



(11) **EP 1 468 170 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
15.12.2010 Patentblatt 2010/50

(51) Int Cl.:
F01D 5/10 ^(2006.01) **F01D 5/16** ^(2006.01)
B64C 27/00 ^(2006.01) **F01D 5/28** ^(2006.01)
C23C 4/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03700009.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/CH2003/000022

(22) Anmeldetag: **16.01.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/062606 (31.07.2003 Gazette 2003/31)

(54) **VERFAHREN ZUR FREQUENZVERÄNDERUNG VON SCHAUFELN FÜR THERMISCHE STRÖMUNGSMASCHINEN**

METHOD FOR CHANGING THE FREQUENCY OF BLADES FOR THERMAL TURBO-MACHINES
PROCEDE POUR MODIFIER LA FREQUENCE D'AUBES POUR TURBOMACHINES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **22.01.2002 CH 1042002**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.10.2004 Patentblatt 2004/43

(73) Patentinhaber: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **BENEDETTI, Bruno**
CH-5722 Gränichen (CH)

• **KIENINGER, Andreas**
CH-5415 Nussbaumen (CH)
• **NAGLER, Christoph**
8032 Zürich (CH)
• **STENGELE, Jörg**
CH-5406 Rütihof (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 4 097 193 US-A- 4 118 147
US-A- 4 380 574 US-A- 6 155 789
US-B1- 6 213 721

EP 1 468 170 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

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der thermischen Strömungsmaschinen. Sie betrifft ein Verfahren zur Frequenzveränderung von Schaufeln, insbesondere Turbinenschaufeln, welche bereits für den Einbau in die Strömungsmaschine weitgehend einsatzfertig sind.

Stand der Technik

[0002] Die Leistung einer Gasturbine wird im wesentlichen bestimmt durch die verarbeiteten Massenströme wie Brennstoff und Luft.

[0003] Auf die Höhe des Wirkungsgrades einer Gasturbine hat neben den Dichtungen, Lagern usw. vor allem die Güte der Beschaukelung einen Einfluss. Die Schaufelabmessungen, z. B. die Sehnenlänge, die Schaufelhöhe, die Wölbung, das Profil, die Verwindung und der Schaufelabstand bestimmen dabei die für die Turbine geeignetsten Strömungsdaten einer Stufe, beispielsweise An- und Abströmwinkel, Druckverhältnis, Gasgeschwindigkeit und -menge.

[0004] Die Auslegung/Konstruktion einer neuen Gasturbine beruht heute auf Erfahrungen, Berechnungen und Versuchen. Dabei gibt es immer wieder Parameter, die durch Annahmen nur unzureichend das Optimum darstellen.

[0005] Unterschiede zwischen der theoretischen Frequenzkalkulation während der Design-Phase und der gemessenen Frequenz erfordern eine Veränderung der Schaufelfrequenz an der fertigen Schaufel, um zu verhindern, dass während des Betriebes der Maschine auf Grund von Resonanzanregung Bauteile ausfallen.

[0006] Falls genügend Zeit zur Verfügung steht, kann eine Frequenzveränderung an den Schaufeln realisiert werden durch Anwendung von Druckgusswachsmo-
deln. Im oben beschriebene Fall ist diese Lösung unbrauchbar, weil die Bauteile bereits fertig für den Einsatz in der Turbine sind, so dass aus Kostengründen eine sehr schnelle Methode zur Frequenzveränderung an den Schaufeln notwendig ist.

[0007] Aus der Reparaturtechnik ist bekannt, mittels Flammsspritzen bei Gleitlagern, Walzen, Zylindern usw. einen Materialauftrag zu realisieren. Nach dem Überschleifen sind diese Teile wieder gebrauchstüchtig und Neuteilen ebenbürtig. Hier geht es darum, das ursprüngliche Originalmass wieder herzustellen oder verschleissfestere Materialien aufzutragen.

[0008] Bekannt ist auch, einen Materialauftrag auf bestimmte Bauteile mittels Schweißen aufzubringen. Das setzt aber voraus, dass schweiszbare Materialien vorhanden sein müssen. Vor dem Gebrauch der Bauteile müssen diese ebenfalls überschleifen werden.

[0009] Aus EP 1 026 366 A1 ist bekannt, zur Vibrationsdämpfung einen Materialüberzug im Bereich der

Schaufelspitze/Abströmkante einer Turbinenschaufel aufzubringen, wobei z. B. Plasmaspritzen oder andere physikalische oder chemische Aufdampfmetho-
den angewendet werden. Die Dicke der Schicht, welche aus einer Haftschrift aus Metall oder aus einem Metall/Seltene Erden-Komplex und einer darauf applizierten Oxidkeramikschrift besteht, wird über der Fläche der Schaufel variiert, um einen optimalen Dämpfungseffekt zu erzielen. Wenn die äussere Keramikschrift Vibrationen ausgesetzt ist, erfolgt in der duktilen Haftschrift ein viskoses Scheren, so dass die Amplitude der Vibrationen herabgesetzt wird.

Darstellung der Erfindung

[0010] Ziel der Erfindung ist es, die genannten Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden. Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Frequenzveränderung von Schaufeln, insbesondere Turbinenschaufeln, zu entwickeln, welches bei bereits einsatzfertigen Schaufeln schnell und einfach anwendbar ist. Wegen der hohen aerodynamischen Sensitivität der Schaufeln sollen die Veränderungen des Schaufelblattprofils nur sehr klein sein.

[0011] Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe bei einem Verfahren gemäss Oberbegriff des Patentanspruches 1 dadurch gelöst, dass auf die bereits einsatzfertige Schaufel ein metallischer Überzug aus einem mit dem Grundwerkstoff identischen Material im Bereich der Schaufelspitze aufgebracht wird, wobei sich die Dicke des Überzuges an der Austrittskante und in radialer Richtung zum Schaufelfuss hin kontinuierlich verjüngt.

[0012] Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass es mit dem erfindungsgemässen Verfahren möglich ist, sehr schnell bei Turbinenschaufeln, welche Unterschiede zwischen der theoretischen Frequenzkalkulation während der Design-Phase und der tatsächlich gemessenen Frequenz aufweisen, die Frequenz zu verändern. Dadurch kann ein Ausfall der Bauteile während des Betriebes Maschine infolge von Resonanzanregung verhindert werden.

[0013] Es ist vorteilhaft, wenn der metallische Überzug mittels Flammsspritz-Verfahren auf das Schaufelblatt appliziert wird. Das Flammsspritz-Verfahren ist relativ universell einsetzbar. Es lassen sich Materialdicken in relativ breiten Bereichen realisierbar.

[0014] Ausserdem können weiche kontinuierliche Übergänge in der Auftragsdicke erzielt werden, wobei sich das Auftragsmaterial örtlich begrenzt an den richtigen Stellen platzieren lässt, ohne dass eine nennenswerte Nacharbeit, wie z. B. ein Überschleifen, notwendig ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Gasturbinenschaufel und

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0016] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der Fig. 1 und 2 näher erläutert.

[0017] Fig. 1 zeigt in einer Seitenansicht eine Laufschaufel 1 einer Gasturbine. Die Laufschaufel 1 besteht aus einem Schaufelblatt 2, einem Schaufelfuss 3 und einer dazwischen angeordneten Plattform 4, von der aus sich das Schaufelblatt 2 integral erstreckt. Der Schaufelfuss 3 dient der Befestigung der Turbinenschaufel 1 in einem nicht dargestellten Turbinenrotor. Das Schaufelblatt 2 weist eine Druckseite 5 und eine (in Fig. 1 nicht sichtbare) Saugseite 6, die an einer Austrittskante 7 aneinander grenzen, sowie eine Schaufelspitze 9 auf. In Fig. 1 ist die Sicht auf die Druckseite 5 des Schaufelblattes 2 dargestellt.

[0018] Fig. 2 zeigt einen Schnitt entlang der Ebene II-II von Fig. 1. Aus Vereinfachungsgründen ist die Innenkontur der Schaufel 1, welche ein internes Kühlsystem aufweist, in Fig. 2 nicht dargestellt.

[0019] Um Frequenzunterschiede zwischen der während der Design-Phase theoretisch kalkulierten Frequenz und der tatsächlich gemessenen Frequenz an der einsatzfertigen Schaufel 1 zu beseitigen und dadurch eine Resonanzanregung zu verhindern, wird erfindungsgemäss das an sich einsatzfertige Schaufelblatt 2 vor dem Einbau an der Schaufelspitze 9 mit einem metallischen Überzug 8 versehen. Der Überzug (8) besteht aus einem mit dem Grundwerkstoff identischen Material. Das Metall wird dabei vorzugsweise mittels an sich bekanntem Flamspritz-Verfahren auf dem Schaufelblatt 2 appliziert. Wichtig ist, dass sich die Dicke des metallischen Überzuges 8 an der Austrittskante 7 und in radialer Richtung zum Schaufelfuss 3 hin kontinuierlich verjüngt.

[0020] Im konkreten Fall wurde für eine Schaufel, welche aus dem Grundmaterial IN738LC bestand, folgendermassen vorgegangen:

- Durch Versuche im Standfrequenzprüfstand wurde ein Vorgabewert ermittelt, indem mittels kleiner Massstücke, die an die Schaufelspitze geklebt wurden, der Faktor df/dm (Frequenzänderung in Abhängigkeit von der zusätzlichen Masse) bestimmt wurde. Selbstverständlich könnte dieser Faktor auch mit Hilfe einer Rechnung bestimmt werden.
- Aufgrund des zulässigen Frequenzbandes und der gemessenen Istwerte ergab sich, dass im konkreten Fall die Eigenfrequenz um 7 Hz gesenkt werden muss.
- Aus dem Wert df/dm und der Vorgabe, die Eigenfrequenz um 7 Hz zu senken, wurde die aufzubringende Masse an der Schaufelspitze mit 23 g errechnet. Dies entspricht einem Materialvolumen von 2.8 cm^3

für IN738LC (Beschichtungsmaterial = Grundmaterial). Das Beschichtungsmaterial wurde auf die obersten 50 mm der Schaufel verteilt, so dass sich eine Schichtdicke von 0.3 mm ergab.

- 5 - Zur Überprüfung wurden nun zuerst nur einige Schaufeln beschichtet und die Massenänderung und Frequenzänderung nachgemessen. Es ergaben sich folgende Werte: $dm=28.6 \text{ g}$, $df=5.0 \text{ Hz}$.
- Aufgrund dieser Messergebnisse wurde dann eine zusätzliche Masse von 32 g gefordert und aufgebracht, so dass die Eigenfrequenzänderung von 7 Hz realisiert wurde.

[0021] Das erfindungsgemässe Verfahren ist kostengünstig und in sehr kurzer Zeit realisierbar. Das Flamspritz-Verfahren ist besonders gut geeignet, da damit "weiche" kontinuierliche Übergänge in der Auftragsdicke schafft und sich das aufzutragende Material 8 örtlich genau begrenzt an den richtigen Stellen platzieren lässt, ohne dass eine Nacharbeit notwendig wäre.

[0022] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt.

Bezugszeichenliste

[0023]

- | | |
|----|---------------------------|
| 1 | Schaufel |
| 2 | Schaufelblatt |
| 3 | Schaufelfuss |
| 4 | Plattform |
| 5 | Druckseite von Pos. 2 |
| 6 | Saugseite von Pos. 2 |
| 7 | Austrittskante von Pos. 2 |
| 8 | Metallischer Überzug |
| 9 | Schaufelspitze von Pos. 2 |
| 10 | Eintrittskante von Pos. 2 |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Frequenzveränderung von Schaufeln (1) mit einem eine Saugseite (6), eine Druckseite (5), eine Eintrittskante (10), eine Austrittskante (7) und eine Schaufelspitze (9) aufweisenden Schaufelblatt (2) und mit einem Schaufelfuss (3), insbesondere Turbinenschaufeln, für thermische Strömungsmaschinen, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf die bereits einsatzfertige Schaufel (1) ein metallischer Überzug (8) aus einem mit dem Grundwerkstoff identischen Material im Bereich der Schaufelspitze (9) aufgebracht wird, wobei sich die Dicke des Überzuges (8) an der Austrittskante (7) und in radialer Richtung zum Schaufelfuss (3) hin kontinuierlich verjüngt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der metallische Überzug (8) mittels

bekanntem Flammsspritz-Verfahren aufgebracht wird.

Claims

5

1. Method of altering the frequency of blades (1) comprising an airfoil (2), having a suction side (6), a pressure side (5), a leading edge (10), a trailing edge (7) and a blade tip (9), and comprising a blade root (3), in particular turbine blades, for thermal fluid-flow machines, **characterized in that** a metallic coating (8) consisting of a material identical to the parent material is applied to the blade (1), already ready for use, in the region of the blade tip (9), the thickness of the coating (8) tapering continuously at the trailing edge (7) and in the radial direction toward the blade root (3). 10 15
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the metallic coating (8) is applied by means of a known flame spraying process. 20

Revendications

25

1. Procédé de modification de la fréquence d'aubes (1) qui présentent une pale (2) dotée d'un côté d'aspiration (6), d'un côté sous pression (5), d'un chant d'entrée (10), d'un chant de sortie (7) et d'un sommet d'aube (9) et un pied d'aube (3), en particulier des aubes de turbine pour machine thermique à écoulement, **caractérisé en ce que** un revêtement métallique (8) constitué d'un matériau identique au matériau de base est appliqué au niveau du sommet (9) de l'aube (1) prête à être utilisée, l'épaisseur du revêtement (8) se rétrécissant de manière continue sur le chant de sortie (7) et dans la direction radiale en direction du pied (3) de l'aube. 30 35 40
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le revêtement métallique (8) est appliqué par des procédés connus de projection à la flamme. 45

50

55

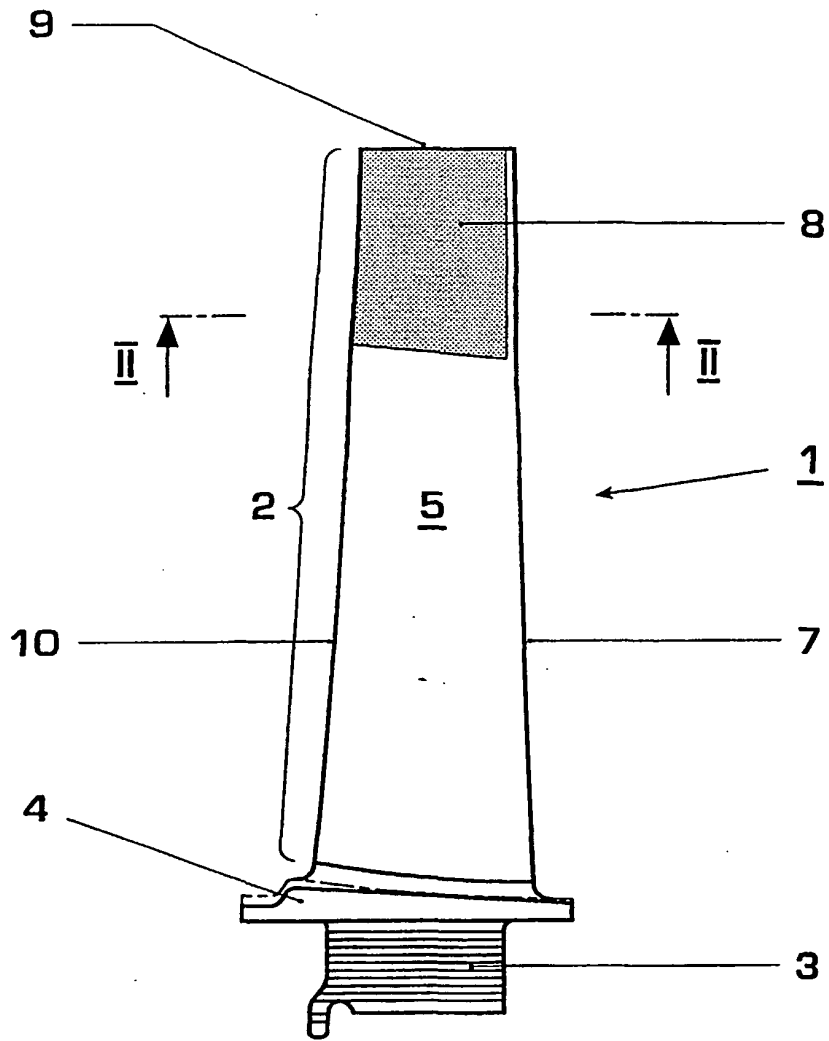


Fig. 1

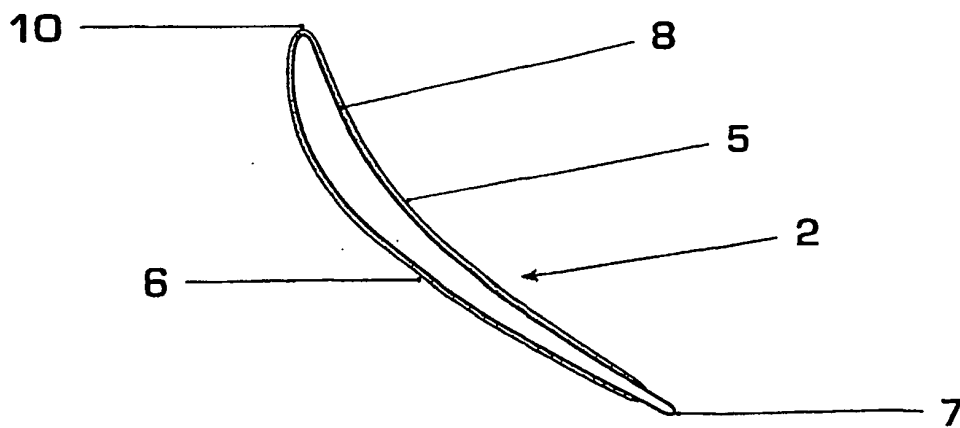


Fig. 2

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

- EP 1026366 A1 [0009]