aufweist. Diese Polyoleofine sind besonders preiswert und einfach handhabbar. Ein bevorzugter Einsatzbereich von Polyoleofinen reicht bis ca. 100 °C. Beispiele für auf Leitschaufeln nutzbare Polyoleofine umfassen Polyethylen und/oder Polypropylen.

**[0017]** Es ist eine weitere Ausgestaltung davon, dass mindestens ein Polymer mindestens ein Polyetherketon, mindestens ein Polyimid und/oder mindestens ein Polysulfon aufweist. Ein bevorzugter Einsatzbereich dieser Polymere beginnt ab ca. 200 °C.

**[0018]** Es ist ein Teil der Erfindung, dass die wassertropfengrößen-reduzierende Beschichtung mit mindestens einem siliziumorganischen Präkursor hergestellt worden ist. Der Präkursor weist insbesondere nur unpolare Gruppen auf. Auch ein siliziumorganischer Präkursor weist in einer für einen Niederdruckbereich einer Dampfturbine typischen Umgebung keine Zersetzung unter hydrolytischen Einflüssen auf.

**[0019]** Es ist eine Weiterbildung, dass dazu mindestens ein siliziumorganischer Präkursor aufgebracht worden, welcher sich folgend dicht vernetzt. Die Gruppen des Präkursors bleiben dabei vorzugsweise weitgehend erhalten, wandeln sich also im Wesentlichen nicht chemisch um.

**[0020]** Es ist auch eine Ausgestaltung, dass der Präkursor mindestens eine Alkylgruppe, mindestens eine Arylgruppe und/oder mindestens eine cycloaromatische Gruppe, insbesondere Benzylgruppe, aufweist.

**[0021]** Es ist außerdem eine Ausgestaltung, dass der mindestens ein siliziumorganischer Präkursor mindestens ein Siloxan, insbesondere Hexamethyldisiloxan und/oder Octamethylcyclisiloxan, aufweist.

**[0022]** Es ist zudem eine Ausgestaltung, dass ein Wasserkontaktwinkel mindestens  $50^\circ$ , insbesondere mindestens  $75^\circ$ , beträgt. Dadurch kann die Beweglichkeit des Wassers auf dem Schaufelblatt weiter gesteigert werden. Die wassertropfengrößen-reduzierende Beschichtung mag also hydrophob sein, braucht es aber nicht zu sein, um die geringe Tröpfchengröße zu erreichen. Der Wasserkontaktwinkel mag also z.B. kleiner als  $90^\circ$  sein, insbesondere auch kleiner als  $85^\circ$ , insbesondere kleiner als  $80^\circ$ .

**[0023]** Es ist eine zur Verlängerung einer Lebensdauer vorteilhafte Ausgestaltung, dass die wassertropfengrößen-reduzierende Beschichtung auf einer Korrosionsschutzoberfläche des Schaufelblatts aufgebracht ist. Dadurch kann eine korrosive Beschädigung des Schaufelblatts, welche eine mittlere Tröpfchengröße der sich von der Leitschaufel ablösenden Wassertröpfchen, verringert oder sogar ganz verhindert werden.

**[0024]** Das Aufbringen der wassertropfengrößen-reduzierenden Beschichtung mag beispielsweise nasschemisch oder im Rahmen eines Plasmaprozesses durchgeführt werden. Der Plasmaprozess mag z.B. Atmosphärendruckplasma oder Niederdruckplasma nutzen. Eine Auftragung mag auch durch Lackieren (mit Lösungsmittel oder durch Verwendung von Pulverlack), Aufsprühen, oder Folieren erfolgen.

**[0025]** Es ist eine Ausgestaltung davon, dass die Korrosionsschutzoberfläche eine Oberfläche einer Korrosionsschutzschicht ist, z.B. aus Metall (insbesondere Chrom) oder Polymer. Dies ermöglicht eine besonders große Auswahl an einsetzbaren korrosionsschützenden Materialien. Die Korrosionsschutzschicht kann auch als eine korrosionshemmende Sperrschicht bezeichnet werden. Die Korrosionsschutzschicht mag direkt oder indirekt (z.B. über mindestens eine Zwischenschicht) auf einem Grundkörper des Schaufelblatts aufgebracht sein. Die Korrosionsschutzschicht mag beispielsweise durch Galvanisieren, PVD, CVD usw. aufgebracht werden.

**[0026]** Es ist noch eine Ausgestaltung davon, dass die Korrosionsschutzoberfläche eine Oberfläche eines korrosionsfesten Grundkörpers des Schaufelblatts oder eine oberflächenpassivierte Oberfläche eines Grundkörpers des Schaufelblatts ist. Durch eine solche korrosionsschützende Behandlung der Oberfläche des Grundkörpers des Schaufelblatts kann auf eine eigenständige Korrosionsschutzschicht verzichtet werden. Eine Oberflächenpassivierung mag z.B. durch Nitrieren oder Phosphatieren umgesetzt werden, z.B. eines Grundkörpers aus Stahl. Das Nitrieren kann beispielsweise mittels eines Plasmaprozesses durchgeführt werden.

**[0027]** Der Grundkörper des Schaufelblatts bestimmt eine grundsätzliche Form, Größe und mechanische und thermische Eigenschaft des Schaufelblatts. Der Grundkörper mag z.B. ein metallischer Gusskörper sein, insbesondere aus Stahl, und z.B. auch als "Schaufelblatt als solches" bezeichnet werden. Der Grundkörper ist insbesondere ein Vollkörper. Er mag ein ausgefüllter Körper oder ein Hohlkörper sein.

**[0028]** Die wassertropfengrößen-reduzierende Beschichtung mag direkt oder indirekt (z.B. über mindestens eine Zwischenschicht) auf einer Korrosionsschutzoberfläche des Schaufelblatts aufgebracht sein.

5 **[0029]** Es ist eine weitere zur Reduzierung einer Wassertropfengröße vorteilhafte Ausgestaltung, dass eine Oberfläche eines Grundkörpers des Schaufelblatts eine geglättete Oberfläche ist. Eine solche geglättete Oberfläche kann sich vorteilhaft auf eine Glattheit der wassertropfengrößen-reduzierenden Beschichtung auswirken.

10 **[0030]** Außer einer Leitschaufel mag z.B. auch eine Laufschaufel entsprechend ausgebildet sein.

**[0031]** Die Aufgabe wird auch gelöst durch eine Dampfturbine mit mindestens einer Schaufel, insbesondere Leitschaufel, wie oben beschrieben. Die Dampfturbine ist vorzugsweise eine Kondensationsdampfturbine. Die mindestens eine Schaufel, insbesondere Leitschaufel, befindet sich insbesondere in einem Niederdruckbereich der Dampfturbine.

20 **[0032]** Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen einer Schaufel, insbesondere Leitschaufel, wie oben beschrieben. Das Verfahren kann analog zu der Leitschaufel ausgebildet werden und ergibt sie gleichen Vorteile.

25 **[0033]** Es ist eine Ausgestaltung, dass das Verfahren zum Herstellen der Schaufel mit einer wassertropfengrößen-reduzierenden Beschichtung mit mindestens einem siliziumorganischen Präkursor dient, bei dem auf einen Grundkörper des Schaufelblatts oder auf eine auf den Grundkörper aufgebraute Korrosionsschutzschicht mindestens ein siliziumorganischer Präkursor aufgebracht wird, welcher sich folgend vernetzt.

30 **[0034]** Es ist ein Teil der Erfindung, dass zum Herstellen einer geglätteten Oberfläche des Grundkörpers des Schaufelblatts der Grundkörper bereits glatter hergestellt wird. Dies kann beispielsweise durch Verbesserungen im Herstellungsprozess erreicht werden. Solche Verbesserungen mögen eine Nutzung eines feineren Sand im Formenbau einer Gussform des Grundkörpers und/oder eines glatteren Ausgangsmaterials beim Schweißen bestehen. Alternativ oder Zusätzlich mag die Oberfläche des Grundkörpers des Schaufelblatts poliert werden. Eine weitere, alternative oder zusätzliche, Maßnahme besteht im Aufbringen einer topographienivellierenden Beschichtung auf den Grundkörper.

45 **[0035]** Insbesondere können folgende Vorgehensweisen beispielhaft genutzt werden, z.B. nach Bereitstellung eines Grundkörpers einer Schaufel aus Stahl:

50 a) Glättung der Oberfläche zumindest des Schaufelblatts durch Polieren, anschließende Nitrierung der Oberfläche (z.B. unter Verwendung eines Plasmas) zum Erreichen einer korrosionshemmenden Sperrschicht und anschließende Beschichtung der nitrierten Oberfläche in einem Atmosphärendruckplasma oder einem Niederdruckplasma mit einem siliziumorganischen Präkursor (z.B. Hexamethyldisiloxan oder Octamethylcyclisiloxan) zum Herstellen der

wassertropfengrößen-reduzierenden Beschichtung. Dieses oben genannten Verfahren gehört auch zur Erfindung.

b) Glättung der Oberfläche zumindest des Schaufelblatts durch Polieren, anschließender Auftrag einer Korrosionsschutzschicht durch Galvanisieren (z.B. durch einen Auftrag einer Chromschicht und anschließender nasschemischer oder plasmatechnischer Auftrag einer wassertropfengrößen-reduzierenden Beschichtung.

c) Auftrag einer Korrosionsschutzschicht durch Nitrieren oder Phosphatieren, anschließend Glättung der Oberfläche und anschließend Auftrag einer polymeren Oberfläche z.B. durch Lackieren oder Folieren. Dieses Beispiel ist besonders geeignet für Polymere wie PEEK, Polyimid(e) und/oder Polyethersulfon(e).

**[0036]** 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 schematischen Beschreibung eines Ausführungsbeispiels, das im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert wird. Dabei können zur Übersichtlichkeit gleiche oder gleichwirkende Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sein.

**[0037]** Die Figur zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht einen Ausschnitt aus einem oberflächennahen Bereich eines Schaufelblatts 2 einer Leitschaufel 1 einer Dampfturbine D. Eine solche Leitschaufel 1 mag insbesondere in einem Niederdruckbereich der Dampfturbine D verwendet werden.

**[0038]** Dazu wird zunächst ein Grundkörper 3 aus Stahl der Leitschaufel 1 bereitgestellt. Folgend wird seine zunächst noch unbehandelte Oberfläche 4 durch Polieren geglättet.

**[0039]** Anschließend erfolgt die Nitrierung der polierten Oberfläche 4 z.B. unter Verwendung eines Plasmas. So wird ein oberflächlicher Bereich 5 des Grundkörpers 3 als ein schichtartiger korrosionshemmender Bereich ausgebildet. Ein darunterliegender Bereich 6 wird nicht nitriert.

**[0040]** Es erfolgt eine anschließende Beschichtung der nun aufgrund der Nitrierung als Korrosionsschutzoberfläche dienenden Oberfläche 4 in einem Atmosphärendruckplasma oder einem Niederdruckplasma mit einem siliziumorganischen Präkursor, z.B. Hexamethyldisiloxan und/oder Octamethylcyclisiloxan. Durch eine sich anschließende dichte Vernetzung des Präkursors wird auf der Oberfläche 4 eine wassertropfengrößen-reduzierende siliziumorganische Beschichtung 7 erzeugt. Diese Beschichtung weist einen Wasserrückzugswinkel von mindestens 40° und einen Wasserkontaktwinkel von mehr als 50° auf. Sie zeigt in dem Niederdruckbereich der Dampfturbine D keine Zersetzung unter hydrolyti-

schen Einflüssen.

**[0041]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das gezeigte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht darauf eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

**[0042]** Allgemein kann unter "ein", "eine" usw. eine Einzahl oder eine Mehrzahl verstanden werden, insbesondere im Sinne von "mindestens ein" oder "ein oder mehrere" usw., solange dies nicht explizit ausgeschlossen ist, z.B. durch den Ausdruck "genau ein" usw.

**[0043]** Auch kann eine Zahlenangabe genau die angegebene Zahl als auch einen üblichen Toleranzbereich umfassen, solange dies nicht explizit ausgeschlossen ist.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Schaufel, insbesondere einer Leitschaufel (1) einer Dampfturbine, bei dem
  - ein geglätteter Grundkörper (3) eines Schaufelblatts (2) bereitgestellt wird, mit folgender Vorgehensweise:
    - Bildung einer Korrosionsschutzschicht (5) auf dem geglätteten Grundkörper (3) durch Nitrierung oder Phosphatierung, und
    - Beschichtung der Oberfläche (4) der Korrosionsschutzschicht (5) in einem Atmosphärendruckplasma oder einem Niederdruckplasma mit einem siliziumorganischen Präkursor,
      - durch dessen im Folgenden durchgeführte dichte Vernetzung auf der Oberfläche (4) eine wassertropfengrößen-reduzierende siliziumorganische Beschichtung (7) erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der siliziumorganische Präkursor über ein Plasma aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der siliziumorganische Präkursor über ein Atmosphärendruckplasma aufgebracht wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der siliziumorganische Präkursor zumindest ein Siloxan umfasst.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der siliziumorganische Präkursor zumindest ein Hexamethyldisiloxan umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der siliziumorganische Präkursor zumindest ein Octamethylcyclisiloxan umfasst.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei die wassertropfengrößen-reduzierende siliziumorganische Beschichtung einen Wasserrückzugswinkel von mindestens 40° aufweist.

## Claims

1. Process for producing a blade, in particular a guide vane (1) of a steam turbine, wherein

- a smoothed main element (3) of a blade aerofoil (2) is provided,

using the following procedure:

- formation of an anticorrosion layer (5) on the smoothed main element (3) by nitriding or phosphating, and  
 - coating of the surface (4) of the anticorrosion layer (5) in an atmospheric-pressure plasma or a low-pressure plasma with a silicon-organic precursor,  
 - by means of which a water-droplet-size-reducing silicon-organic coating (7) is produced on the surface (4) in the dense crosslinking subsequently carried out.

2. Process according to Claim 1, wherein the silicon-organic precursor is applied via a plasma.

3. Process according to Claim 2, wherein the silicon-organic precursor is applied via an atmospheric-pressure plasma.

4. Process according to any of the preceding claims, wherein the silicon-organic precursor comprises at least one siloxane.

5. Process according to any of the preceding claims, wherein the silicon-organic precursor comprises at least one hexamethyldisiloxane.

6. Process according to any of the preceding claims, wherein the silicon-organic precursor comprises at least one octamethylcyclsiloxane.

7. Process according to any of the preceding claims, wherein the water-droplet-size-reducing silicon-organic coating has a receding water contact angle of at least 40°.

- un corps de base lissé (3) d'une pale (2) est fourni, comprenant la procédure suivante :

- formation d'une couche de protection contre la corrosion (5) sur le corps de base lissé (3) par nitruration ou phosphatation,  
 et

- revêtement de la surface (4) de la couche de protection contre la corrosion (5) dans un plasma à pression atmosphérique ou un plasma à basse pression avec un précurseur d'organosilicium,

- sa réticulation dense effectuée ultérieurement sur la surface (4) produit un revêtement d'organosilicium (7) réduisant la taille des gouttelettes d'eau.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le précurseur d'organosilicium est appliqué par le biais d'un plasma.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le précurseur d'organosilicium est appliqué par le biais d'un plasma à pression atmosphérique.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le précurseur d'organosilicium comprend au moins un siloxane.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le précurseur d'organosilicium comprend au moins un hexaméthylidisiloxane.

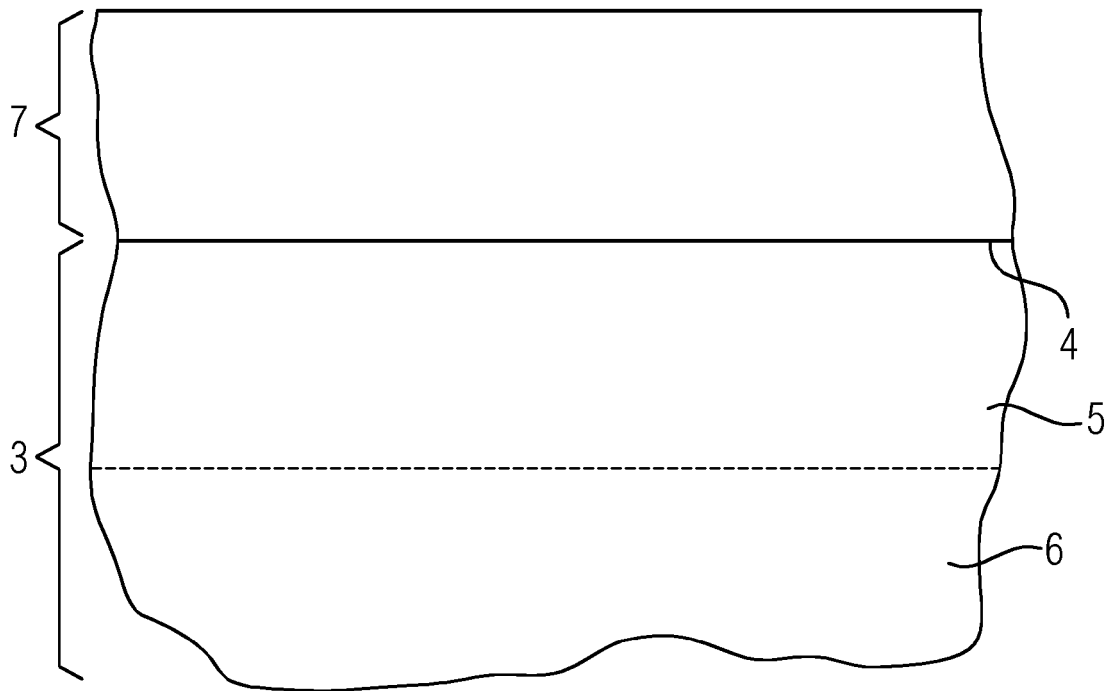
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le précurseur d'organosilicium comprend au moins un octaméthylcyclsiloxane.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le revêtement d'organosilicium réduisant la taille des gouttelettes d'eau présente un angle de rétraction d'eau d'au moins 40°.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'une aube, en particulier d'une aube directrice (1) d'une turbine à vapeur, dans lequel

1, 2, D



**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 69624971 T2 [0003]
- DE 19607979 A1 [0004]
- DE 3724626 A1 [0005]
- WO 9818977 A [0006]
- DE 10056241 A1 [0007]
- US 2013032316 A [0008]