

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. Januar 2009 (29.01.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2009/012747 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B23P 6/00** (2006.01) **B23K 26/34** (2006.01)  
**F01D 5/00** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001121

(22) Internationales Anmeldedatum:  
5. Juli 2008 (05.07.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2007 034 242.1 23. Juli 2007 (23.07.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE];  
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EBERLEIN, Armin**

[DE/DE]; Von-Knoeringen-Weg 9, 86836 Klosterlechfeld  
(DE). **HEINS, Klaus-Uwe** [DE/DE]; Sommerstr. 12a,  
82008 Unterhaching (DE). **RICHTER, Karl-Hermann**  
[DE/DE]; Am Keltenhang 29, 85229 Markt Indersdorf  
(DE).

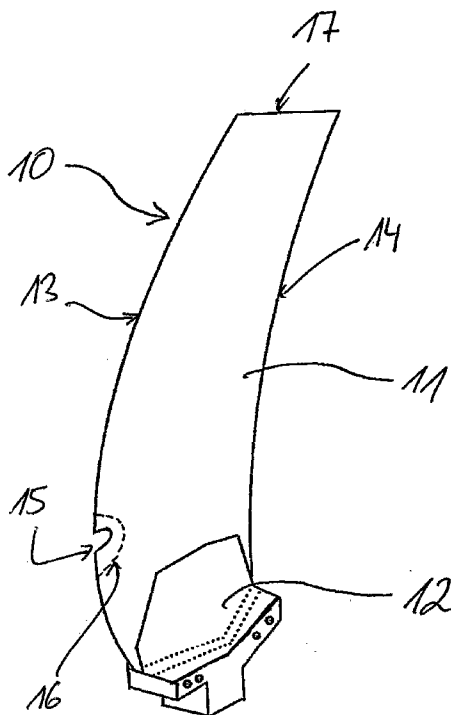
(74) Gemeinsamer Vertreter: **MTU AERO ENGINES  
GMBH**; Intellectual Property Management, Postfach 50  
06 40, 80976 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE,  
EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID,  
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,  
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD OF REPAIR

(54) Bezeichnung: REPARATURVERFAHREN



(57) Abstract: The invention relates to a method of repair for turbomachine blades, in particular for gas turbine blades, with the following steps: a) providing a turbomachine blade that is to be repaired, in particular a gas turbine blade that is to be repaired; b) removing a damaged portion from the turbomachine blade that is to be repaired in the region of an edge of the blade, in particular in the region of a leading edge or a trailing edge of the turbomachine blade that is to be repaired; c) renewing the removed portion by means of build-up welding, preferably laser powder build-up welding.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Reparaturverfahren für Turbomaschinenschaufeln, insbesondere für Gasturbinenschaufeln, mit folgenden Schritten: a) Bereitstellen einer zu reparierenden Turbomaschinenschaufel, insbesondere einer zu reparierenden Gasturbinenschaufel; b) Entfernen eines beschädigten Abschnitts von der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel im Bereich einer Schaufelkante, insbesondere im Bereich einer Strömungseintrittskante oder einer Strömungsaustrittskante der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel; c) Erneuern des entfernten Abschnitts mit Hilfe von Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen.

Fig. 1

WO 2009/012747 A2



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

## Reparaturverfahren

Die Erfindung betrifft ein Reparaturverfahren für Turbomaschinenschaufeln, insbesondere für Gasturbinenschaufeln.

Turbomaschinenschaufeln wie zum Beispiel Gasturbinenschaufeln unterliegen während des Betriebs einem Verschleiß. Durch den Verschleiß kann es erforderlich werden, die Turbomaschinenschaufeln nach Beschädigung dadurch zu reparieren, dass beschädigte Abschnitte der Turbomaschinenschaufeln von denselben entfernt sowie nach dem Entfernen der beschädigten Abschnitte dieselben erneuert werden.

So sind zum Beispiel die rotorseitigen Laufschaufeln integral beschauelter Gasturbinenrotoren während des Betriebs einem Verschleiß insbesondere durch Oxidation, Korrosion, Erosion sowie Vogelschlag oder auch Hagelschlag ausgesetzt, sodass beschädigte Abschnitte derselben entfernt sowie nach dem Entfernen erneuert werden müssen. Auch statorseitige Leitschaufeln unterliegen einem solchen Verschleiß, der eine Reparatur derselben erforderlich machen kann.

Aus der DE 3909733 A1 ist ein Verfahren zum Reparieren von zum Beispiel integral beschauelten Gasturbinenrotoren bekannt, bei welchem ein beschädigter Abschnitt der zu reparierenden Gasturbinenschaufel entfernt und nach dem Entfernen derselbe durch Anschweißen eines Ersatzteils erneuert wird. Hierbei kommt vorzugsweise induktives Pressschweißen zum Einsatz. Ein solches Verfahren ist zur Reparatur von Turbomaschinenschaufeln im Bereich von Schaufelkanten ungeeignet.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde ein neuartiges Reparaturverfahren für Turbomaschinenschaufeln, insbesondere für Gasturbinenschaufeln, zu schaffen. Dieses Problem wird durch ein Reparaturverfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Erfindungsgemäß umfasst das Reparaturverfahren für Turbomaschinenschaufeln, insbesondere für Gasturbinenschaufeln, zumindest die folgenden Schritte: a) Bereitstellen einer

zu reparierenden Turbomaschinenschaufel, insbesondere einer zu reparierenden Gasturbinschaufel; b) Entfernen eines beschädigten Abschnitts von der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel im Bereich einer Schaufelkante, insbesondere im Bereich einer Strömungseintrittskante oder einer Strömungsaustrittskante der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel; c) Erneuern des entfernten Abschnitts mit Hilfe von Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen.

Die Erfindung schlägt erstmals ein Verfahren zur Reparatur von Turbomaschinenschaufeln vor, mit welchem Turbomaschinenschaufeln im Bereich ihrer Schaufelkanten kosteneffizient unter Gewährleistung einer kurzen Reparaturzeit repariert werden können. Hierzu wird aus einer im Bereich einer Schaufelkante beschädigten Turbomaschinenschaufel ein beschädigter Abschnitt derselben herausgetrennt, wobei der herausgetrennte Abschnitt durch Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen, erneuert wird.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematisierte Darstellung einer zu reparierenden Turbomaschinenschaufel zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Reparaturverfahrens.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft ein Reparaturverfahren für Turbomaschinenschaufeln, insbesondere für Gasturbinschaufeln, einer als Flugtriebwerk ausgebildeten Gasturbine. Mit dem erfindungsgemäßen Reparaturverfahren können sowohl statorseitige Leitschaufeln als auch rotorseitige Laufschaufeln repariert werden.

Fig. 1 zeigt eine schematisierte Darstellung einer Turbomaschinenschaufel 10, die ein Schaufelblatt 11 sowie einen Schaufelfuß 12 umfasst. Das Schaufelblatt 11 umfasst zwei Strömungskanten 13, 14, nämlich eine sogenannte Strömungseintrittskante 13 sowie eine Strömungsaustrittskante 14.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 weist die Turbomaschinenschaufel 10 im Bereich ihrer Strömungseintrittskante 13 eine Beschädigung 15 auf. Hierbei handelt es sich z. B. um eine durch Hagelschlag oder durch Vogelschlag bedingte Beschädigung der Strömungseintrittskante 13. Die Beschädigung 15 ist in einem mittleren bzw. unteren Bereich der Strömungseintrittskante 13 positioniert. Eine Schaufelspitze 17 der Turbomaschinenschaufel 10 ist demnach unbeschädigt.

Mit der hier vorliegenden Erfindung kann nun eine solche Beschädigung 15 der Turbomaschinenschaufel 10 im Bereich der Strömungseintrittskante 13 repariert werden, ohne dass die Schaufelspitze 17 erneuert werden muss.

Im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur Reparatur der Turbomaschinenschaufel 10 so vorgegangen, dass nach Bereitstellen der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel 10 der beschädigte Abschnitt 15 von der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel 10 im Bereich der Strömungseintrittskante 13 entfernt wird.

Vorzugsweise wird der beschädigte Abschnitt 15 durch Fräsen entfernt, wobei Fig. 1 gestrichelt eine Kontur 16 zeigt, die sich nach Entfernen des beschädigten Abschnitts 16 im Bereich der Strömungseintrittskante 13 ausbildet. Die Kontur 16 erstreckt sich nicht in den Bereich der Schaufelspitze 17 hinein.

Nach Entfernen des beschädigten Abschnitts 15 aus dem Bereich der Strömungseintrittskante 13 wird der entfernte Abschnitt mit Hilfe von Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen, erneuert. Der entfernte Abschnitt wird dabei derart mit Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen, erneuert, dass sich ein Übermaß ausbildet, wobei die Originalkontur der Turbomaschinenschaufel 10 im Bereich der Strömungseintrittskante 13 anschließend durch Fräsen bereitgestellt wird.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der hier vorliegenden Erfindung erfolgt im Anschluss an das Erneuern des entfernten Abschnitts mit Hilfe von Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen, bzw. im Anschluss an das Herstellen der O-

originalkontur eine Wärmebehandlung der Turbomaschinenschaufel 10 zumindest im Bereich des erneuerten Abschnitts. Vorzugsweise wird eine lokale Wärmebehandlung ausschließlich im Bereich des erneuerten Abschnitts durchgeführt, nämlich ein lokales, induktives Spannungsarmglühen.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zur Reparatur statorseitiger Leitschaufeln einer Gasturbine, insbesondere statorseitiger Leitschaufeln eines Niederdruckverdichters einer Gasturbine. Es können sowohl einzelne Leitschaufeln als auch Leitschaufeln eines integral beschaufelten Leitschaufelkranzes repariert werden. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens können auch rotorseitige Laufschaufeln, insbesondere Laufschaufeln eines integral beschaufelten Gasturbinenrotors, repariert werden.

### Ansprüche

1. Reparaturverfahren für Turbomaschinenschaufeln, insbesondere für Gasturbinenschaufeln, mit zumindest folgenden Schritten:
  - a) Bereitstellen einer zu reparierenden Turbomaschinenschaufel, insbesondere einer zu reparierenden Gasturbinenschaufel;
  - b) Entfernen eines beschädigten Abschnitts von der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel im Bereich einer Schaufelkante, insbesondere im Bereich einer Strömungseintrittskante oder einer Strömungsaustrittskante der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel;
  - c) Erneuern des entfernten Abschnitts mit Hilfe von Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen.
2. Reparaturverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der entfernte Abschnitt mit Hilfe von Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen, mit Übermaß erneuert wird, und dass die Originalkontur im Bereich der Schaufelkante durch Fräsen hergestellt wird.
3. Reparaturverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an das Erneuern des entfernten Abschnitts mit Hilfe von Auftragschweißen, vorzugsweise von Laserpulverauftragschweißen, die Turbomaschinenschaufel zumindest im Bereich des erneuerten Abschnitts einer Wärmebehandlung unterzogen wird.
4. Reparaturverfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmebehandlung im Anschluss an das Herstellen der Originalkontur durch Fräsen durchgeführt wird.

5. Reparaturverfahren nach Anspruch 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wärmebehandlung ausschließlich im Bereich des erneuerten Abschnitts erfolgt.
6. Reparaturverfahren nach der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine sich bei Entfernen des beschädigten Abschnitts ausbildende Kontur sich nicht in den Bereich einer Schaufelspitze der zu reparierenden Turbomaschinenschaufel erstreckt.
7. Reparaturverfahren nach der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Turbomaschinenschaufel eine Leitschaufel einer Gasturbine repariert wird.
8. Reparaturverfahren nach der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Turbomaschinenschaufel eine Leitschaufel eines integral beschaufelten Leitschaufelkranzes eines Verdichters, insbesondere eines Niederdruckverdichters, einer Gasturbine repariert wird.
9. Reparaturverfahren nach der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Turbomaschinenschaufel eine Laufschaufel einer Gasturbine repariert wird.
10. Reparaturverfahren nach der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Turbomaschinenschaufel eine Laufschaufel eines integral beschaufelten Gasturbinenrotors eines Verdichters, insbesondere eines Niederdruckverdichters, einer Gasturbine repariert wird.



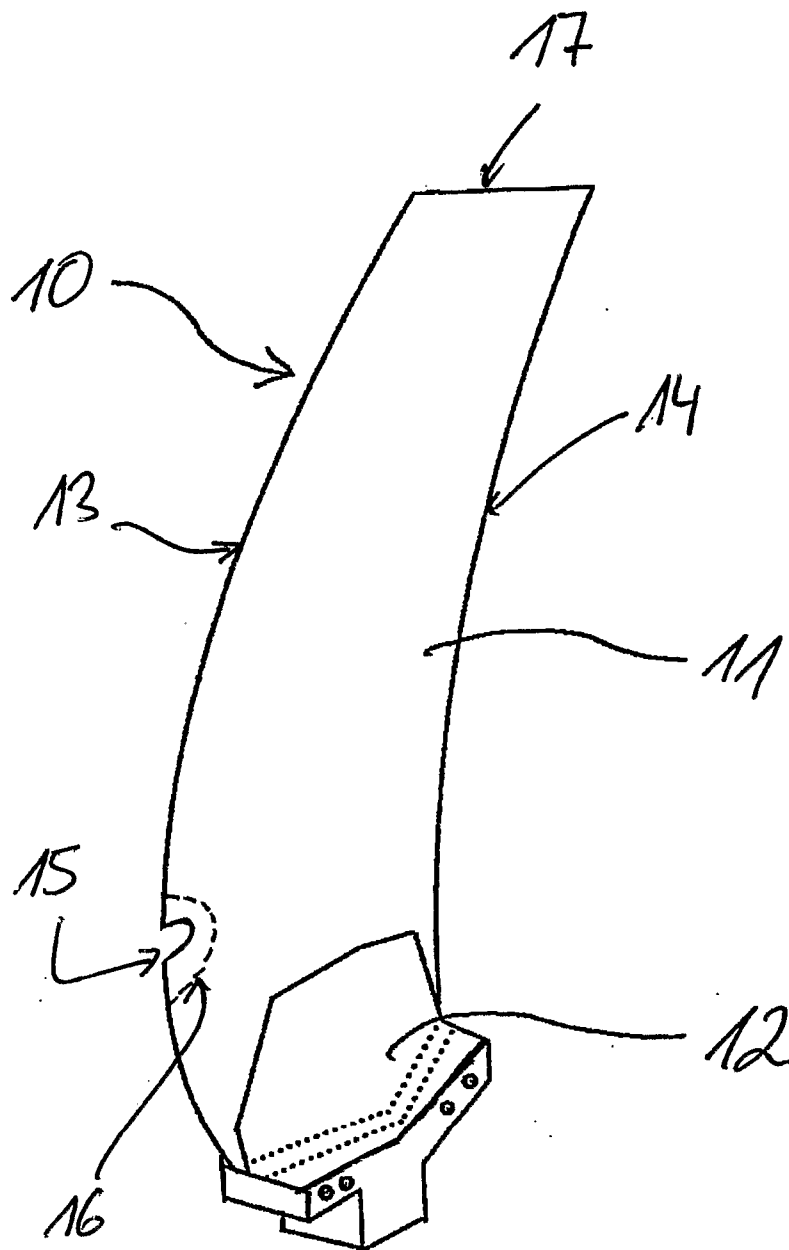


Fig. 1