

(19)



(11)

EP 2 137 381 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.09.2010 Patentblatt 2010/39

(51) Int Cl.:
F01D 5/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08736059.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/054338

(22) Anmeldetag: **10.04.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/128902 (30.10.2008 Gazette 2008/44)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON BESCHICHTETEN TURBINENLAUFSCHAUFELN**

METHOD FOR PRODUCING COATED TURBINE BLADES

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'AUBES MOBILES DE TURBINE RECOUVERTES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

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

(30) Priorität: **23.04.2007 EP 07008237**

(72) Erfinder: **AHMAD, Fathi
41564 Kaarst (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.12.2009 Patentblatt 2009/53

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 1 640 562 EP-A- 1 752 610
WO-A-03/062606 JP-A- 2000 130 102
US-A- 4 097 192**

EP 2 137 381 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 beschichteten Turbinenlaufschaufel, bei dem eine Turbinenlaufschaufel mit mindestens einer Schutzschicht beschichtet wird und bei dem zur Einstellung der Eigenfrequenz der Turbinenlaufschaufel mindestens eine Ausnehmung in eine Schaufelspitze eines Schaufelblatts der Turbinenlaufschaufel eingebracht wird.

[0002] Es ist bekannt, Turbinenlaufschaufeln mit einer Schutzschicht zu versehen, damit diese beim Betrieb in einer Gasturbine eine erhöhte Lebensdauer aufweisen. Als Schutzschicht wird dabei häufig eine Korrosionsschutzschicht des Typs MCrAlY auf die gegossen gefertigte Turbinenlaufschaufel aufgebracht. Die Aufbringung der Schutzschicht erfolgt dabei in dem Bereich ihrer Oberfläche, welcher im Betrieb der Gasturbine dem Heißgas ausgesetzt ist. Dieser Bereich umfasst sowohl das Schaufelblatt sowie die Plattform der Turbinenlaufschaufel, an welcher sich das Schaufelblatt anformt. Neben der Korrosionsschutzschicht kann zudem eine Wärmedämmschicht im vorgenannten Bereich aufgebracht werden, um den Wärmeeintrag aus dem Heißgas in das Grundmaterial der Turbinenlaufschaufel so gering wie möglich zu halten.

[0003] Des Weiteren ist bekannt, dass Turbinenlaufschaufeln einer Schwingungsanregung im Betrieb der Gasturbine ausgesetzt sind. Die Schwingungsanregung erfolgt aufgrund der Rotation des Rotors, an dem die Turbinenlaufschaufeln befestigt sind. Einen weiteren Beitrag zur Schwingungsanregung erfahren die Schaufelblätter der Turbinenlaufschaufeln durch das auf sie auftreffende Heißgas. Da die Schaufelblätter der Turbinenlaufschaufeln - in Strömungsrichtung des Heißgases gesehen - hinter einem Kranz von Turbinenleitschaufeln umlaufen, werden diese durch zyklisch auftreffendes Heißgas zum Schwingen angeregt. Daher ist es erforderlich, dass jede Turbinenlaufschaufel eine ausreichend hohe Eigenfrequenz aufweist, dass sowohl die von der Rotordrehzahl als auch die vom Heißgas herrührende Schwingungsanregung mit den jeweiligen Anregungsfrequenzen nicht zu einer unzulässig hohen Schwingung des Schaufelblatts führt. Dementsprechend werden im Stand der Technik die Turbinenlaufschaufeln derartig ausgelegt, dass deren Eigenfrequenz von den Anregungsfrequenzen der stationären Gasturbine abweicht. Daher wird bei der Entwicklung der Turbinenlaufschaufel darauf geachtet, dass die fertige Turbinenlaufschaufel insgesamt den Anforderungen bezüglich der Eigenresonanz genügt.

[0004] Im Fertigungsprozess der Turbinenlaufschaufel ist daher vorgesehen, jede einzelne Turbinenlaufschaufel auf ihre Schwingungseigenschaften zu überprüfen. Sofern die Turbinenlaufschaufel den vorgegebenen Frequenzwerten an Eigenfrequenz nicht erfüllt, ist diese zu verwerfen oder mittels geeigneter Maßnahmen derart zu manipulieren, dass diese danach für den Be-

trieb geeignet ist und die Anforderungen an die Eigenfrequenz erfüllt. Um Turbinenlaufschaufeln, welche allein aufgrund ihrer Schwingungseigenschaft nicht zum Einsatz in der Gasturbine vorgesehen sind, der Benutzung doch zuzuführen, ist aus der US 4,097,192 bekannt, am Schaufelblatt der Turbinenlaufschaufel stirnseitig eine Ausnehmung einzubringen, wodurch die Masse der Turbinenlaufschaufel an ihrem freien, schwingfähigen Ende reduziert werden kann. Durch die Reduzierung der Masse der Turbinenlaufschaufel wird die Schwingungseigenschaft positiv beeinflusst. Ihre Eigenfrequenz kann durch das Entfernen der Masse, insbesondere an ihrem äußeren Ende, zu größeren Eigenfrequenzen verschoben werden.

[0005] Zudem offenbart die WO2003/06260A1 ein Verfahren zur Frequenzänderung von bereits einsatzfertigen Laufschaufeln. Gemäß diesem wird zur Frequenzänderung auf das Schaufelblatt ein metallischer Überzug im Bereich der Schaufelblattspitze aufgebracht, dessen Dicke sich an der Austrittskante und in radialer Richtung zum Schaufelfuß hin kontinuierlich verjüngt. Dies hat jedoch den Nachteil, dass damit auch die Aerodynamik der Laufschaufel verändert wird.

[0006] Außerdem ist bekannt, dass an zuvor in Gasturbinen eingesetzten Turbinenlaufschaufeln Maßnahmen zur Lebensdauererweiterung durchgeführt werden. Diese Maßnahmen umfassen einerseits die Beseitigung von während des Betriebs entstandenen Rissen und andererseits die Erneuerung der auf den Turbinenlaufschaufeln vorgesehenen Schutzschichten.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zum Herstellen von beschichteten Turbinenlaufschaufeln, deren Eigenfrequenz den Anforderungen für den Einsatz innerhalb einer stationären Gasturbine entspricht.

[0008] Die auf das Verfahren bezogene Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei sich vorteilhafte Ausgestaltungen in den Unteransprüchen widerspiegeln.

[0009] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass das Einbringen der Ausnehmungen zur Einstellung der Eigenfrequenz nach dem Beschichten der Turbinenlaufschaufel erfolgen soll. Erst nach dem Beschichten der Turbinenlaufschaufel hat diese ihre endgültige Gestalt und ihr endgültiges Gewicht erreicht, wobei auch die Eigenfrequenz (= Resonanzfrequenz) der Turbinenlaufschaufel davon abhängt. Insbesondere das Aufbringen einer Korrosionsschicht auf eine Turbinenlaufschaufel führt zu einer signifikanten Massenzunahme, wodurch sich die Eigenfrequenz der betreffenden Turbinenlaufschaufel verkleinert. Hierdurch besteht die Gefahr, dass die Eigenfrequenz der Turbinenlaufschaufel in die Nähe einer der Anregungsfrequenzen gelangt, so dass eine schädliche oder die Lebensdauer verkürzende Schwingungsanregung der Turbinenlaufschaufel bzw. des Schaufelblatts beim Betrieb der Gasturbine wahrscheinlicher ist. Turbinenlaufschaufeln, die während des Betriebs der Gasturbine fortlaufend eine Schwingungsan-

regung erfahren und fortlaufend schwingen, weisen eine erhöhte Bruchgefahr und eine verkürzte Lebensdauer auf. Die Belastung, die die Turbinenschaufel durch die Schwingungsanregung erfährt, wird auch als HCF-Belastung bezeichnet (High Cycle Fatigue).

[0010] Die Erfindung schlägt vor, insbesondere eine gebrauchte Turbinenlaufschaufel, die bereits einen Teil ihrer Lebensdauer verbraucht hat und durch ein sog. Refurbishment - Aufarbeitung - eine Lebensdauerverlängerung erhalten soll, für den Betrieb in der stationären Gasturbine anzupassen. Da das Refurbishment häufig das Entschichten einer Turbinenlaufschaufel umfasst sowie ein Wiederbeschichten in den vorgenannten Bereichen, ist die aufgearbeitete Turbinenlaufschaufel nach dem Beschichten einer Überprüfung der Eigenfrequenz zu unterziehen, wobei ggf. durch das Entfernen von Masse im Bereich der Schaufelspitze des Schaufelblatts diese verbessert werden kann. Durch die Entfernung der Masse am freien Ende der Turbinenlaufschaufel wird die Eigenfrequenz von den Anregungsfrequenzen weg verschoben.

[0011] Häufig wird bei der Aufbereitung der Turbinenlaufschaufel auch ein sog. Upgrade (Modernisierung) der Gasturbine durchgeführt, was zu einer höheren Leistungsabgabe und zu einem verbesserten Wirkungsgrad der Gasturbine durch eine Erhöhung der zulässigen Heißgastemperatur führen soll. Die höhere zulässige Heißgastemperatur führen dazu, dass sowohl die Korrosionsschutzschicht als auch die Wärmedämmschicht mit einer größeren Schichtdicke als ursprünglich geplant auf die entschichtete Turbinenschaufel aufgetragen werden muss, damit diese auch den höheren Temperaturen standhalten kann. Die größere Schichtdicke führt zu einer Zunahme an Masse. Um die Massenzunahme zu kompensieren und die ursprünglichen Schwingungseigenschaften der Turbinenlaufschaufel wieder zu erreichen, wird in die Stirnseite der Schaufelspitze des Schaufelblatts ein Loch in Richtung des Schaufelfußes der Turbinenschaufel gebohrt, wodurch die schwingungsrelevante Masse am freien Ende der Turbinenlaufschaufel entnommen werden kann. Dabei werden mehrere Bohrungen durchgeführt. Insgesamt bleibt durch diese Anordnung die Integrität und Festigkeit der Turbinenlaufschaufel unbeeinträchtigt. Es ist dabei vorgesehen, dass, wenn eine gegebene Masse durch Bohrungen im Schaufelblatt entfernt werden soll, eher eine größere Anzahl von Bohrungen mit einer geringen Bohrtiefe vorzusehen sind als eine geringe Anzahl von Bohrungen mit einer größeren Bohrtiefe.

[0012] Eingebaut in den Rotor einer Turbine führen die Turbinenlaufschaufeln dann zu einem erfindungsgemäßen Ring aus Turbinenlaufschaufeln für den Rotor einer Turbine, welcher dann besonders unanfällig ist für von Heißgas herrührende Schwingungsanregung der Schaufelblätter. Vorzugsweise sind dabei alle Turbinenlaufschaufeln des Rings mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt worden.

[0013] Die Bohrungen können eine Bohrtiefe von bis

zu 50% der - bezogen auf die Einbaulage der Turbinenlaufschaufel in einer stationären Gasturbine - radialen Erstreckung des Schaufelblatts betragen. Dies ist möglich, da in diesem Bereich vergleichsweise geringe mechanische Belastungen im Schaufelblatt auftreten und eine Schwächung des Materialquerschnitts trotz der hohen Fliehkräfte zulässig ist.

Vorzugsweise kann das Verfahren auch bei einer Turbinenlaufschaufel angewendet werden, welche ein innen kühlabes Schaufelblatt aufweist. In diesem Fall sind die Bohrungen an den Stellen des Schaufelblatts vorzusehen, bei denen so genannte Stützrippen zwischen der saugseitigen Schaufelblattwand und der druckseitigen Schaufelblattwand in diese einmünden. Alternativ oder zusätzlich können zudem Bohrungen in dem Abschnitt der Hinterkante eingebracht werden, in dem Saugseitenwand und Druckseitenwand zusammenlaufen. Um eine Korrosion der Turbinenlaufschaufel im Inneren der Bohrungen bzw. der Ausnehmungen zu vermeiden, kann vorgesehen sein, dass nach dem Einbringen der Bohrungen deren Öffnungen mittels eines Stopfens oder eines Lots oberflächlich verschlossen werden. Die Bohrungen werden dabei aber nicht aufgefüllt, so dass ein Hohlraum verbleibt.

[0014] Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung erläutert, wobei identische Bezugszeichen gleich wirkende Bauteile beschreiben.

[0015] Es zeigen:

- FIG 1 das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen von beschichteten Turbinenlaufschaufeln,
- FIG 2 den Ablauf und das Verfahren zum Aufarbeiten von gebrauchten Turbinenlaufschaufeln,
- FIG 3 eine perspektivische Ansicht auf das Schaufelblatt einer Turbinenlaufschaufel mit schaufelspitzenseitig angeordneten Bohrungen und
- FIG 4 den Querschnitt durch eine erfindungsgemäße, innen- gekühlte Turbinenlaufschaufel.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren 10 ist in FIG 1 dargestellt. Das Verfahren 10 zum Herstellen von beschichteten Turbinenlaufschaufeln umfasst in einem ersten Schritt 12 das Beschichten der Turbinenlaufschaufel mit einer Schutzschicht. Die Schutzschicht ist dabei vorzugsweise eine Korrosionsschutzschicht vom Typ MCrAlY. Alternativ kann auch eine zweilagige Schutzschicht vorgesehen sein, die als Bondcoat eine Schicht vom Typ MCrAlY umfasst, auf der weiter außen eine keramische Wärmedämmschicht (thermal barrier coat-TBC) aufgebracht worden ist. Da die Turbinenlaufschaufel in der Regel gegossen ist und dementsprechend einen gegossenen Grundkörper umfasst, wird durch das Aufbringen der Schutzschicht, insbesondere eine Korrosionsschutzschicht, deren Masse weiter erhöht. Die mit der Massenerhöhung einhergehende Veränderung der

Eigenfrequenz der Turbinenlaufschaufel kann durch das Einbringen von Ausnehmungen an der Schaufelspitze des Schaufelblatts der Turbinenlaufschaufel in einem zweiten Verfahrensschritt 14 kompensiert werden. Es ist dabei vorgesehen, dass derartig viele und derartig tiefe Ausnehmungen in die Stirnseite des Schaufelblatts der Turbinenlaufschaufel eingebracht werden, bis die Turbinenlaufschaufel den Anforderungen an die Eigenfrequenz genügt. Es kann dabei sein, dass trotz der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Eigenfrequenz nicht stark genug beeinflusst werden kann, dass diese den Anforderungen genügt. In diesem Falle ist die Turbinenlaufschaufel für eine weitere Nutzung nicht geeignet.

[0017] In FIG 2 ist ein Verfahren 20 dargestellt, bei dem gebrauchte, d.h. bereits im Betrieb einer stationären Gasturbine eingesetzte Turbinenlaufschaufeln durch einen Aufarbeitungsprozess - das so genannte Refurbishment - teilerneuert werden. Das Refurbishment dient als eine die Lebensdauer verlängernde Maßnahme für die Turbinenlaufschaufel. Demnach werden Turbinenlaufschaufeln in einem ersten Verfahrensschritt 22 einem Heißgas der Gasturbine bei deren Betrieb ausgesetzt. Während einer Inspektion bzw. Revision der Gasturbine werden die Turbinenlaufschaufeln ausgebaut und, sofern wiederaufarbeitbar, dem Aufarbeitungsprozess zugeführt. Der Aufarbeitungsprozess umfasst dabei einen Schritt 24, in dem gegebenenfalls beschichtete Turbinenlaufschaufeln entschichtet werden. Die Entschichtung ist erforderlich, wenn beispielsweise mittlere oder größere Risse in der Schutzschicht vorhanden sind oder Teilabplatzungen oder Abrieb die tatsächliche Schichtdicke unter ein erforderliches Mindestmaß schrumpfen ließen. In einem nachfolgenden optionalen Schritt 26 sind gegebenenfalls im Grundmaterial der Turbinenlaufschaufel entstandene Risse durch bekannte Reparaturverfahren zu eliminieren. In einem weiteren Schritt 28 erfolgt dann das Wiederbeschichten der Turbinenlaufschaufel mit einer einlagigen oder zweilagigen Schutzschicht, wonach abschließend in einem letzten Schritt 30 das Bohren von Löchern in die Stirnseite der Schaufelspitze in Richtung eines Schaufelfußes der Turbinenlaufschaufel zur Einstellung der Eigenfrequenz gebohrt werden können.

[0018] In FIG 3 ist eine Turbinenlaufschaufel 40 teilweise in perspektivischer Darstellung gezeigt. Die Turbinenlaufschaufel 40 umfasst bekanntermaßen einen nicht dargestellten im Querschnitt tannenbaumförmigen Schaufelfuß, an dem sich eine nicht dargestellte Schaufelplattform anschließt. An der Schaufelplattform ist ein freistehendes Schaufelblatt 42 angeordnet, welches im Querschnitt tropfenförmig ausgebildet aerodynamisch gekrümmt ist. Das Schaufelblatt 42 umfasst eine Druckseite 44 und eine Saugseite 46. In FIG 3 ist lediglich die Schaufelblattspitze 48 dargestellt, welcher dem an der Plattform befestigten Ende des Schaufelblatts 42 gegenüberliegt. Zwischen der Schaufelblattspitze 48 und der Plattform weist das Schaufelblatt 42 eine Höhe H auf,

welche, bezogen auf ihre Einbaulage in einer axial durchströmten stationären Gasturbine, in Richtung der Radialrichtung erfasst werden kann. Das aerodynamisch gekrümmte Schaufelblatt 42 umfasst eine Schaufelmittenlinie 50, welche mittig zwischen der Saugseite 46 und der Druckseite 44 von einer Anströmkante zu einer Hinterkante verläuft. Die Schaufelblattmittenlinie 50 ist in strichpunktierter Linienart dargestellt. Entlang der Schaufelblattmittenlinie 50 verteilt sind beispielsweise vier Ausnehmungen in Form von Bohrungen 52 vorgesehen, welche sich von der Stirnseite des Schaufelblatts 42 in Richtung des Schaufelfußes der Turbinenlaufschaufel 40 erstrecken. Mittels der Bohrungen 52 wurde am freien Ende der Turbinenlaufschaufel 40 das Gewicht reduziert, wodurch die Eigenfrequenz zu höheren Frequenzen verschoben worden ist.

[0019] Mittels der stirnseitig angeordneten Bohrungen kann ungefähr eine 10%ige Frequenzverschiebung der Eigenfrequenz erfolgen. Das in FIG 3 dargestellte Schaufelblatt 42 ist dabei ungekühlt.

[0020] In FIG 4 ist der Querschnitt durch das Schaufelblatt 42 einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Turbinenlaufschaufel 40 gezeigt. Der Schnitt wurde dabei in den Bereich der Schaufelblattspitze 48 gelegt. Die Turbinenschaufel 40 gemäß FIG 4 umfasst den gegossenen Grundkörper 41, auf den saugseitig als auch druckseitig eine Schutzschicht 54 aufgebracht worden ist. Die Schutzschicht 54 hat die Masse der Turbinenlaufschaufel 40 signifikant erhöht, wodurch sich eine Änderung der Eigenfrequenz zu geringeren Frequenzen ergeben hat. Um diese Verschiebung der Eigenfrequenz zu kompensieren, werden von der Stirnseite des Schaufelblatts 42 Bohrungen 52 eingebracht. Die Bohrungen 52 sind an den Stellen im Schaufelblatt 42 vorgesehen, an denen sich die im Inneren vorhandenen Stützrippen 56 mit der druckseitigen oder saugseitigen Schaufelwand 44, 46 verbinden. Auch kann vorgesehen sein, im Bereich der Hinterkante der Turbinenlaufschaufel 40, an dem sich die saugseitige Druckwand 46 mit der druckseitigen Schaufelwand 44 vereint, die Bohrungen 52 anzubringen, welche dabei vorzugsweise in diesem Abschnitt der Schaufelblattmittenlinie dort verteilt sind.

[0021] Insgesamt schlägt somit die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen von beschichteten Turbinenlaufschaufeln 40 vor, deren Frequenzeigenschaft besonders einfach an die erforderlichen Randbedingungen angepasst werden kann. Hierzu ist vorgesehen, dass das Einbringen von Ausnehmungen in eine Schaufelspitze 48 des Schaufelblatts 42 der Turbinenschaufel 40 nach dem Beschichten der Turbinenlaufschaufel 40 erfolgt. Hierdurch ist eine Methode angegeben, mit der die Schwingungseigenschaft der Turbinenschaufel besonders einfach und variabel eingestellt werden kann. Ausschuss von Turbinenlaufschaufeln 40 kann somit reduziert werden. Ebenso ist es möglich, eine aufgrund von Designänderungen sonst unbrauchbar gewordene Turbinenschaufel derartig anzupassen, dass sie zumindest den

Anforderungen bezüglich der Eigenfrequenz wieder genügt. Auch können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bereits gebrauchte Turbinenschaufeln in einem Refurbishment-Prozess so aufbereitet werden, dass sie wiederverwendet werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren (10, 20) zum Herstellen einer beschichteten Turbinenlaufschaufel (40),
bei dem eine Turbinenlaufschaufel (40) mit mindestens einer Schutzschicht (54) beschichtet wird und bei dem zur Einstellung der Eigenfrequenz der Turbinenlaufschaufel (40) mindestens eine Ausnehmung in eine Schaufelspitze (48) eines Schaufelblatts (42) der Turbinenlaufschaufel (40) eingebracht wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Einbringen der Ausnehmung nach dem Beschichten der Turbinenlaufschaufel (40) erfolgt, wobei als Ausnehmung ein Loch (52) in die Schaufelspitze (48) in Richtung eines Schaufelfußes der Turbinenlaufschaufeln (40) gebohrt wird und bei dem mehrere Bohrungen durchgeführt werden.
2. Verfahren (10, 20) nach Anspruch 1,
bei dem die Bohrtiefe bis zu 50% der - bezogen auf die Einbaulage der Turbinenlaufschaufel (40) - radialen Erstreckung des Schaufelblatts (42) beträgt.
3. Verfahren (10, 20) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, welches nach dem Entschichten einer Turbinenlaufschaufel (40) durchgeführt wird.
4. Verfahren (10, 20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, welches auf eine Turbinenlaufschaufel (40) mit einem innenkühlbaren Schaufelblatt (42) angewendet wird.
5. Verfahren (10, 20) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem die Ausnehmungen wieder verschlossen werden.
6. Verfahren (10, 20) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem als Schutzschicht (54) eine Korrosionsschutzschicht und/oder Wärmedämmschicht auf die Turbinenlaufschaufel aufgebracht wird.

Claims

1. Method (10, 20) for the production of a coated turbine moving blade (40), in which a turbine moving blade (40) is coated with at least one protective layer (54), and in which, in order to set the characteristic fre-

quency of the turbine moving blade (40), at least one recess is introduced into a blade tip (48) of a blade leaf (42) of the turbine moving blade (40), **characterized in that** the introduction of the recess takes place after the coating of the turbine moving blade (40), a hole (52) being drilled as a recess into the blade tip (48) in the direction of a blade foot of the turbine moving blades (40), and in which a plurality of bores are made.

2. Method (10, 20) according to Claim 1, in which the drill depth amounts to 50% of the radial extent of the blade leaf (42) with respect to the installation position of the turbine moving blade (40).
3. Method (10, 20) according to one of Claims 1 to 2, which is carried out after the coating has been removed from a turbine moving blade (40).
4. Method (10, 20) according to one of Claims 1 to 3, which is applied to a turbine moving blade (40) having an internally coolable blade leaf (42).
5. Method (10, 20) according to one of the preceding claims, in which the recesses are closed again.
6. The method (10, 20) according to one of the preceding claims, in which a corrosion protection layer and/or a heat insulation layer are/is applied as a protective layer (54) to the turbine moving blade.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une aube (40) mobile de turbine revêtue,
dans lequel on revêt une aube (40) mobile de turbine d'au moins une couche (54) de protection et dans lequel, pour régler la fréquence propre de l'aube (40) mobile de turbine, on ménage au moins un évidement dans une pointe (46) d'une lame (42) de l'aube (40) mobile de turbine,
caractérisé en ce que
on ménage l'évidement après le revêtement de l'aube (40) mobile de turbine en perçant, comme évidement, un trou (52) dans la pointe (48) de l'aube en direction d'une emplanture de l'aube (40) mobile de turbine et dans lequel on ménage plusieurs trous.
2. Procédé (10, 20) suivant la revendication 1, dans lequel la profondeur du trou représente jusqu'à 50%, rapporté à la position de montage de l'aube (40) mobile de turbine, de l'étendue radiale de la lame (42) de l'aube.
3. Procédé (10, 20) suivant l'une des revendications 1 à 2, qui s'effectue après avoir enlevé des couches

(40) à une aube mobile de turbine.

4. Procédé (10, 20) suivant l'une des revendications 1 à 3, qui est appliqué sur une aube (40) mobile de turbine ayant une lame (42) d'aube, qui peut être refroidie de l'intérieur. 5
5. Procédé (10, 20) suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on referme les évidements. 10
6. Procédé (10, 20) suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on dépose, comme couche (54) de protection, une couche de protection vis-à-vis de la corrosion et/ou une couche calorifuge sur l'aube mobile de turbine. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

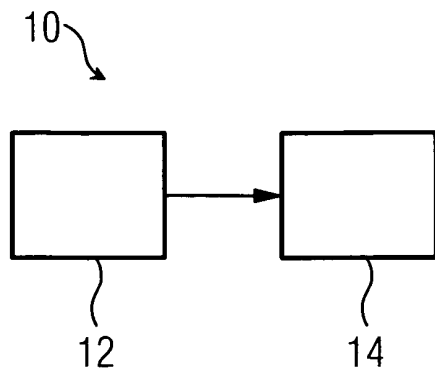


FIG 2

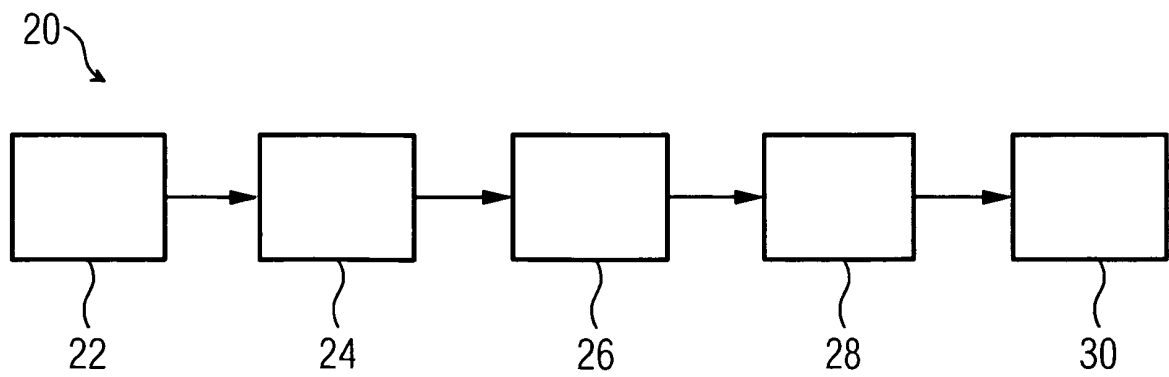


FIG 3

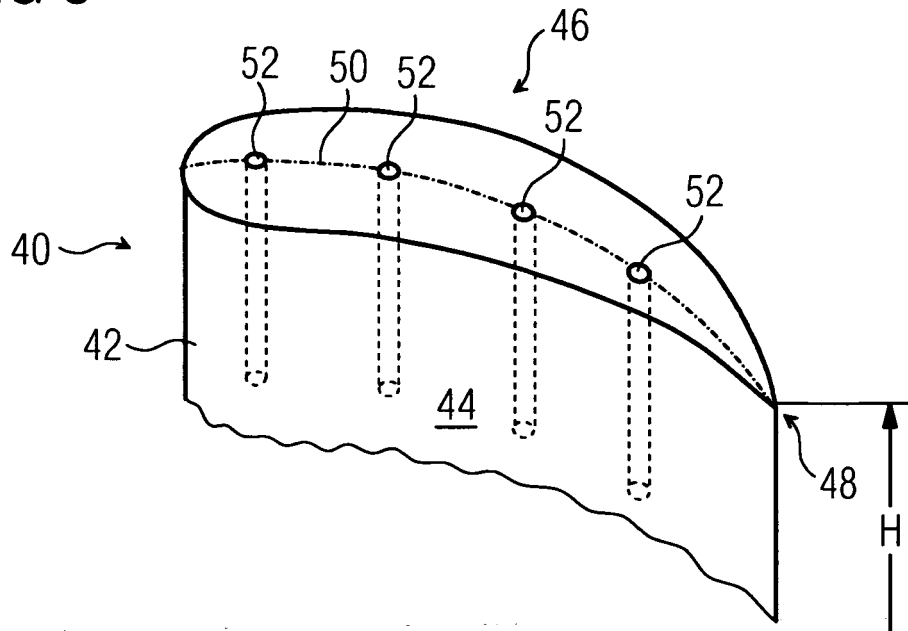
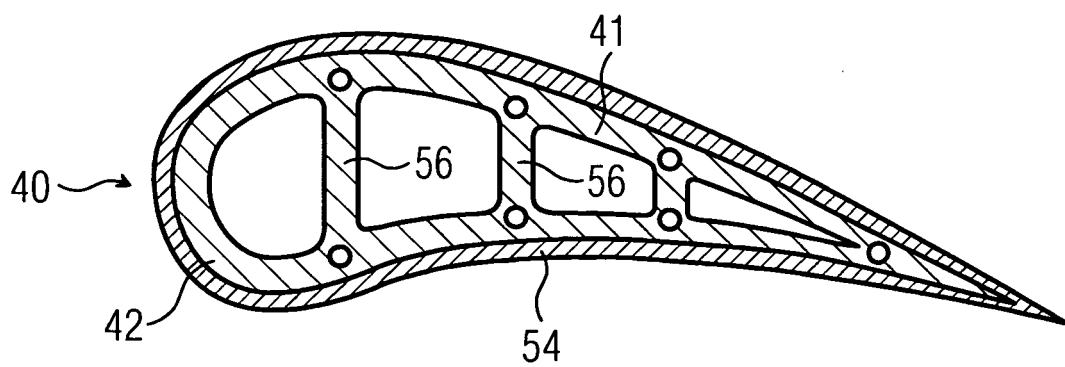


FIG 4



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 4097192 A [0004]
- WO 200306260 A1 [0005]