

(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  
16. März 2006 (16.03.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2006/026962 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B23P 15/00** (2006.01) **B23P 15/04** (2006.01)  
**F01D 5/30** (2006.01) **B23K 26/34** (2006.01)  
**F01D 5/34** (2006.01)

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

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/001542

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MEIER, Reinhold**  
[DE/DE]; Unterer Marktplatz 36, 84405 Dorfen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

3. September 2005 (03.09.2005)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2004 043 746.7

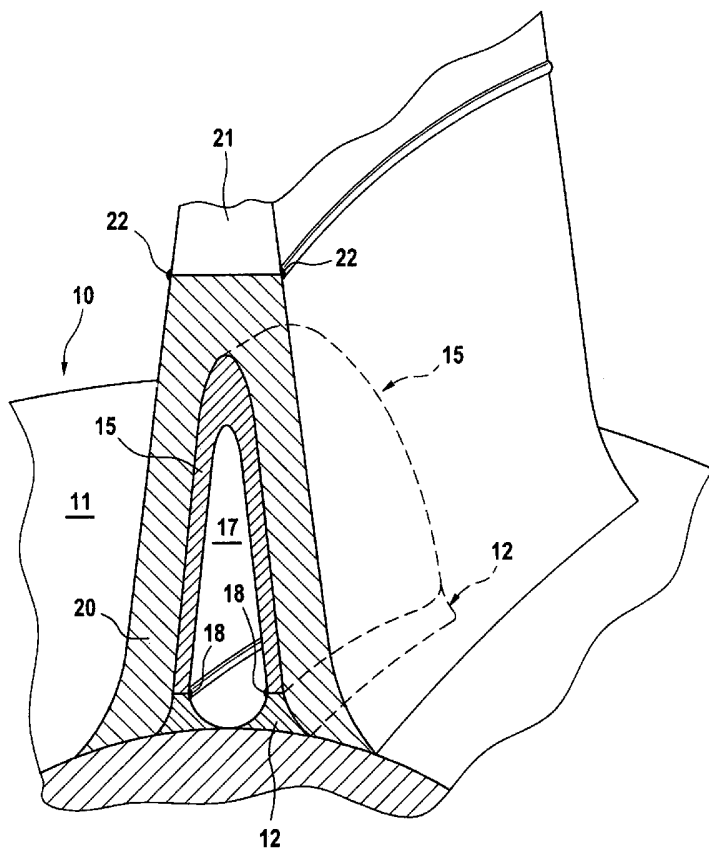
10. September 2004 (10.09.2004) DE

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A GAS TURBINE ROTOR COMPRISING INTEGRAL HOLLOW BLADES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES MIT HOHLSCHAUFELN INTEGRAL BESCHAUFELTEN  
GASTURBINENROTORS



eine Teilkontur eines

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a gas turbine rotor comprising integral hollow blades, said method containing the following steps: a) provision of an in particular disc-type base body (10) for the gas turbine rotor; b) processing of the base body on its outer surface to produce several protuberances that are distributed around the circumference and form connection zones (12) for hollow blades. Said protruding connection zones (12) define a respective partial contour of a cavity (17) of the hollow blade that is to be connected to the respective connection zone; c) creation of vane contours for the hollow blades on the respective connection zones (12) of the latter by laser powder welding; d) machining of the created vane contours to provide blade surfaces that satisfy the demands of flow technology.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung eines mit Hohlschaufeln integral beschauften Gasturbinenrotors mit zumindest den folgenden Schritten: a) Bereitstellen eines insbesondere scheibenförmigen Grundkörpers (10) für den Gasturbinenrotor; b) Bearbeiten des Grundkörpers an seiner äußeren Mantelfläche, derart, dass über den Umfang verteilt mehrere höckerartige Anbindungsbereiche (12) für Hohlschaufeln bereitgestellt werden, wobei die höckerartigen Anbindungsbereiche (12) jeweils

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(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,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Hohlraums (17) der am jeweiligen Anbindungsbereich anzubindenden Hohlschaufel definieren; c) Aufbauen von Schaufelblattkonturen der Hohlschaufeln an den jeweiligen Anbindungsbereiche (12) derselben durch Laserpulverauftragschweißen; d) Bearbeiten der aufgebauten Schaufelblattkonturen zur Bereitstellung strömungstechnischer Schaufelblattoberflächen.

Verfahren zur Herstellung eines mit Hohl-schaufeln integral beschaufelten  
Gasturbinenrotors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines mit Hohl-schau-feln integral beschaufelten Gasturbinenrotors.

Aus dem Stand der Technik sind Gasturbinenrotoren bekannt, bei welchen Schaufeln des Gasturbinenrotors über Schaufelfüße in entsprechenden Aus-nehmungen eines Grundkörpers des Gasturbinenrotors verankert sind. Die Schaufelfüße sind dabei vorzugsweise entweder tannenbaumartig (Fir Tree Design) oder schwalbenschwanzartig (Dove Tail Design) konturiert, wobei zur Verankerung der Schaufeln im Grundkörper die Schaufelfüße in entspre-chend konturierte Ausnehmungen eingreifen. In diesem Falle sind die Schaufeln lösbar mit dem Gasturbinenrotor verbunden. Aus dem Stand der Technik sind des weiteren auch integral beschaufelte Gasturbinenrotoren bekannt, bei welchen die Schaufeln integraler Bestandteil des Gasturbi-nenrotors sind. Integral beschaufelte Gasturbinenrotoren werden auch als Blisc (Bladed Disc) oder Bling (Bladed Ring) bezeichnet, und zwar abhän-gig davon, ob ein scheibenförmiger Grundkörper oder ein ringförmiger Grundkörper des Gasturbinenrotors vorliegt. Die hier vorliegende Erfin-dung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines integral beschaufelten Gasturbinenrotors, nämlich eines mit Hohl-schaufeln integral beschaufelten Gasturbinenrotors.

Nach dem Stand der Technik wird zur Herstellung eines mit Hohl-schaufeln integral beschaufelten Gasturbinenrotors so vorgegangen, dass zum Bei-spiel durch superplastisches Umformen hergestellte Hohl-schaufeln mit ei-nem Grundkörper durch lineares Reibschweißen verbunden werden.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Herstellung eines mit Hohl-schaufeln integral beschaufelten Gasturbinenrotors zu schaffen.

Dieses Problem wird durch ein Verfahren zur Herstellung eines mit Hohl-schaufeln integral beschaufelten Gasturbinenrotors gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren zumindest die folgenden Schritte: a) Bereitstellen eines insbesondere scheibenförmigen Grundkör-pers für den Gasturbinenrotor; b) Bearbeiten des Grundkörpers an seiner äußeren Mantelfläche, derart, dass über den Umfang verteilt mehrere hö-ckerartige Anbindungsbereiche für Hohl-schaufeln bereitgestellt werden,

wobei die höckerartigen Anbindungsbereiche jeweils eine Teilkontur eines Hohlraums der am jeweiligen Anbindungsbereich anzubindenden Hohlschaufel definieren; c) Aufbauen von Schaufelblattkonturen der Hohlschaufeln an den jeweiligen Anbindungsbereichen derselben durch Laserpulverauftragsschweißen; d) Bearbeiten der aufgebauten Schaufelblattkonturen zur Bereitstellung strömungstechnischer Schaufelblattoberflächen.

Mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine alternative, kostengünstige Herstellung eines mit Hohlschaufeln integral beschaufelten Rotors möglich.

Vorzugsweise wird vor dem Aufbauen der Schaufelblattkonturen jeweils ein kappenartiger Körper bzw. Kern an den höckerartigen Anbindungsbereichen befestigt, wobei jeder Anbindungsbereich zusammen mit dem jeweiligen Kern die Kontur des Hohlraums der am jeweiligen Anbindungsbereich anzubindenden Hohlschaufel definiert.

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 einen Ausschnitt aus einem Grundkörper für einen Gasturbinenrotor mit einem höckerartigen Anbindungsbereich in stark schematisierter Ansicht;
- Fig. 2 einen mit dem höckerartigen Anbindungsbereich zu verbindenden, kappenartigen Körper bzw. Kern;
- Fig. 3 den Grundkörper der Fig. 1 zusammen mit dem an dem Anbindungsbereich befestigten, kappenartigen Körper bzw. Kern der Fig. 2;
- Fig. 4 eine um den Anbindungsbereich und Körper bzw. Kern aufgebaute Schaufelblattkontur;
- Fig. 5 einen Ausschnitt aus einem Grundkörper für einen Gasturbinenrotor mit einem höckerartigen Anbindungsbereich nach einer Alternative der hier vorliegenden Erfindung in stark schematisierter Ansicht; und
- Fig. 6 einen Ausschnitt aus einem Grundkörper für einen Gasturbinenrotor mit einem höckerartigen Anbindungsbereich nach einer weiteren Alternative der hier vorliegenden Erfindung in stark schematisierter Ansicht.

Eine erste Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines mit Hohl-schaufeln integral beschau-felten Gasturbinenrotors wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 4 in größerem Detail beschrieben.

Im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein vorzugsweise scheibenförmiger Grundkörper 10 für einen Gasturbinenrotor bereitgestellt. Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem derartigen Grundkörper 10 im Querschnitt. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird der scheibenförmige Grundkörper 10 an einer äußeren Mantelfläche 11 derart bearbeitet, dass über den Umfang verteilt mehrere höckerartige Anbindungsbereiche 12 für Hohl-schaufeln bereitgestellt werden. Die Bearbeitung des Grundkörpers 10 an seiner äußeren Mantelfläche 11 zur Bereitstellung der höckerartigen Anbindungsbereiche 12 kann zum Beispiel durch ein ECM Bearbeitungsverfahren (Electro Chemical Machining) erfolgen. Wie Fig. 1 entnommen werden kann, verfügt der höckerartige Anbindungsbereich 12 über einen umlaufenden Rand 13, wobei der umlaufende Rand 13 an seiner innenliegenden Fläche 14 eine Teilkontur eines Hohlraums der an dem Anbindungsbereich 12 anzubindenden Hohl-schaufel definiert.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Fig. 1 bis 4 wird des weiteren ein kappenartiger Körper bzw. Kern 15 bereitgestellt, der zum Beispiel als Schmiedeteil ausgebildet oder aus einem Stück Blech durch Umformen gebildet werden kann. Dieser kappenartige Körper bzw. Kern 15 verfügt über eine Innenfläche 16, die ebenso wie der höckerartige Anbindungsbereich 12 eine Teilkontur des Hohlraums einer am Grundkörper 10 bzw. am Anbindungsbereich 12 anzubindenden Hohl-schaufel definiert.

Fig. 3 zeigt den Rotorscheibengrundkörper 10 zusammen mit dem Anbindungsbereich 12 sowie einem mit dem Anbindungsbereich 12 befestigten Kern 15. Die innenliegende Fläche 14 des Anbindungsbereichs 12 sowie die Innenfläche 16 des Kerns 15 begrenzen dabei einen Hohlraum 17, welcher dem Hohlraum der anzubindenden Hohl-schaufel entspricht. Der kappenartige Kern 15 wird mit dem höckerartigen Anbindungsbereich 12 vorzugsweise durch Schweißen fest verbunden, nämlich durch induktives Hochfrequenzpressschweißen oder durch Laserpulverauftragschweißen. Wie Fig. 3 entnommen werden kann, bildet sich beim Verbinden des kappenartigen Kerns 15 mit dem höckerartigen Anbindungsbereich 12 an der Innenseite sowie an der Außenseite jeweils eine Schweißnaht aus. Die Schweißnaht im Bereich der Innenseite ist mit Bezugsziffer 18, die Schweißnaht im Bereich der Außenseite mit der Bezugsziffer 19 gekennzeichnet.

Das Verbinden des kappenartigen Kerns 15 mit dem höckerartigen Anbindungsbereich 12 erfolgt dabei vorzugsweise derart, dass die Schweißnähte 18 und 19 möglichst klein und homogen ausfallen. Die Schweißnaht 19 an der Außenseite wird nach dem Verbinden des Kerns 15 mit dem Anbindungsbereich 12 vorzugsweise mechanisch entfernt. Nach dem Entfernen dieser äußeren Schweißnaht 19 wird die Verbindung zwischen dem Anbindungsbereich 12 und dem Kern 15 auf Fehlerfreiheit geprüft. Nur dann, wenn Fehlerfreiheit vorliegt, wird mit den weiteren Schritten des erfindungsgemäßen Verfahrens fortgeschritten.

Liegt eine fehlerfreie Verbindung zwischen dem höckerartigen Anbindungsbereich 12 und dem kappenartigen Kern 15 vor, so wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren um den Anbindungsbereich 12 sowie den Kern 15 herum eine Schaufelblattkontur einer anzubindenden Hohlschaufel durch Laserpulverauftragschweißen aufgebaut. Das durch Laserpulverauftragschweißen um den Anbindungsbereich 12 sowie den Kern 15 aufgebaute Material zur Bereitstellung der Schaufelblattkontur der anzubindenden Hohlschaufel ist in Fig. 4 durch den Abschnitt 20 dargestellt. Das Aufbauen der Schaufelblattkontur durch Laserpulverauftragschweißen erfolgt ausgehend von der Mantelfläche 11 bzw. dem Anbindungsbereich 12 nach radial außen bis über den Bereich des Hohlraums 17 hinaus.

In der in Fig. 4 gezeigten, bevorzugten Variante erfolgt das Laserpulverauftragschweißen nur bis unmittelbar über den Hohlraum 17 hinaus, oberhalb des Hohlraums 17 wird zur Bereitstellung der Schaufelblattkontur ein vorgefertigter Endabschnitt 21 mit dem durch Laserpulverauftragschweißen aufgebauten Abschnitt 20 fest verbunden. Bei dem vorgefertigten Endabschnitt 21 handelt es sich insbesondere um ein Schmiedeteil, welches mit dem Abschnitt 20 zum Beispiel durch induktives Hochfrequenzpressschweißen oder auch durch Laserpulverauftragschweißen dauerhaft bzw. fest verbunden wird. Eine sich ausbildende Schweißnaht ist in Fig. 4 mit der Bezugsziffer 22 gekennzeichnet. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass das Laserpulverauftragschweißen jeweils unter Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird.

Der durch Laserpulverauftragschweißen aufgebaute Abschnitt 20 sowie der mit dem Abschnitt 20 verbundene, vorgefertigte Endabschnitt 21 verfügen über ein ausreichendes Aufmaß, um anschließend eine Endbearbeitung der aufgebauten Schaufelblattkontur zur Bereitstellung strömungstechnischer Schaufelblattoberflächen zu ermöglichen. Die Endkonturbearbeitung kann zum Beispiel durch Fräsen erfolgen.

Mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine einfache sowie kostengünstige Herstellung von mit Hohl-schaufeln integral beschau-felten Gasturbinenrotoren möglich. Weiterhin kann mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens im Bereich des Schaufelblatts eine gradierte Werkstoffzusammensetzung realisiert werden. So kann die Zusammensetzung des durch Laserpulverauftragschweißen aufgetragenen Abschnitts 20 abhängig von der radialen Erstreckung geändert werden. Eine Änderung der Werkstoffzusammensetzung ist über die Schaufelhöhe und den Profilquerschnitt möglich.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 4 erfolgt die Herstellung eines mit Hohl-schaufeln integral beschau-felten Gasturbinenrotors unter Verwendung kappenartiger Kerne 15, wobei die kappenartigen Kerne 15 mit entsprechenden Anbindungsbereichen 12 verbunden werden, und wobei im Anschluss hieran durch Laserpulverauftragschweißen der Anbindungsbereich 12 sowie der kappenartige Kern 15, die gemeinsam die Hohlräume 17 der jeweiligen Hohl-schaufeln begrenzen, von Material umschlossen werden.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Verfahren auch ohne Verwendung der kappenartigen Kerne 15 erfolgen kann. So ist es möglich, unmittelbar auf den Rand 13 der höckerartigen Anbindungsbereiche 12 (siehe Fig. 1) die Schaufelblattkontur durch Laserpulverauftragschweißen herzustellen. In diesem Fall können dann zusätzliche zur Schaufelblattkontur innerhalb des Hohlraums Versteifungsrippen bzw. Versteifungsstege durch Laserpulverauftragschweißen mit aufgebaut werden, die für eine Stabilisierung der Hohl-schaufel sorgen. So zeigt Fig. 5 drei parallel zueinander verlaufende Rippen 23, Fig. 6 zeigt zickzackförmig verlaufende Rippen 24. Die Rippen 23 bzw. 24 sind bereits abschnittsweise in den höckerartigen Anbindungsbereichen 12 für die Hohl-schaufeln ausgebildet und werden dann durch Laserpulverauftragschweißen zusammen mit der eigentlichen Schaufelblattkontur weiter aufgebaut.

\* \* \*

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mit Hohl-schaufeln integral beschau-  
felten Gasturbinenrotors, mit folgenden Schritten:
  - a) Bereitstellen eines insbesondere scheibenförmigen Grundkörpers (10) für den Gasturbinenrotor;
  - b) Bearbeiten des Grundkörpers (10) an seiner äußeren Mantelflä-  
che, derart, dass über den Umfang verteilt mehrere höckerartige An-  
bindungsbereiche (12) für Hohl-schaufeln bereitgestellt werden, wobei  
die höckerartigen Anbindungsbereiche (12) jeweils eine Teilkontur  
eines Hohlraums (17) der am jeweiligen Anbindungsbereich (12) anzu-  
bindenden Hohl-schaufel definieren;
  - c) Aufbauen von Schaufelblattkonturen der Hohl-schaufeln an den  
jeweiligen Anbindungsbereichen (12) derselben durch Laserpulverauf-  
tragschweißen;
  - d) Bearbeiten der aufgebauten Schaufelblattkonturen zur Bereit-  
stellung strömungstechnischer Schaufelblattoberflächen.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass im Anschluss an Schritt b) und vor Schritt c) jeweils ein kap-  
penartiger Körper bzw. Kern (15) an den höckerartigen Anbindungsbe-  
reichen (12) befestigt wird, wobei jeder Anbindungsbereich (12) zu-  
sammen mit dem jeweiligen Kern (15) die Kontur des Hohlraums (17)  
der am jeweiligen Anbindungsbereich (12) anzubindenden Hohl-schaufel  
definiert.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der kappenartige Kern (15) mit dem jeweiligen höckerartigen An-  
bindungsbereich (12) durch Schweißen fest verbunden wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der kappenartige Kern (15) mit dem jeweiligen höckerartigen An-  
bindungsbereich (12) durch Laserpulverauftragschweißen oder indukti-  
ves Hochfrequenzpressschweißen fest verbunden wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass nach dem Verbinden des kappenartigen Kerns (15) mit dem jeweiligen höckerartigen Anbindungsbereich (12) eine sich beim Verbinden ausbildende Schweißnaht an der Außenkontur des Kerns bzw. Anbindungsbereichs entfernt wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in Schritt c) das Aufbauen der Schaufelblattkonturen durch Laserpulverauftragschweißen ausgehend von der Mantelfläche des Grundkörpers (10) bzw. ausgehend vom Anbindungsbereich (12) der jeweiligen Hohlschaufel nach radial außen bis über den Bereich des Hohlraums der aufzubauenden Hohlschaufel hinaus durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass im Anschluss an Schritt c) mit dem durch Laserpulverauftragschweißen aufgebauten Abschnitt (20) des Schaufelblatts der jeweiligen Hohlschaufel ein vorgefertigter Endabschnitt (21) des Schaufelblatts fest verbunden wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der vorgefertigte Endabschnitt (21) des Schaufelblatts mit dem durch Laserpulverauftragschweißen aufgebauten Abschnitt (20) des Schaufelblatts durch Schweißen fest verbunden wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der vorgefertigte Endabschnitt (21) mit dem durch Laserpulverauftragschweißen aufgebauten Abschnitt (20) durch Laserpulverauftragschweißen oder durch induktives Hochfrequenzpressschweißen fest verbunden wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Laserpulverauftragschweißen unter einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass innerhalb des oder jeden Hohlraums Rippen (23, 24) oder Stege  
zur Versteifung der Hohlschaufeln verlaufen.
12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Rippen (23, 24) oder Stege bereits abschnittsweise in den  
höckerartigen Anbindungsbereichen (12) für die Hohlschaufeln ausge-  
bildet sind, wobei die Schaufelblattkonturen zusammen mit den Rippen  
oder Stegen durch Laserpulverauftragschweißen aufgebaut werden.

\* \* \*

1 / 4

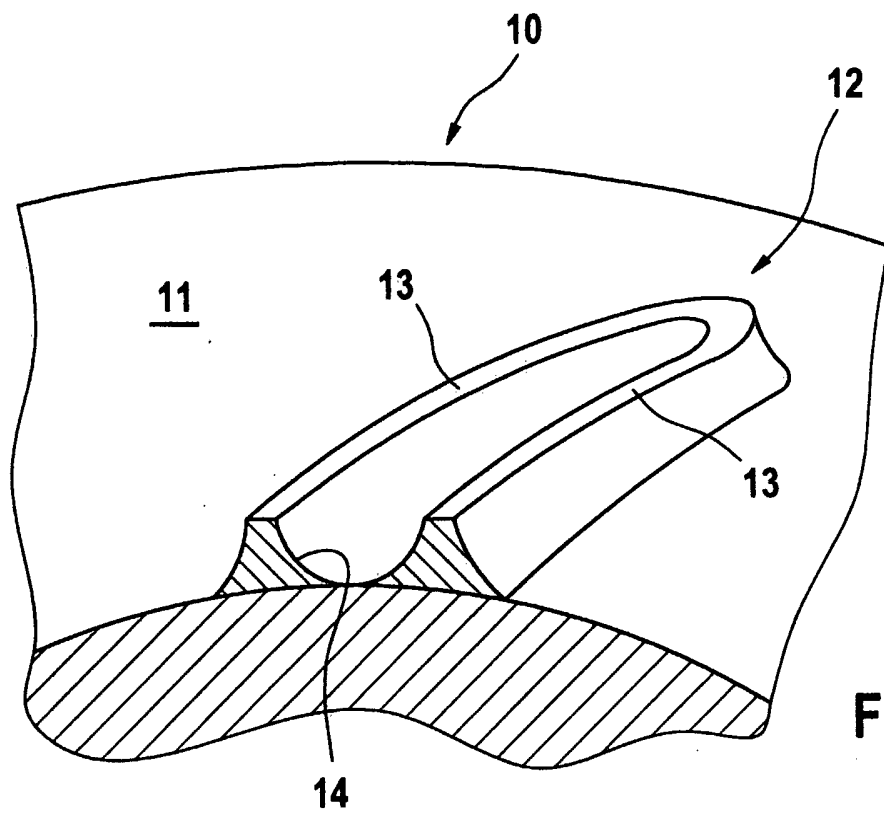


Fig. 1

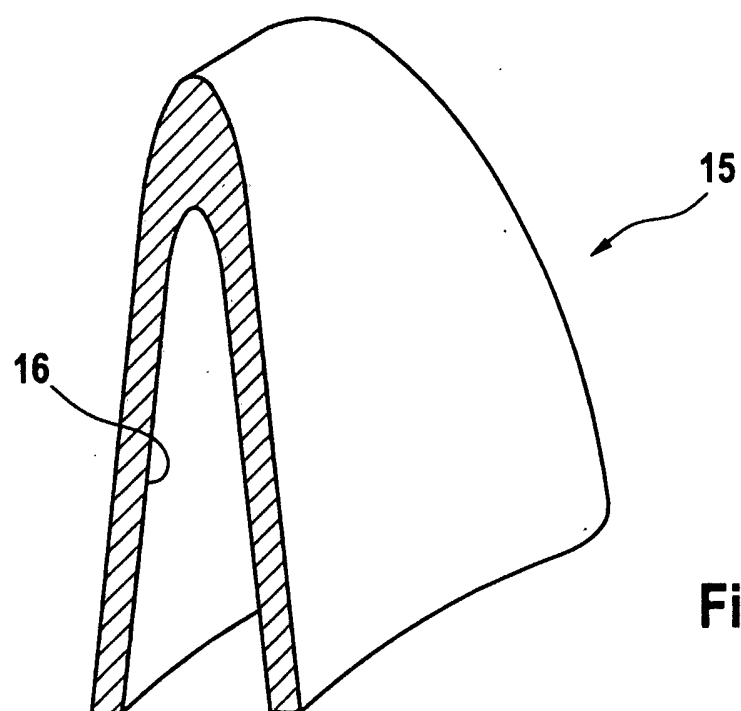


Fig. 2

2 / 4

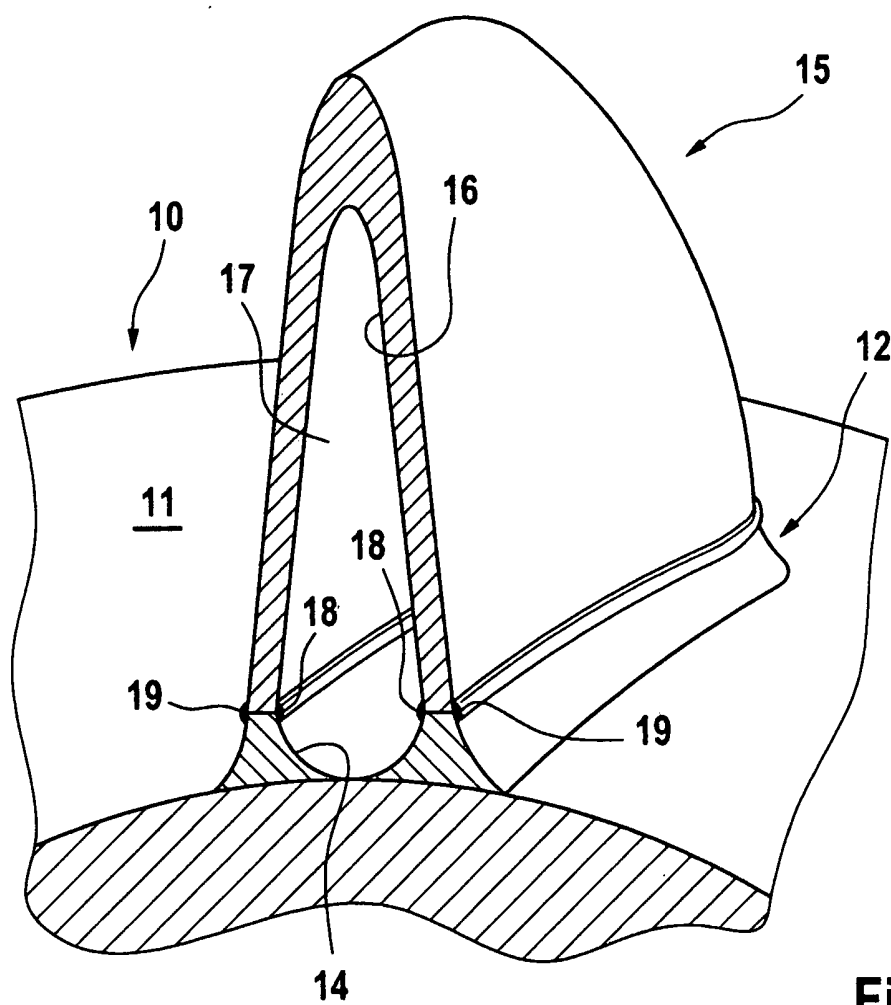


Fig. 3

3 / 4

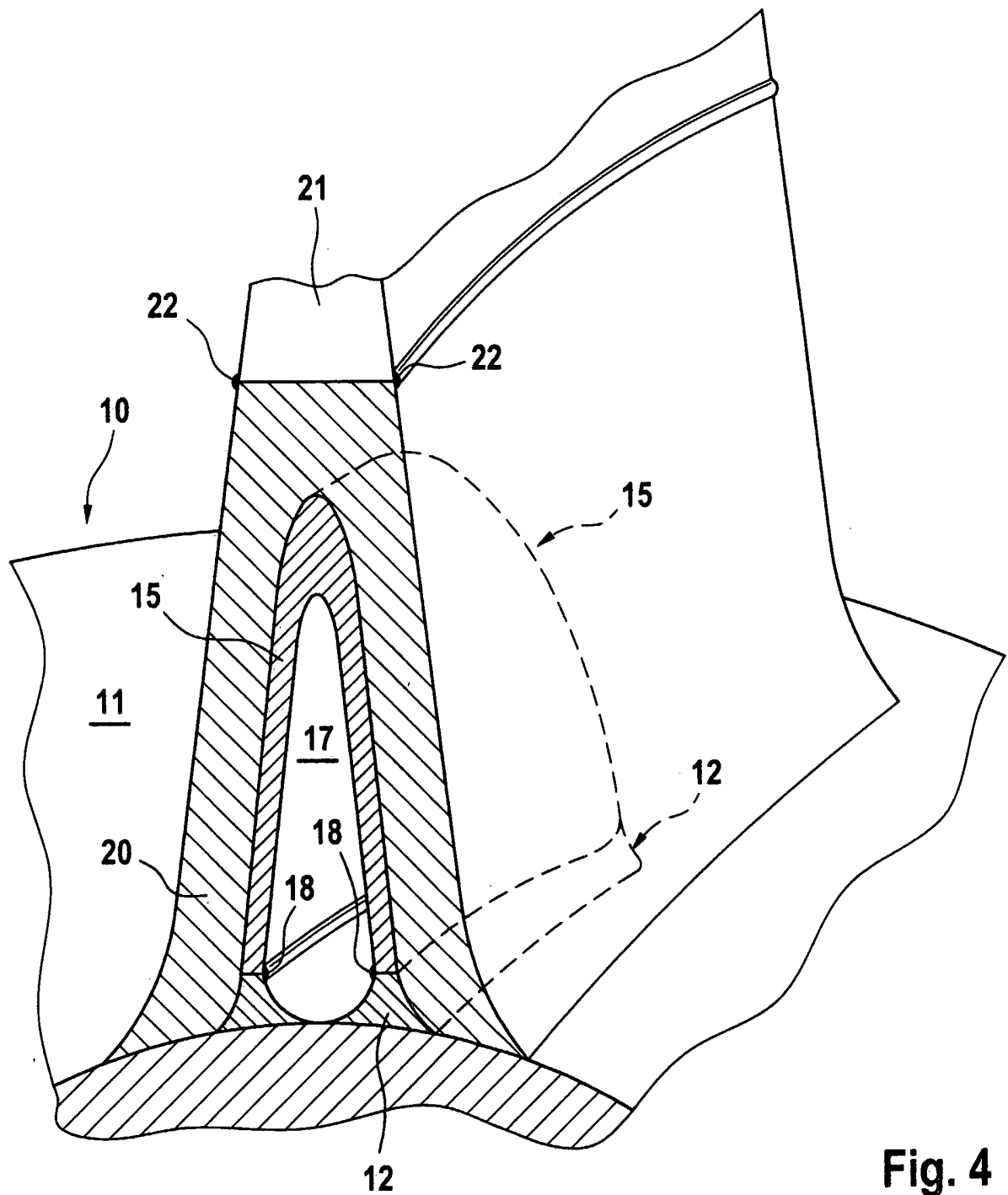
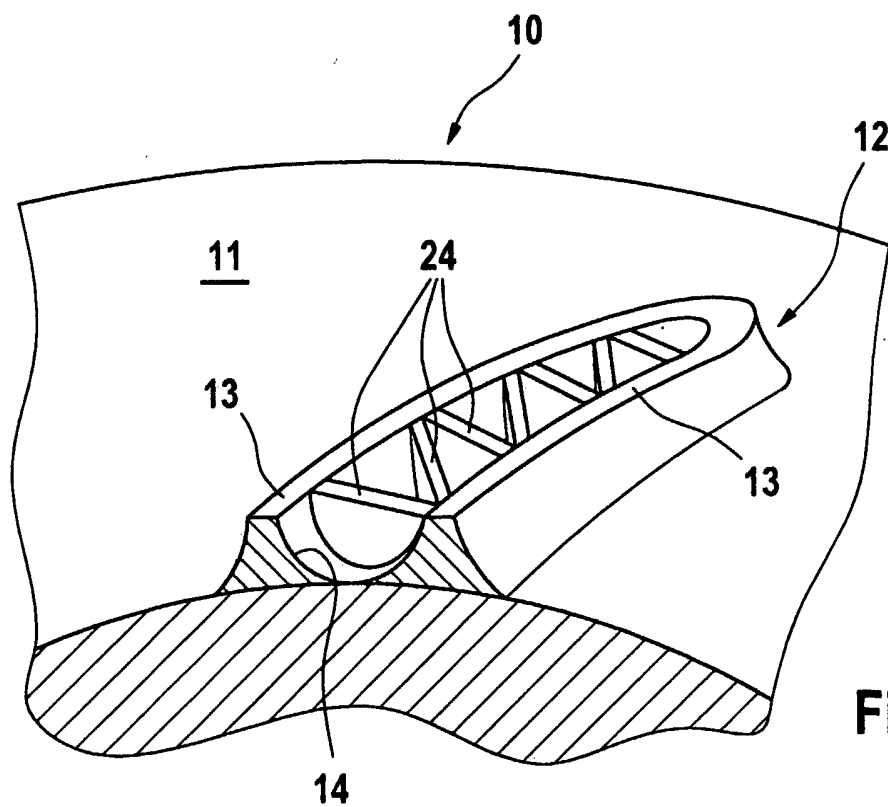
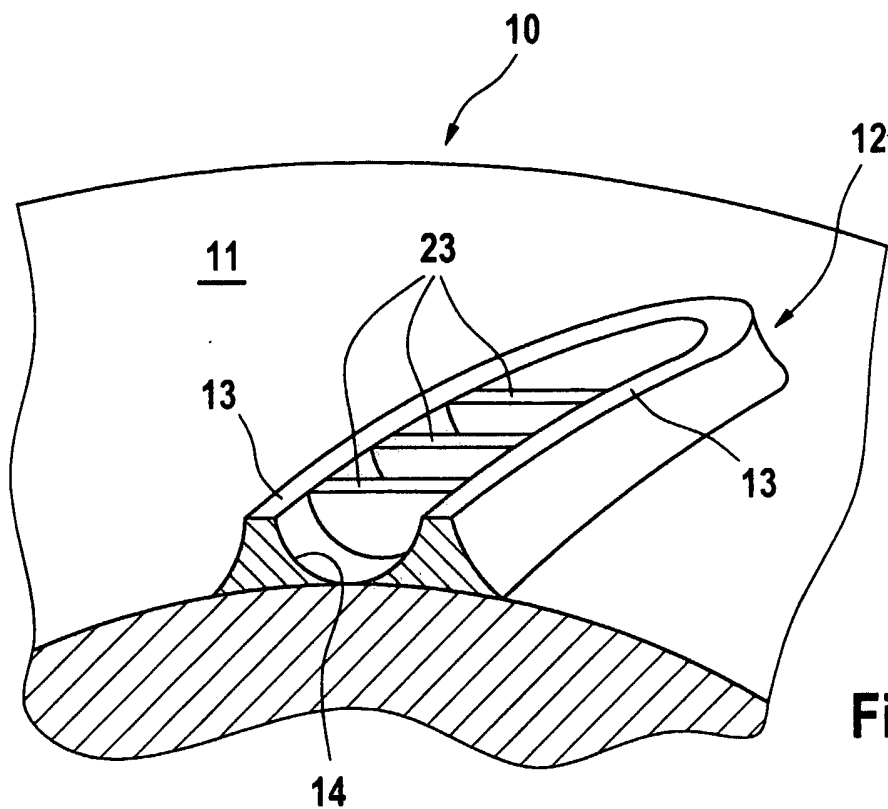


Fig. 4

4 / 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2005/001542

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23P15/00 F01D5/30 F01D5/34 B23P15/04 B23K26/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23P F01D B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                  | Relevant to claim No. |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y          | US 5 038 014 A (PRATT ET AL)<br>6 August 1991 (1991-08-06)<br>the whole document                                    | 1-12                  |
| Y          | US 5 511 949 A (THORE ET AL)<br>30 April 1996 (1996-04-30)<br>figure 1                                              | 1-12                  |
| A          | US 6 269 540 B1 (ISLAM MAHMUD U ET AL)<br>7 August 2001 (2001-08-07)<br>the whole document                          | 1-12                  |
| A          | US 5 233 150 A (SCHNEEBELI ET AL)<br>3 August 1993 (1993-08-03)<br>abstract; figures<br>column 1, line 10 - line 22 | 1-12                  |
|            | -----<br>-/--                                                                                                       |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 November 2005

Date of mailing of the international search report

22/11/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Plastiras, D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2005/001542

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                               |                       |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category *                                           | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                            | Relevant to claim No. |
| A                                                    | WO 00/37210 A (MTU MOTOREN- UND<br>TURBINEN-UNION MUENCHEN GMBH; MEIER,<br>REINHOLD) 29 June 2000 (2000-06-29)<br>page 2, line 19 - line 26<br>page 9, line 4 - line 28; figures 4,5<br>----- | 1                     |
| A                                                    | US 5 701 669 A (MEIER ET AL)<br>30 December 1997 (1997-12-30)<br>the whole document<br>-----                                                                                                  | 1-12                  |
| A                                                    | EP 1 239 116 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY)<br>11 September 2002 (2002-09-11)<br>paragraph '0036!; figure 1<br>-----                                                                            | 1                     |
| A                                                    | US 4 574 451 A (SMASHEY ET AL)<br>11 March 1986 (1986-03-11)<br>abstract; figures<br>-----                                                                                                    | 2-5                   |
| P,A                                                  | WO 2005/016588 A (MTU AERO ENGINES GMBH;<br>STEINHARDT, ERICH)<br>24 February 2005 (2005-02-24)<br>the whole document<br>-----                                                                | 1-12                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/001542

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                                                                     | Publication<br>date                                                                            |
|-------------------------------------------|----|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| US 5038014                                | A  | 06-08-1991          | NONE                                                                                                           |                                                                                                |
| US 5511949                                | A  | 30-04-1996          | NONE                                                                                                           |                                                                                                |
| US 6269540                                | B1 | 07-08-2001          | NONE                                                                                                           |                                                                                                |
| US 5233150                                | A  | 03-08-1993          | AT 169850 T<br>EP 0496181 A1<br>ES 2120414 T3<br>JP 4336304 A<br>NO 920259 A                                   | 15-09-1998<br>29-07-1992<br>01-11-1998<br>24-11-1992<br>22-07-1992                             |
| WO 0037210                                | A  | 29-06-2000          | AT 239575 T<br>DE 19858702 A1<br>EP 1140417 A1<br>ES 2197705 T3<br>JP 2002532262 T<br>US 6616408 B1            | 15-05-2003<br>29-06-2000<br>10-10-2001<br>01-01-2004<br>02-10-2002<br>09-09-2003               |
| US 5701669                                | A  | 30-12-1997          | DE 19547903 C1<br>FR 2742688 A1<br>GB 2308321 A                                                                | 20-03-1997<br>27-06-1997<br>25-06-1997                                                         |
| EP 1239116                                | A  | 11-09-2002          | JP 2002276301 A<br>US 2002127108 A1                                                                            | 25-09-2002<br>12-09-2002                                                                       |
| US 4574451                                | A  | 11-03-1986          | AU 567136 B2<br>AU 2250883 A<br>CA 1217924 A1<br>DE 3380985 D1<br>EP 0113882 A2<br>IL 70145 A<br>JP 59155504 A | 12-11-1987<br>28-06-1984<br>17-02-1987<br>25-01-1990<br>25-07-1984<br>10-06-1990<br>04-09-1984 |
| WO 2005016588                             | A  | 24-02-2005          | DE 10337866 A1                                                                                                 | 24-03-2005                                                                                     |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/001542

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

B23P15/00 F01D5/30 F01D5/34 B23P15/04 B23K26/34

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B23P F01D B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Y          | US 5 038 014 A (PRATT ET AL)<br>6. August 1991 (1991-08-06)<br>das ganze Dokument                                                 | 1-12               |
| Y          | US 5 511 949 A (THORE ET AL)<br>30. April 1996 (1996-04-30)<br>Abbildung 1                                                        | 1-12               |
| A          | US 6 269 540 B1 (ISLAM MAHMUD U ET AL)<br>7. August 2001 (2001-08-07)<br>das ganze Dokument                                       | 1-12               |
| A          | US 5 233 150 A (SCHNEEBELI ET AL)<br>3. August 1993 (1993-08-03)<br>Zusammenfassung; Abbildungen<br>Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 22 | 1-12               |
|            | -----<br>-/-                                                                                                                      |                    |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. November 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/11/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Plastiras, D

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/001542

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                                                                                           |                    |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie*                                           | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                        | Betr. Anspruch Nr. |
| A                                                    | WO 00/37210 A (MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION MUENCHEN GMBH; MEIER, REINHOLD) 29. Juni 2000 (2000-06-29)<br>Seite 2, Zeile 19 - Zeile 26<br>Seite 9, Zeile 4 - Zeile 28; Abbildungen 4,5 | 1                  |
| A                                                    | -----<br>US 5 701 669 A (MEIER ET AL)<br>30. Dezember 1997 (1997-12-30)<br>das ganze Dokument                                                                                             | 1-12               |
| A                                                    | -----<br>EP 1 239 116 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY)<br>11. September 2002 (2002-09-11)<br>Absatz '0036!; Abbildung 1                                                                       | 1                  |
| A                                                    | -----<br>US 4 574 451 A (SMASHEY ET AL)<br>11. März 1986 (1986-03-11)<br>Zusammenfassung; Abbildungen                                                                                     | 2-5                |
| P,A                                                  | -----<br>WO 2005/016588 A (MTU AERO ENGINES GMBH; STEINHARDT, ERICH)<br>24. Februar 2005 (2005-02-24)<br>das ganze Dokument                                                               | 1-12               |
|                                                      | -----                                                                                                                                                                                     |                    |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/001542

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|----|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5038014                                         | A  | 06-08-1991                    | KEINE                             |                               |
| US 5511949                                         | A  | 30-04-1996                    | KEINE                             |                               |
| US 6269540                                         | B1 | 07-08-2001                    | KEINE                             |                               |
| US 5233150                                         | A  | 03-08-1993                    | AT 169850 T                       | 15-09-1998                    |
|                                                    |    |                               | EP 0496181 A1                     | 29-07-1992                    |
|                                                    |    |                               | ES 2120414 T3                     | 01-11-1998                    |
|                                                    |    |                               | JP 4336304 A                      | 24-11-1992                    |
|                                                    |    |                               | NO 920259 A                       | 22-07-1992                    |
| WO 0037210                                         | A  | 29-06-2000                    | AT 239575 T                       | 15-05-2003                    |
|                                                    |    |                               | DE 19858702 A1                    | 29-06-2000                    |
|                                                    |    |                               | EP 1140417 A1                     | 10-10-2001                    |
|                                                    |    |                               | ES 2197705 T3                     | 01-01-2004                    |
|                                                    |    |                               | JP 2002532262 T                   | 02-10-2002                    |
|                                                    |    |                               | US 6616408 B1                     | 09-09-2003                    |
| US 5701669                                         | A  | 30-12-1997                    | DE 19547903 C1                    | 20-03-1997                    |
|                                                    |    |                               | FR 2742688 A1                     | 27-06-1997                    |
|                                                    |    |                               | GB 2308321 A                      | 25-06-1997                    |
| EP 1239116                                         | A  | 11-09-2002                    | JP 2002276301 A                   | 25-09-2002                    |
|                                                    |    |                               | US 2002127108 A1                  | 12-09-2002                    |
| US 4574451                                         | A  | 11-03-1986                    | AU 567136 B2                      | 12-11-1987                    |
|                                                    |    |                               | AU 2250883 A                      | 28-06-1984                    |
|                                                    |    |                               | CA 1217924 A1                     | 17-02-1987                    |
|                                                    |    |                               | DE 3380985 D1                     | 25-01-1990                    |
|                                                    |    |                               | EP 0113882 A2                     | 25-07-1984                    |
|                                                    |    |                               | IL 70145 A                        | 10-06-1990                    |
|                                                    |    |                               | JP 59155504 A                     | 04-09-1984                    |
| WO 2005016588                                      | A  | 24-02-2005                    | DE 10337866 A1                    | 24-03-2005                    |