

(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
15. Dezember 2016 (15.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/198210 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B22F 3/105 (2006.01) B22F 7/06 (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01) F01D 5/12 (2006.01)
B22F 5/04 (2006.01) F01D 5/30 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/059412

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. April 2016 (27.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102015210744.2 12. Juni 2015 (12.06.2015) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: BRUNHUBER, Christian; Zogenreuth 6,
91275 Auerbach (DE).

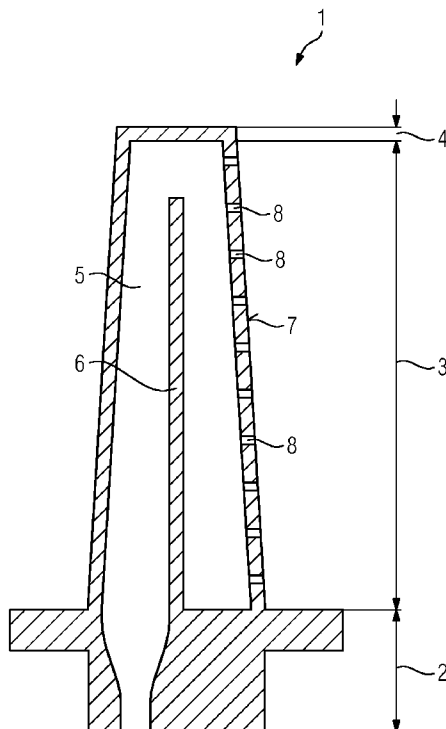
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP,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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A TURBINE BLADE BY MEANS OF ELECTRON BEAM MELTING

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM FERTIGEN EINER TURBINENSCHAUFEL MITTELS ELEKTRONENSTRAHLSCHMELZEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a turbine blade (1) with a blade root portion (2), a blade aerofoil portion (3), adjoining the blade root portion (2), and a blade tip portion (4), adjoining the blade aerofoil portion (3), wherein the blade root portion (2), the blade aerofoil portion (3) and the blade tip portion (4) are connected to one another in a material-bonding manner, and wherein at least one cavity (5), serving as a cooling channel, extends through the blade root portion (2) and the blade aerofoil portion (3), characterized in that at least the blade aerofoil portion (3) is produced layer by layer by using an EMB process, and in that, after removing caked-on powder material from the at least one cavity (5), the blade tip portion (4) is produced by using some other production technology.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Fertigen einer Turbinenschaufel Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fertigen einer Turbinenschaufel (1) mit einem Schaufelfußabschnitt (2), einem sich an den Schaufelfußabschnitt (2) anschließenden Schaufelblattabschnitt (3) und einem sich an den Schaufelblattabschnitt (3) anschließenden Schaufelspitzenabschnitt (4), wobei der Schaufelfußabschnitt (2), der Schaufelblattabschnitt (3) und der Schaufelspitzenabschnitt (4) stoffschlüssig miteinander verbunden sind, und wobei sich durch den Schaufelfußabschnitt (2) und den Schaufelblattabschnitt (3) zumindest ein als Kühlkanal dienender

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/198210 A1

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz*
TG). *3)*

Hohlraum (5) erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der Schaufelblattabschnitt (3) unter Verwendung eines EMB-Verfahrens schichtweise hergestellt wird, und dass der Schaufelspitzenabschnitt (4) nach einem Entfernen angebackenen Pulvermaterials aus dem zumindest einen Hohlraum (5) unter Einsatz einer anderen Fertigungstechnologie gefertigt wird.

Verfahren zum Fertigen einer Turbinenschaufel

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fertigen einer Turbinenschaufel mit einem Schaufelfußabschnitt, einem sich an den Schaufelfußabschnitt anschließenden Schaufelblattabschnitt und einem sich an den Schaufelblattabschnitt anschließenden Schaufelspitzenabschnitt, wobei der Schaufelfußabschnitt, der Schaufelblattabschnitt und der Schaufelspitzenabschnitt stoffschlüssig miteinander verbunden sind, und wobei sich durch den Schaufelfußabschnitt und den Schaufelblattabschnitt zumindest ein als Kühlkanal dienender Hohlraum erstreckt.

15

Turbinenschaufeln der eingangs genannten Art. Die einen Schaufelfußabschnitt, einen Schaufelblattabschnitt und einen Schaufelspitzenabschnitt aufweisen, sind im Stand der Technik in unterschiedlichsten Ausgestaltungen bekannt und werden beispielsweise in Gasturbinen als Laufschaufeln verbaut, wo sie die Strömungsenergie sich entspannenden Heißgases in Rotationsenergie umgewandelt.

20

Während des Betriebs einer Gasturbine sind die Turbinenschaufeln in Folge der hohen Temperaturen des Heißgases und der hohen Drehzahl der Turbinenwelle einer starken thermischen und mechanischen Belastung ausgesetzt. Massiv ausgebildete Laufschaufeln bieten einerseits eine hohe mechanische Belastbarkeit. Andererseits begrenzen sie jedoch die maximal zulässige Temperatur des durchströmenden Heizgases und somit den Wirkungsgrad der Gasturbine. Zur Erhöhung der thermischen Belastbarkeit werden der Schaufelfußabschnitt und der Schaufelblattabschnitt daher häufig mit Kühlkanäle bildenden Hohlräumen versehen, die sich in radialer Richtung erstrecken und während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Gasturbine von einem Kühlfluid durchströmt werden. Das in der Turbinenschaufel erwärmte Kühlfluid verlässt die Turbinenschaufel dann über entsprechende Kühlfluidauslassöffnungen und strömt zu-

30

35

sammen mit dem entspannten Heißgas durch einen Abgaskanal aus der Gasturbine.

5 Massiv ausgebildete Turbinenschaufeln unterliegen in Bezug auf ihre Herstellung keinen praktischen Beschränkungen, da sie alleine durch spanende Außenbearbeitung eines Rohlings hergestellt werden können. Gekühlte Turbinenschaufeln dagegen werden wegen ihrer durch die Hohlräume bedingten komplexen Formen meist mittels Gießen hergestellt. Dazu wird in eine 10 die Außenfläche der Turbinenschaufel definierenden Gussform zumindest ein Kern zum Erzeugen des wenigsten einen Hohlraums eingelegt. Dieser wird mit Positioniermitteln in der Gussform ausgerichtet, um die geforderte Wandstärke der Turbinenschaufel einzustellen. Dann wird der zwischen der Gussform und dem 15 Kern verbleibende Zwischenraum mit erhitztem flüssigen Gusswerkstoff gefüllt. Nach dem Erstarren des Gusswerkstoffs kann dann der Kern chemisch entfernt werden, beispielsweise unter Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels, um auf diese Weise den Hohlraum freizulegen.

20

Von Turbinenschaufeln mit neu entwickelten Designs werden zunächst Prototypen gefertigt, die dann in einer Gasturbine getestet werden. Bei der Herstellung solcher Prototypen kommen immer häufiger additive Fertigungsverfahren zum Einsatz, da 25 diese die Möglichkeit bieten, Turbinenschaufeln ausgehend von einer CAD-Zeichnung innerhalb kürzester Zeitintervalle schichtweise aufzubauen. Ein grundsätzlich vielversprechendes additives Fertigungsverfahren ist das LMD-Verfahren (Laser Metall Deposition), bei dem ein pulverförmiger metallischer Werkstoff einem Trägergasstrom zugeführt und auf dem 30 Weg zur Beschichtungsposition von einem Laserstrahl aufgeschmolzen wird. Ein wesentlicher Vorteil des LMD-Verfahrens besteht darin, dass sich auch sehr komplexe, mit Hohlräumen und Hinterschneidungen versehene Formen fertigen lassen. Metallische Werkstoffe mit sehr hohem γ' -Anteil lassen sich 35 hingegen nicht oder nur sehr schlecht verarbeiten, wie beispielsweise Nickelbasis-Legierungen, aus denen thermisch stark beanspruchte Turbinenschaufeln häufig hergestellt sind.

Eine Alternative stellt das EBM-Verfahren (Electron Beam Melting) dar. Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, bei dem metallische Bauteile Schicht für Schicht aus einem Pulverbett generiert werden, indem Bereiche des Pulverbetts unter Verwendung eines Elektronenstrahls aufgeschmolzen und
5 entsprechend verfestigt werden. Aufgrund der hohen Prozesstemperaturen lassen sich auch metallische Werkstoffe mit hohem γ -Anteil verarbeiten. Während der Durchführung des Verfahrens ist allerdings dafür Sorge zu tragen, dass das Pulverbett auch in Bereichen, in denen keine Bauteilschicht ge-
10 neriert wird, anbäckt, um den so genannten „Smoke-Effekt“ aufgrund elektrischer Aufladung des Pulvers zu verhindern, der dazu führt, dass sich Pulver des Pulverbettes unkontrolliert im gesamten Bauraum verteilt. Entsprechend muss das an-
15 gebackene Pulver nachträglich mit geeignetem Werkzeug entfernt werden. Hierzu muss das angebackene Pulver jedoch zugänglich sein. Diese Zugänglichkeit ist bei innenliegenden Hohlräumen grundsätzlich nicht gegeben, wie beispielsweise bei Kühlkanäle definierenden Hohlräumen von Turbinenschaufeln
20 der eingangs genannten Art. Vor diesem Hintergrund wird das EBM-Verfahren derzeit ausschließlich für die Fertigung von Prototypen von massiv ausgebildeten Turbinenschaufeln eingesetzt.

25 Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein alternatives Verfahren zum Fertigen einer Turbinenschaufel der eingangs genannten Art zu schaffen.

30 Zur Lösung dieser Aufgabe schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum fertigen einer Turbinenschaufel der eingangs genannten Art, das dadurch gekennzeichnet ist, dass zumindest der Schaufelblattabschnitt unter Verwendung eines EMB-Verfahrens schichtweise hergestellt wird, und das der
35 Schaufelspitzenabschnitt nach einem entfernen angebackenem Pulvermaterials aus dem zumindest einem Hohlraum unter Einsatz einer anderen Fertigungstechnologie gefertigt wird. Aufgrund der Tatsache, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren

der Schaufelblattabschnitt zunächst ohne den Schaufelspitzenabschnitt unter Einsatz eines EMB-Verfahrens generiert wird, bleibt zumindest ein Hohlraum, der durch den Schaufelblattabschnitt definiert wird, zumindest an der Oberseite offen und damit zur Entfernung angebackenem Pulvermaterials zugänglich. Entsprechend kann der Schaufelblattabschnitt unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens aus nahezu beliebigen metallischen Materialien bzw. mittels Legierungen schnell und preiswert hergestellt werden, was insbesondere bei der Prototypen Fertigung von großem Vorteil ist. So lässt sich der Schaufelblattabschnitt beispielsweise aus einer Superlegierung fertigen, zum Beispiel aus einer Nickelbasis-Superlegierung.

Gemäß einer Variante der vorliegenden Erfindung werden der Schaufelfußabschnitt und der Schaufelblattabschnitt gemeinsam unter Verwendung eines EMB-Verfahrens schichtweise hergestellt. Diese Variante zeichnet sich dadurch aus, dass sich ein großer Teil der Turbinenschaufel quasi direkt aus eine CAD-Zeichnung generieren lässt.

Gemäß einer anderen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Schaufelfußabschnitt als vorgefertigtes Bauteil bereit gestellt, wobei der Schaufelblattabschnitt unter Verwendung eines EMB-Verfahrens schichtweise auf dem Schaufelfußabschnitt aufgebaut wird, oder wobei der Schaufelblattabschnitt vorab unter Verwendung eines EMB-Verfahrens schichtweise hergestellt und anschließend mit dem Schaufelfußabschnitt stoffschlüssig verbunden, insbesondere verschweißt wird.

Handelt es sich bei dem Schaufelfußabschnitt um ein vorgefertigtes Bauteil, so wird dieser bevorzugt gießtechnisch hergestellt. Alternativ kann aber auch ein noch intakter Schaufelfußabschnitt einer ausgemusterten Turbinenschaufel zum Einsatz kommen.

Gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sind der Schaufelblattabschnitt und der Schaufelfußabschnitt aus

einem ersten Material hergestellt, und der Schaufelspitzenabschnitt ist aus einem zweitem Material hergestellt, das von dem ersten Material verschieden ist, wobei es sich bei dem zweiten Material insbesondere um ein Material handelt, das eine bessere Oxidationsbeständigkeit als das erste Material aufweist. Diese Materialauswahl ist dahingehend von Vorteil, dass sie den tatsächlichen Beanspruchungen einer Turbinenschaufel gerecht wird. Während der Schaufelfußabschnitt und der Schaufelblattabschnitt während des bestimmungsgemäßen Einsatzes einer Turbinenschaufel aufgrund der dynamischen Kräfte meist sehr hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, ist dies bei dem Schaufelspitzenabschnitt weniger der Fall. Bei dem Schaufelspitzenabschnitt steht vielmehr eine hohe Oxidationsbeständigkeit im Vordergrund. So kann der Schaufelspitzenabschnitt beispielsweise aus IN738LC gefertigt werden.

Vorteilhaft sind der Schaufelfußabschnitt und der Schaufelblattabschnitt aus einer Superlegierung hergestellt, insbesondere aus einer Nickelbasis-Legierung. Superlegierungen und insbesondere Nickelbasis-Legierungen haben sich als Materialien insbesondere für Gasturbinenschaufeln in der Vergangenheit bewehrt.

Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Schaufelspitzenabschnitt nach der Herstellung des Schaufelblattabschnittes als vorgefertigtes Bauteil stoffschlüssig mit dem Schaufelblatt verbunden oder unter Einsatz eines additiven Fertigungsverfahrens schichtweise am freien Ende des Schaufelblattabschnittes aufgebaut, insbesondere unter Einsatz eines LMD-Verfahrens. Das LMD-Verfahren ist für die Fertigung des Schaufelspitzenabschnittes dahingehend von Vorteil, dass unter Einsatz des LMD-Verfahrens das Material direkt auf dem Schaufelblattabschnitt aufgetragen werden kann, ohne dass es der Ausbildung eines Pulverbettes bedarf.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung deutlich, die schematisch eine Querschnittsansicht einer Turbinenschaufel zeigt, die unter Einsatz eines
5 Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gefertigt wurde.

Die Turbinenschaufel 1 umfasst einen Schaufelfußabschnitt 2, einen sich an den Schaufelfußabschnitt 2 anschließenden
10 Schaufelblattabschnitt 3 und einen sich an den Schaufelblattabschnitt 3 anschließenden Schaufelspitzenabschnitt 4, wobei der Schaufelfußabschnitt 2, der Schaufelblattabschnitt 3 und der Schaufelspitzenabschnitt 4 stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Durch den Schaufelfußabschnitt 2 und den
15 Schaufelblattabschnitt 3 erstreckt sich radial ein als Kühlkanal dienender Hohlraum 5. Der Hohlraum 5 ist vorliegend durch eine Trennwand 6 unterteilt, die sich ausgehend von dem Schaufelfußabschnitt 2 radial auswärts in Richtung des Schaufelspitzenabschnittes 4 erstreckt, wodurch der Hohlraum 5
20 insgesamt im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist. Es sollte jedoch klar sein, dass die Form und die Position der Trennwand 6 ebenso wie die Trennwand 6 selbst optional sind. Auch können natürlich mehrere Trennwände 6 vorgesehen sein, die den Hohlraum 5 in anderer Weise unterteilen. An einer
25 stromabwärtigen Kante 7 des Schaufelblattabschnittes 3 sind Kühlfluidauslassöffnungen 8 ausgebildet, die mit dem Hohlraum 5 kommunizieren. Bei der Turbinenschaufel 1 handelt es sich vorliegend um eine Laufschaufel einer Gasturbine. Grundsätzlich kann die Turbinenschaufel 1 aber auch in anderen Turbinen
30 nen zum Einsatz kommen.

Zur Herstellung der Turbinenschaufel 1 werden in einem ersten Schritt der Schaufelfußabschnitt 2 und der Schaufelblattabschnitt 3 gemeinsam unter Verwendung eines EMB-Verfahrens
35 schichtweise aus einer Superlegierung hergestellt, vorliegend aus einer Nickelbasis-Superlegierung. Hierbei werden der Schaufelfußabschnitt 2 und daraufhin der Schaufelblattabschnitt 3 Schicht für Schicht aus einem Superlegierungsparti-

kel aufweisenden Pulverbett generiert, indem Bereiche des Pulverbetts unter Verwendung eines Elektronenstrahls in bekannter Weise aufgeschmolzen und entsprechend verfestigt werden. Dabei wird das Pulverbett auch in Bereichen, in denen
5 keine Bauteilschicht generiert wird, angebacken, um auf diese Weise den eingangs bereits beschriebenen "Smoke-Effekt" zu verhindern. Nach der Fertigstellung des Schaufelfußabschnittes 2 und des Schaufelblattabschnittes 3 werden die angebackenen Bereiche des Pulverbettes im Bereich des Hohlraums 5
10 mit geeigneten Werkzeugen gelöst und entfernt. Der Hohlraum 5 ist dabei sowohl vom unteren Ende des Schaufelfußabschnittes 2 als auch vom oberen Ende des Schaufelblattabschnittes 3 zugänglich. Die Kühlfluidauslassöffnungen 8 können bereits während der additiven Fertigung des Schaufelblattabschnittes 3
15 hergestellt werden. Alternativ können Sie aber auch nachträglich eingebracht werden, beispielsweise mittels Bohren oder dergleichen.

Der Schaufelfußabschnitt 2 kann alternativ bereits als vorgefertigtes Bauteil bereitgestellt werden. So kann der Schaufelfußabschnitt 2 beispielsweise als Gussteil bereitgestellt werden. Ebenso ist es aber auch möglich, einen noch intakten Schaufelfußabschnitt einer ausgemusterten Turbinenschaufel zu verwenden. Wird für den Schaufelfußabschnitt 2 ein vorgefertigtes Bauteil eingesetzt, so kann der Schaufelblattabschnitt
25 3 unter Verwendung eines EMB-Verfahrens schichtweise auf dem Schaufelfußabschnitt 2 aufgebaut werden. Ebenso ist es aber auch möglich, den Schaufelblattabschnitt 3 vorab unter Verwendung eines EMB-Verfahrens schichtweise herzustellen und
30 anschließend mit dem Schaufelfußabschnitt 2 stoffschlüssig zu verbinden, insbesondere zu verschweißen.

Nach dem Entfernen des angebackenen Pulvermaterials aus dem Hohlraum 5 wird in einem weiteren Schritt unter Einsatz einer
35 anderen Fertigungstechnologie der Schaufelspitzenabschnitt 4 gefertigt. Hierzu wird ein Material verwendet, das sich von dem Material des Schaufelfußabschnittes 2 und des Schaufelblattabschnittes 3 unterscheidet. Bei dem Material des Schau-

felspitzenabschnittes 4 handelt es sich insbesondere um ein solches Material, das eine bessere Oxidationsbeständigkeit als das Material des Schaufelfußabschnittes 2 und des Schaufelblattabschnittes 3 aufweist. Insbesondere wird IN738LC als Material des Schaufelspitzenabschnittes 4 verwendet.

Der Schaufelspitzenabschnitt 4 wird vorliegend schichtweise unter Einsatz eines LMD-Verfahrens am freien Ende des Schaufelblattabschnittes 3 aufgebaut. Es sollte jedoch klar sein, dass grundsätzlich auch ein alternatives additives Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen kann, solange es sich hierbei nicht um ein pulverbettbasiertes Verfahren handelt. Alternativ ist es auch möglich, den Schaufelspitzenabschnitt 4 als vorgefertigtes Bauteil, beispielsweise in Form eines Gussteils, stoffschlüssig mit dem Schaufelblatt 3 zu verbinden, insbesondere zu verschweißen.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahren besteht darin, dass sich Turbinenschaufeln, deren Schaufelfußabschnitt und Schaufelblattabschnitte aus Werkstoffen mit hohem γ' -Anteil bestehen, insbesondere aus Superlegierungen, in sehr kurzen Zeitintervallen einfach und preiswert herstellen lassen, was insbesondere für die Prototypenfertigung von Vorteil ist.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren

zum Fertigen einer Turbinenschaufel (1)
5 mit einem Schaufelfußabschnitt (2),
einem sich an den Schaufelfußabschnitt (2) anschließenden
Schaufelblattabschnitt (3) und
einem sich an den Schaufelblattabschnitt (3) anschließenden
10 Schaufelspitzenabschnitt (4),
wobei der Schaufelfußabschnitt (2), der Schaufelblattab-
schnitt (3) und der Schaufelspitzenabschnitt (4) stoff-
schlüssig miteinander verbunden sind, und
wobei sich durch den Schaufelfußabschnitt (2) und den
15 Schaufelblattabschnitt (3) zumindest ein als Kühlkanal die-
nender Hohlraum (5) erstreckt,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest der Schaufelblattabschnitt (3) unter Verwendung
eines EMB-Verfahrens schichtweise hergestellt wird, und
20 dass der Schaufelspitzenabschnitt (4) nach einem Entfernen
angebackenen Pulvermaterials aus dem zumindest einen Hohl-
raum (5) unter Einsatz einer anderen Fertigungstechnologie
gefertigt wird.

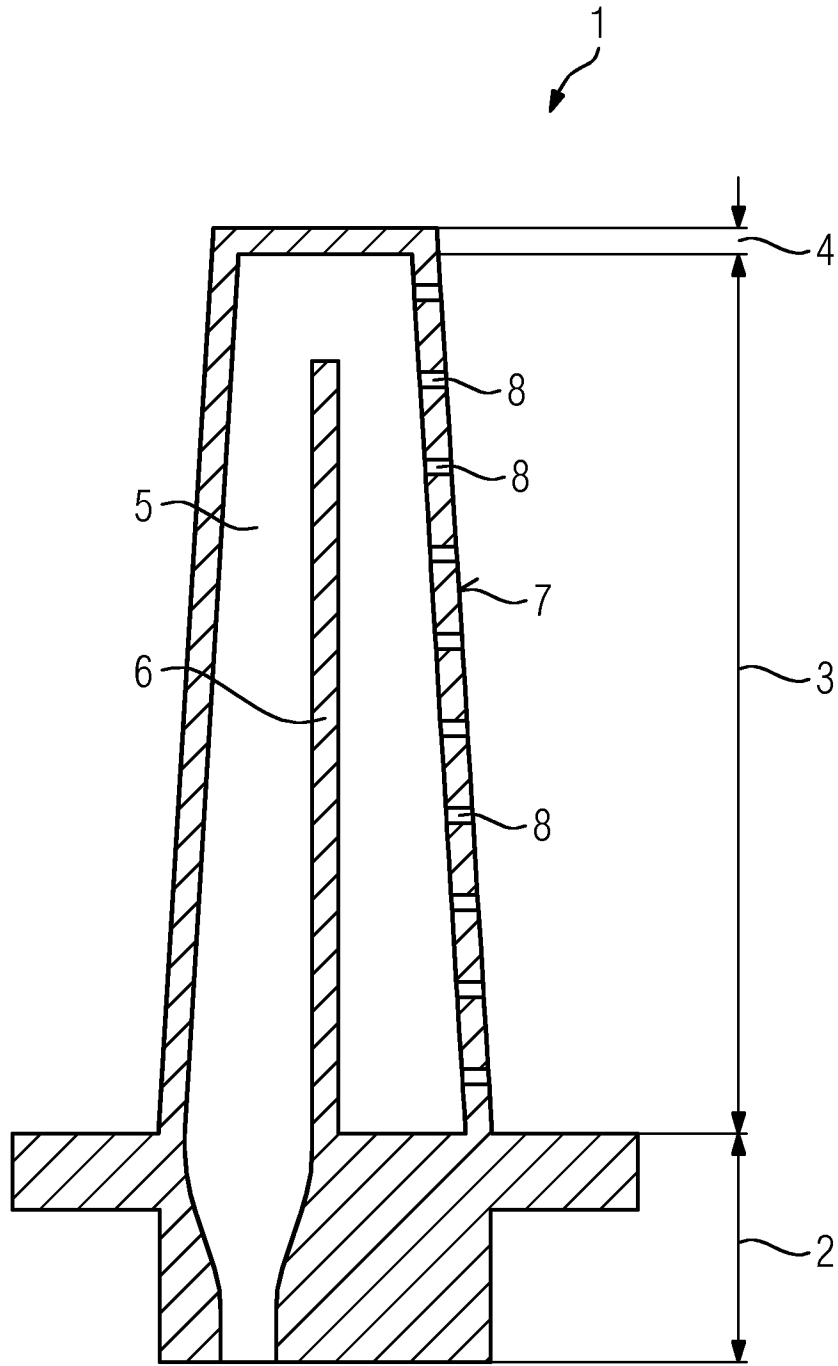
25 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfußabschnitt (2) und der Schaufelblattabschnitt
(3) gemeinsam unter Verwendung eines EMB-Verfahrens
schichtweise hergestellt werden.

30

35

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfußabschnitt (2) als vorgefertigtes Bauteil be-
reitgestellt wird,
5 wobei der Schaufelblattabschnitt (3) unter Verwendung eines
EMB-Verfahrens schichtweise auf dem Schaufelfußabschnitt
(2) aufgebaut wird, oder
wobei der Schaufelblattabschnitt (3) vorab unter Verwendung
eines EMB-Verfahrens schichtweise hergestellt und
10 anschließend mit dem Schaufelfußabschnitt (2) stoffschlüs-
sig verbunden,
insbesondere verschweißt wird.
- 15 4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfußabschnitt (2) gießtechnisch hergestellt
wird.
- 20
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfußabschnitt (2) und der Schaufelblattabschnitt
(3) aus einem ersten Material hergestellt sind, und
25 dass der Schaufelspitzenabschnitt (4) aus einem zweiten Ma-
terial hergestellt ist, das von dem ersten Material ver-
schieden ist,
wobei es sich bei dem zweiten Material insbesondere um ein
Material handelt, das eine bessere Oxidationsbeständigkeit
30 als das erste Material aufweist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
35 der Schaufelfußabschnitt (2) und der Schaufelblattabschnitt
(3) aus einer Superlegierung hergestellt sind,
insbesondere aus einer Nickelbasis-Legierung.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelspitzenabschnitt (4) nach der Herstellung des
Schaufelblattabschnittes (2) als vorgefertigtes Bauteil
5 stoffschlüssig mit dem Schaufelblattabschnitt (3) verbunden
oder
unter Einsatz eines additiven Fertigungsverfahrens schicht-
weise am freien Ende des Schaufelblattabschnittes (3) auf-
gebaut wird,
10 insbesondere unter Einsatz eines LMD-Verfahrens.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/059412

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B22F3/105 B22F5/00 B22F5/04 B22F7/06 F01D5/12
 F01D5/30
 ADD.
 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)
 B22F F01D
 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 practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/052323 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3 April 2014 (2014-04-03)	1-3,6
Y	page 2, line 7 - line 25 page 4, line 3 - page 6, line 13 page 8, line 6 - page 9, line 14 claims; figures	4,5,7
X	DE 10 2006 049216 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 24 April 2008 (2008-04-24) paragraph [0001] - paragraph [0025] claims; figures	1-7
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 2 August 2016	Date of mailing of the international search report 09/08/2016
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Ceulemans, Judy
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/059412

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 2 620 594 A1 (HONEYWELL INT INC [US]) 31 July 2013 (2013-07-31) paragraph [0001] paragraph [0007] paragraph [0021] paragraph [0025] - paragraph [0030] paragraph [0033] paragraph [0035] - paragraph [0045] claims; figures -----	5
Y	EP 2 853 323 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 1 April 2015 (2015-04-01) paragraph [0006] - paragraph [0007] paragraph [0013] - paragraph [0018] paragraph [0024] - paragraph [0025] claims; figures -----	4,7
A	KLOCKE FRITZ ET AL: "Turbomachinery component manufacture by application of electrochemical, electro-physical and photonic processes", CIRP ANNALS, vol. 63, no. 2, December 2014 (2014-12), pages 703-726, XP029041329, ISSN: 0007-8506, DOI: 10.1016/J.CIRP.2014.05.004 the whole document -----	1-7
A	MURR L E ET AL: "Microstructures of Rene 142 nickel-based superalloy fabricated by electron beam melting", ACTA MATERIALIA, ELSEVIER, OXFORD, GB, vol. 61, no. 11, 6 May 2013 (2013-05-06), pages 4289-4296, XP028540678, ISSN: 1359-6454, DOI: 10.1016/J.ACTAMAT.2013.04.002 the whole document -----	1-7
A	WILLIAM E. FRAZIER: "Metal Additive Manufacturing: A Review", JOURNAL OF MATERIALS ENGINEERING AND PERFORMANCE, vol. 23, no. 6, 1 June 2014 (2014-06-01), pages 1917-1928, XP055170181, ISSN: 1059-9495, DOI: 10.1007/s11665-014-0958-z the whole document -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/059412

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2014052323 A1	03-04-2014	CN 104662274 A	27-05-2015
		EP 2900964 A1	05-08-2015
		JP 2016502615 A	28-01-2016
		WO 2014052323 A1	03-04-2014

DE 102006049216 A1	24-04-2008	CA 2665069 A1	24-04-2008
		DE 102006049216 A1	24-04-2008
		EP 2089174 A1	19-08-2009
		EP 2218530 A1	18-08-2010
		US 2011052412 A1	03-03-2011
		WO 2008046388 A1	24-04-2008

EP 2620594 A1	31-07-2013	EP 2620594 A1	31-07-2013
		US 2013195673 A1	01-08-2013

EP 2853323 A2	01-04-2015	CN 104511725 A	15-04-2015
		EP 2853323 A2	01-04-2015
		JP 2015067902 A	13-04-2015
		US 2015086408 A1	26-03-2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/059412

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B22F3/105 B22F5/00 B22F5/04 B22F7/06 F01D5/12
 F01D5/30
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B22F F01D

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2014/052323 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3. April 2014 (2014-04-03)	1-3,6
Y	Seite 2, Zeile 7 - Zeile 25 Seite 4, Zeile 3 - Seite 6, Zeile 13 Seite 8, Zeile 6 - Seite 9, Zeile 14 Ansprüche; Abbildungen	4,5,7
X	DE 10 2006 049216 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 24. April 2008 (2008-04-24) Absatz [0001] - Absatz [0025] Ansprüche; Abbildungen	1-7
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

<p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>	<p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
---	---

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. August 2016	09/08/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Ceulemans, Judy
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>EP 2 620 594 A1 (HONEYWELL INT INC [US]) 31. Juli 2013 (2013-07-31) Absatz [0001] Absatz [0007] Absatz [0021] Absatz [0025] - Absatz [0030] Absatz [0033] Absatz [0035] - Absatz [0045] Ansprüche; Abbildungen</p> <p>-----</p>	5
Y	<p>EP 2 853 323 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 1. April 2015 (2015-04-01) Absatz [0006] - Absatz [0007] Absatz [0013] - Absatz [0018] Absatz [0024] - Absatz [0025] Ansprüche; Abbildungen</p> <p>-----</p>	4,7
A	<p>KLOCKE FRITZ ET AL: "Turbomachinery component manufacture by application of electrochemical, electro-physical and photonic processes", CIRP ANNALS, Bd. 63, Nr. 2, Dezember 2014 (2014-12), Seiten 703-726, XP029041329, ISSN: 0007-8506, DOI: 10.1016/J.CIRP.2014.05.004 das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-7
A	<p>MURR L E ET AL: "Microstructures of Rene 142 nickel-based superalloy fabricated by electron beam melting", ACTA MATERIALIA, ELSEVIER, OXFORD, GB, Bd. 61, Nr. 11, 6. Mai 2013 (2013-05-06), Seiten 4289-4296, XP028540678, ISSN: 1359-6454, DOI: 10.1016/J.ACTAMAT.2013.04.002 das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-7
A	<p>WILLIAM E. FRAZIER: "Metal Additive Manufacturing: A Review", JOURNAL OF MATERIALS ENGINEERING AND PERFORMANCE, Bd. 23, Nr. 6, 1. Juni 2014 (2014-06-01), Seiten 1917-1928, XP055170181, ISSN: 1059-9495, DOI: 10.1007/s11665-014-0958-z das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059412

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014052323 A1	03-04-2014	CN 104662274 A	27-05-2015
		EP 2900964 A1	05-08-2015
		JP 2016502615 A	28-01-2016
		WO 2014052323 A1	03-04-2014

DE 102006049216 A1	24-04-2008	CA 2665069 A1	24-04-2008
		DE 102006049216 A1	24-04-2008
		EP 2089174 A1	19-08-2009
		EP 2218530 A1	18-08-2010
		US 2011052412 A1	03-03-2011
		WO 2008046388 A1	24-04-2008

EP 2620594 A1	31-07-2013	EP 2620594 A1	31-07-2013
		US 2013195673 A1	01-08-2013

EP 2853323 A2	01-04-2015	CN 104511725 A	15-04-2015
		EP 2853323 A2	01-04-2015
		JP 2015067902 A	13-04-2015
		US 2015086408 A1	26-03-2015
