

(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  
3. August 2017 (03.08.2017)



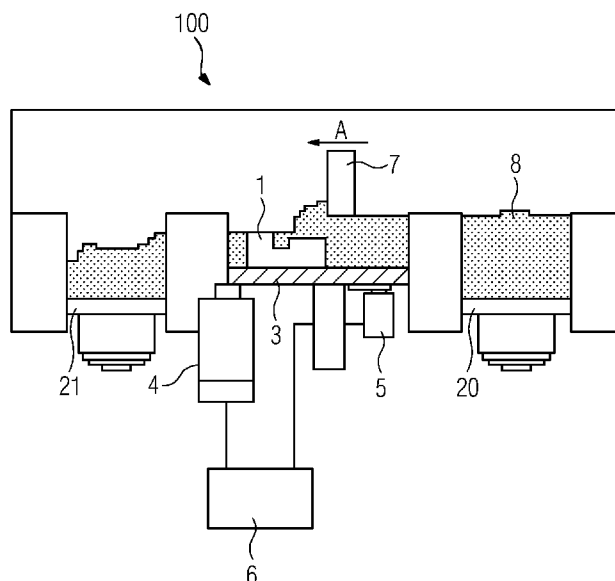
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/129294 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*B22F 3/105* (2006.01) *B29C 67/00* (2017.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/079730
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
5. Dezember 2016 (05.12.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 201 291.6  
28. Januar 2016 (28.01.2016) DE
- (71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder: **HABERLAND, Christoph**; Franz-Voigt Str. 6, 44789 Bochum (DE). **JUNGBLUTH, Matthias**; Höhenweg 17, 13595 Berlin (DE). **KREUTZER, Andreas**; Kraetkestraße 32, 12621 Berlin - Hellersdorf (DE). **LAMMERS, Heiko**; Augsburgener Straße 27, 10789 Berlin (DE). **LORENZ, Thomas**; Griegstraße 13, 14193 Berlin (DE). **REGENER, Martin**; Ahornweg 29, 14476 Potsdam (DE). **SPERLICH, Kathrin**; Elberfelder Str. 18, 10555 Berlin (DE). **TOMUSCHAT, Danny**; Fasanenring 10, 14469 Potsdam (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, DJ, 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, KW, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR CHECKING A COMPONENT TO BE PRODUCED IN AN ADDITIVE MANNER, AND DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR PRÜFUNG EINES ADDITIV HERZUSTELLENDEN BAUTEILS UND VORRICHTUNG

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for checking a component (1) to be produced in an additive manner, having the steps of mechanically exciting at least one additively constructed layer (2) of the component (1) during the additive production of the component (1), measuring a mechanical response signal of the component (1), and displaying a warning and/or interrupting the additive production of the component (1) if the mechanical response signal lies outside of a specified tolerance range. The invention further relates to a device (100) for the additive production of a component (1), comprising a device (4) for mechanically exciting the at least one additively constructed layer (2) of the component (1), a measuring unit (5) for measuring the mechanical response signal of the component (1), and a control unit (6). The control unit (6) is designed to display the warning and/or interrupt the additive production if the mechanical response signal lies outside of a specified tolerance range.

(57) Zusammenfassung:  
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/129294 A1



---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines additiv herzustellenden Bauteils (1), umfassend das mechanische Anregen mindestens einer additiv aufgebauten Schicht (2) des Bauteils (1) während einer additiven Herstellung des Bauteils (1), das Messen eines mechanischen Antwortsignals des Bauteils (1), und das Anzeigen einer Warnung und/oder Durchführen eines Abbruchs der additiven Herstellung des Bauteils (1), wenn das mechanische Antwortsignals außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt. Weiterhin ist eine Vorrichtung (100) zur additiven Herstellung eines Bauteils (1) beschrieben, umfassend eine Einrichtung (4) zum mechanischen Anregen der mindestens einen additiv aufgebauten Schicht (2) des Bauteils (1), eine Messeinheit (5) zum Messen des mechanischen Antwortsignals des Bauteils (1) und eine Kontrolleinheit (6), wobei die Kontrolleinheit (6) ausgebildet ist, die Warnung anzuzeigen und/oder einen Abbruch der additiven Herstellung durchzuführen, wenn das mechanischen Antwortsignals außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

## Beschreibung

Verfahren zur Prüfung eines additiv herzustellenden Bauteils und Vorrichtung

5

Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines additiv oder schichtweise hergestellten oder herzustellenden Bauteils und eine Vorrichtung zur additiven Herstellung des Bauteils.

10

Bei dem Bauteil kann es sich um eine Turbinenkomponente, beispielsweise um ein heißgasbeaufschlagtes oder hochtemperaturbelastetes Teil einer Gasturbine und/oder ein Werkstück oder Bauteil aus einer nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung handeln.

15

Bekannt additive oder generative Herstellungsverfahren sind insbesondere das selektive Laserschmelzen (SLM: englisch für „selective laser melting“), das selektive Lasersintern (SLS: 20 englisch für „selective laser sintering“) und das Elektronenstrahlschmelzen (EBM: englisch für „electron beam melting“). Bei den genannten Verfahren wird das Bauteil häufig lagen- oder schichtweise in einem Pulverbett durch Aufschmelzen von das Pulverbett bildenden Partikeln mit einem Laser- oder 25 Elektronenstrahl belichtet, aufgeschmolzen und entsprechend aufgebaut.

25

Ein additives Herstellungssystem ist beispielsweise in WO 2015/112422 A1 beschrieben.

30

Bisher kann beispielsweise die Materialqualität von durch Gussverfahren hergestellten Bauteilen, insbesondere in der Herstellung von Turbinenschaufeln, durch additive Verfahren noch nicht erreicht werden. Insbesondere ist die Struktur ad- 35 ditiv hergestellter Bauteile hinsichtlich von Verspannungen, Korngrößen und/oder Strukturdefekten ungünstig gegenüber Strukturen, welche durch Gießen oder Verfahren zur gerichteten Erstarrung hergestellt oder herstellbar sind. Gerichtet

35

erstarrete Gefüge bezeichnen vorliegend vorzugsweise sowohl Einkristalle, die keine Korngrenzen oder höchstens Kleinwinkelkorngrenzen aufweisen, als auch Stängelkristallstrukturen, die wohl in longitudinaler Richtung verlaufende Korngrenzen, aber keine transversalen Korngrenzen aufweisen.

Bisher können beispielsweise während eines SLM-Verfahrens auftretende Fehler, beispielsweise Strukturfehler, erst nach Abschluss des Verfahrens durch Prüfmethode des Standes der Technik detektiert werden. Ein Nachjustieren der Herstellungsparameter oder das Verwerfen des Bauteils schon während der Herstellung, beispielsweise aufgrund von Strukturdefekten und/oder Ablösungen des Bauteils von einem Bauteilsubstrat, ist bisher nicht möglich. Insbesondere ein solches Ablösen oder eine Delaminierung des Bauteils vom Bauteilsubstrat kann eine Kollision des Bauteils mit einer Beschichtereinheit und damit eine schwerwiegende Schädigung der Anlage oder Vorrichtung zur Folge haben. Auch können beispielsweise durch Thermo-Spannungen induzierte Strukturfehler, wie Risse oder ein Verzug des Bauteils während der Herstellung nicht detektiert werden. Ein Abbruch des Herstellungsprozesses findet bei additiven Herstellungsverfahren des Standes der Technik bisher nur statt, wenn beispielsweise eine andere, nicht die Struktur des Bauteils betreffende wesentliche Störung, festgestellt wird.

Es wäre lediglich möglich, beispielsweise nach jeder aufgebracht und/oder aufgebauten Lage das Bauteil aus der Vorrichtung auszubauen und auf Materialdefekte zu prüfen und anschließend wieder einzubauen, wobei diese Methode jedoch zeitlich viel zu ineffizient und damit nicht anwendbar wäre.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel anzugeben, mit denen eine Materialprüfung eines additiv hergestellten oder hergestellten Bauteils schon während der Herstellung ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

5 Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines additiv oder schichtweise herzustellenden oder hergestellten Bauteils. Das Verfahren kann ein Prüfverfahren der Qualität, insbesondere der Materialqualität, des Bauteils sein.

10

Bei dem Verfahren kann es sich insbesondere um ein in-situ Verfahren zur Materialprüfung handeln.

Weiterhin bezeichnet die Qualität insbesondere die Materialqualität des Bauteils hinsichtlich von Strukturdefekten und/oder eines Ablösens, beispielsweise von einem Bauteilsubstrat.

15

Das Verfahren umfasst das mechanische Anregen mindestens einer additiv aufgebauten Schicht des Bauteils während einer Herstellung des Bauteils.

20

Der Ausdruck „während“ der additiven Herstellung beschreibt vorzugsweise einen Zeitpunkt nach oder während einer Verfestigung oder Belichtung einer einzelnen Lage des oder für das Bauteil(s) und einen Zeitpunkt, zu dem das Bauteil vorzugsweise noch nicht fertiggestellt ist.

25

In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das mechanische Anregen einer einzelnen additiv aufgebauten bzw. verfestigten Schicht des Bauteils.

30

In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das mechanische Anregen einer Mehrzahl von additiv aufgebauten Schichten des Bauteils.

35

Das Verfahren umfasst weiterhin das Messen eines mechanischen Antwortsignals des, insbesondere bis zu diesem Zeitpunkt auf-

gebauten, Bauteils. Das Antwortsignal umfasst vorzugsweise eine Information über das mechanische Verhalten des Bauteils, insbesondere eine Information über das mechanische Antwortverhalten auf das mechanische Anregen bzw. die Anregung.

5

Das Verfahren umfasst weiterhin das Anzeigen einer Warnung und/oder das Durchführen eines Abbruchs der additiven Herstellung des Bauteils wenn das mechanische Antwortsignal oder ein oder mehrere Messwerte des Antwortsignals außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt/liegen, wobei das mechanische Antwortsignal für das Anzeigen der Warnung und/oder das Durchführen des Abbruchs mit einem simulierten oder berechneten Wert verglichen wird. Der Wert kann beispielsweise auf einer Simulation, beispielsweise einer Finite-Elemente-Analyse, beruhen. Der simulierte oder berechnete Wert kann den vorbestimmten Toleranzbereich definieren.

Der vorbestimmte Toleranzbereich bezeichnet vorzugsweise einen Wertebereich, für den und soweit das mechanische Antwortsignal innerhalb dieses vorbestimmten Toleranzbereichs liegt, das Bauteil mit einer hinreichenden Materialqualität oder Fehlerfreiheit hergestellt oder aufgebaut wurde.

In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das Anzeigen einer Warnung oder das Durchführen eines Abbruchs der additiven Herstellung des Bauteils, wenn das mechanische Antwortsignal oder ein oder mehrere Messwerte des Antwortsignals außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegen.

In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das Anzeigen einer Warnung, wenn das mechanische Antwortsignal oder ein oder mehrere Messwerte des Antwortsignals außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist der vorbestimmte Toleranzbereich vorzugsweise ein erster vorbestimmter Toleranzbereich.

In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das Durchführen eines Abbruchs der additiven Herstellung des Bauteils, wenn

das mechanische Antwortsignal oder ein oder mehrere Messwerte des Antwortsignals außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist der vorbestimmte Toleranzbereich vorzugsweise ein zweiter vorbestimmter Toleranzbereich.

10 In einer Ausgestaltung wird die Warnung angezeigt, wenn das mechanische Antwortsignal außerhalb des ersten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

15 In einer Ausgestaltung wird der Abbruch der additiven Herstellung des Bauteils durchgeführt, wenn das mechanische Antwortsignal außerhalb des zweiten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

20 In einer Ausgestaltung ist der zweite vorbestimmte Toleranzbereich größer als der erste vorbestimmte Toleranzbereich.

25 Durch diese Ausgestaltungen kann mit Vorteil eine höhere Toleranz für einen Abbruch des Herstellungsverfahrens definiert werden, wobei einem Anwender des Verfahrens durch die Warnung anheimgestellt werden kann, ob das Verfahren beispielsweise auch bei einem (wesentlichen) Strukturfehler des Bauteils komplett abubrechen ist.

30 Wenn nachfolgend der vorbestimmte Toleranzbereich genannt ist, kann insbesondere der erste vorbestimmte Toleranzbereich oder der zweite vorbestimmte Toleranzbereich gemeint sein.

35 Entsprechend der oben genannten Ausgestaltungen kann das Messen des mechanischen Antwortsignals nach jeder einzelnen oder nach einer Mehrzahl von aktuell aufgebauten Schichten des Bauteils durchgeführt werden.

In einer Ausgestaltung wird das additiv herzustellende Bauteil zusammen mit einem Bauteilsubstrat angeregt, auf welchem das Bauteil hergestellt oder aufgebaut wird. Dementsprechend umfasst das Antwortsignal vorzugsweise eine Information über

das mechanische Verhalten oder die mechanischen Eigenschaften sowohl des bis dahin oder teilweise hergestellten Bauteils als auch des Bauteilssubstrats.

- 5 Bei der Bezeichnung des Ausdrucks „Bauteil“ kann vorliegend insbesondere das herzustellende Bauteil sowie das teilweise oder fertig hergestellte Bauteil und optional ebenso das Bauteilssubstrat gemeint sein.
- 10 Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur additiven Herstellung eines Bauteils, umfassend eine Einrichtung zum mechanischen Anregen mindestens einer additiv aufgebauten Schicht des Bauteils und/oder bzw. zusammen mit einem Bauteilssubstrat. Die Vorrichtung umfasst
- 15 weiterhin eine Messeinheit zum Messen eines mechanischen Antwortsignals des Bauteils bzw. zusammen mit dem Bauteilssubstrat. Die Vorrichtung kann das Bauteilssubstrat umfassen. Die Vorrichtung umfasst weiterhin eine Kontrolleinheit, wobei die Kontrolleinheit ausgebildet ist, eine Warnung anzuzeigen
- 20 und/oder einen Abbruch der additiven Herstellung durchzuführen, wenn das mechanische Antwortsignal außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

In einer Ausgestaltung umfasst die Messeinheit einen Schall-,  
25 Vibrations-, und/oder Beschleunigungsaufnehmer, ein Laservibrometer und/oder einen piezoelektrischen Sensor. Gemäß dieser Ausgestaltung kann das Bauteil besonders zweckmäßig für die Materialprüfung mechanisch angeregt werden.

- 30 Als Vorteil wird mit der vorliegenden Erfindung insbesondere ein „Frühwarnsystem“ angegeben, womit insbesondere die Herstellungsvorrichtung vor Beschädigungen geschützt werden kann. Weiterhin kann durch das Anzeigen der Warnung und/oder das Durchführen des Abbruchs (Prozessabbruchs) das additive
- 35 Herstellungsverfahren effizienter gemacht werden, da keine Herstellungs- oder Maschinenlaufzeit mehr für den additiven Aufbau eines bereits beschädigten oder strukturell unbrauchbaren Bauteils „vergeudet“ werden muss. Mit anderen Worten

können auf diese Weise unnötige Maschinenlaufzeiten ausgeschlossen oder verhindert werden.

In einer Ausgestaltung wird das mechanische Anregen mittels  
5 Schall, Vibrationen und/oder Schwingungen, beispielsweise piezoelektrisch, durchgeführt.

In einer Ausgestaltung sind das mechanische Anregen und/oder  
das Messen des mechanischen Antwortsignals Teil einer akustischen  
10 Resonanz- oder Schwingungsanalyse, einer Schallemissionsanalyse, einer Ultraschallprüfung und/oder einer Vibrationsprüfung. Auf diese Weise kann die Materialprüfung des Bauteils besonders zweckmäßig erfolgen.

15 Entsprechend der vorherig beschriebenen Ausgestaltungen ist die Einrichtung zum mechanischen Anregen der Vorrichtung vorzugsweise entsprechend der beschriebenen Prüfverfahren oder Analysemethoden ausgebildet. Bei den beschriebenen Verfahren handelt es sich vorzugsweise um dem Fachmann bekannte Verfahren  
20 der zerstörungsfreien Materialprüfung.

In einer Ausgestaltung wird für das mechanische Anregen und/oder das Messen des mechanischen Antwortsignals ein charakteristisches Frequenzspektrum des Bauteils und/oder der  
25 Bauteilplattform herangezogen. Vorzugsweise beschreibt das beschriebene Frequenzspektrum ein charakteristisches Spektrum von Bauteilssubstrat und zumindest teilweise darauf aufgebautem Bauteil. Bei dem charakteristischen Frequenzspektrum kann es sich beispielsweise um eine Resonanzkurve des Bauteils  
30 handeln.

In einer Ausgestaltung wird das Verfahren derart durchgeführt und/oder ist die Vorrichtung derart ausgebildet, dass ein  
Strukturfehler oder -defekt in der Schicht und/oder eine Ablösung des Bauteils vom Bauteilssubstrat dazu führt, dass das  
35 mechanische Antwortsignal außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegt. Bei dem Strukturfehler kann es sich beispielsweise um einen Riss, eine Fehlstelle, eine Versetzung

und/oder eine Ausbildung von bestimmten Korngrößen in der Struktur des Bauteils handeln. Ein Riss im Bauteil führt beispielsweise lediglich zu einer kleinen Abweichung des mechanischen Antwortsignals oder eines Messwerts desselben von einem Sollwert, wobei vorzugsweise lediglich der erste oben genannte vorbestimmte Toleranzbereich „überschritten“ wird, aber nicht der zweite vorbestimmte Toleranzbereich. Hingegen führt eine Ablösung des Bauteils vom Bauteilsubstrat vorzugsweise dazu, dass das Antwortsignal auch den zweiten vorbestimmten Toleranzbereich überschreitet (siehe oben).

In einer Ausgestaltung wird das mechanische Antwortsignal für das Anzeigen der Warnung und/oder das Durchführen des Abbruchs mit einem mechanischen Antwortsignal, beispielsweise insbesondere einem oder mehreren Messwerten, mindestens einer zuvor, d.h. vor der eigentlichen Schicht, additiv aufgebauten Schicht verglichen. Insbesondere kann ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt werden. Der beschriebene Wert oder Messwert der zuvor aufgebauten Schicht kann den vorbestimmten Toleranzbereich definieren.

In einer Ausgestaltung wird durch eine, vorzugsweise automatische Mustererkennung erkannt, ob das mechanische Antwortsignal oder Messwerte desselben innerhalb oder außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegen.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein additives Herstellungsverfahren umfassend das beschriebene Verfahren zur Prüfung der Qualität des additiv herzustellenden Bauteils. Das additive Herstellungsverfahren umfasst das additive bzw. schichtweise Herstellen mindestens einer weiteren Schicht für das Bauteil, wenn das mechanische Antwortsignal innerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

In einer Ausgestaltung ist oder umfasst das additive Herstellungsverfahren selektives Laserschmelzen, selektives Lasersintern und/oder Elektronenstrahlschmelzen. Vorzugsweise ist

das Verfahren ein Verfahren zum selektiven Laserschmelzen (SLM).

5 In einer Ausgestaltung umfasst das additive Herstellungsverfahren einen Verfestigungsschritt, wobei das mechanische Anregen (auch) während einer Verfestigung einzelner additiv aufgebauter oder hergestellter Schichten des Bauteils durchgeführt wird.

10 In einer Ausgestaltung werden - ausgehend von dem mechanischen Antwortsignal - Parameter der Herstellung des Bauteils zur Vermeidung von Fehlern oder Schäden, beispielsweise (weiteren) Material-, Vorrichtungs-, oder Folgeschäden angepasst. Mit Vorteil kann dadurch unter Umständen in situ auf einen  
15 Herstellungsfehler im oder am Bauteil durch eine Anpassung der Parameter reagiert und auf eine Neuherstellung des Bauteils verzichtet werden.

20 Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Bauteil, welches durch das beschriebene Verfahren hergestellt wird oder herstellbar ist.

25 Das beschriebene Bauteil weist gemäß dem beschriebenen Herstellungsverfahren vorzugsweise spezifische und/oder charakteristische Eigenschaften auf. Beispielsweise kann das Bauteil hinsichtlich seiner Struktur- oder Oberflächeneigenschaften durch einschlägige Verfahren der Oberflächen- oder Strukturanalyse, welche mittels anderer Verfahren hergestellt wurden oder herstellbar sind, unterschieden werden. Solche  
30 Verfahren sind beispielsweise Transmissionselektronenmikroskopie, energiedispersive Röntgenanalyse und/oder Röntgenfluoreszenzanalyse.

35 Ausgestaltungen, Merkmale und/oder Vorteile, die sich vorliegend auf das Verfahren beziehen, können sich ebenfalls auf die Vorrichtung und/oder das Bauteil beziehen, und umgekehrt.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind in den einzelnen Figuren jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

5

Figur 1 zeigt schematisch eine Schnitt- oder Seitenansicht einer Vorrichtung zur additiven Herstellung eines Bauteils oder Werkstücks.

10 Figur 2 deutet schematisch zumindest einen Teil eines Verfahrens zur Prüfung des Bauteils gemäß einer ersten Ausgestaltung an.

15 Figur 3 deutet schematisch zumindest einen Teil eines Verfahrens zur Prüfung des Bauteils gemäß einer weiteren Ausgestaltung an.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 100. Die Vorrichtung 100 ist vorzugsweise eine Vorrichtung zur additiven Herstellung eines Bauteils oder Werkstücks 1.

Anhand der Vorrichtung 100 wird ein Verfahren zur Prüfung, insbesondere Materialprüfung, des Bauteils 1 beschrieben. Weiterhin wird ein additives Herstellungsverfahren für das Bauteil 1 angedeutet bzw. beschrieben.

Das Bauteil 1 kann ein gemäß einer vorbestimmten oder gewünschten Geometrie hergestellter oder herstellbarer dreidimensionaler Gegenstand sein, welcher gemäß dem additiven Herstellungsverfahren, beispielsweise einem SLM-Verfahren (selektives Laserschmelzen), durch eine Vielzahl einzelner Schichten (vergleiche beispielsweise Bezugszeichen 2 und 2' in Figur 2) aufgebaut wird.

35 Bei dem Bauteil 1 kann es sich um eine Turbinenkomponente, beispielsweise ein Teil im Heißgaspfad einer Gasturbine, beispielsweise aus einer nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung, handeln.

In Figur 1 ist das Bauteil 1 vorzugsweise nur teilweise und nicht fertig hergestellt, d.h. während seiner additiven Herstellung gezeigt.

5

Die Vorrichtung 100 umfasst eine Bauteilplattform oder ein Bauteilsubstrat 3. Das Bauteilsubstrat 3 ist absenkbar, beispielsweise relativ zu weiteren Komponenten der Vorrichtung 100. Nach der Herstellung einer einzelnen Schicht des Bauteils oder für das Bauteil 1, wird das Bauteilsubstrat 3 vorzugsweise um ein der Schichtdicke entsprechendes Maß abgesenkt und anschließend einzeln beispielsweise mit einem Laserstrahl aufgeschmolzen und verfestigt. Eine entsprechende Laser- oder Verfestigungsvorrichtung ist in den Figuren nicht explizit gezeigt.

10  
15

Beim selektiven Laserschmelzen (SLM-Verfahren) wird im Rahmen der Verfestigung ein Pulverbett gerastert und/oder vorzugsweise gemäß einer vorgegebenen Verfestigungs- oder Belichtungsgeometrie verfestigt. Entsprechende Daten für die Verfestigung werden vorzugsweise direkt einer 3D CAD-Datei entnommen.

20

Alternativ zum SLM-Verfahren kann das beschriebene additive Herstellungsverfahren selektives Lasersintern (SLS) oder Elektronenstrahlschmelzen (EBM) sein.

25

Die Vorrichtung 100 umfasst weiterhin eine Pulverzuführung oder Pulverzuführungseinrichtung 20.

30

Die Vorrichtung 100 umfasst weiterhin eine Pulverabführung oder Pulverabführungseinrichtung 21.

Die Vorrichtung 100 umfasst weiterhin eine Beschichtereinheit oder eine Rakel 7. Mithilfe der Beschichtereinheit 7 wird Pulver 8 für das Bauteil 1 vorzugsweise aus der Pulverzuführung 20 entnommen und (schichtweise) für jeden einzelnen Herstellungsschritt in einem Herstellungsraum auf dem Bauteil-

35

substrat 3 verteilt (vergleiche Verteilung entlang Richtung A in Figur 1). Überschüssiges Pulver 8 wird von der Beschichtungseinheit 7 in die Pulverabführung 21 verschoben.

- 5 Die Pulverzuführung 20 und/oder die Pulverabführung 21 können ihrerseits absenkbare Plattformen (nicht explizit gekennzeichnet) umfassen.

Die Vorrichtung 100 weist weiterhin eine Einrichtung 4 zum  
10 mechanischen Anregen des Bauteils 1 auf. Vorzugsweise wird das Bauteil 1 bei dem mechanischen Anregen zusammen mit dem Bauteilsubstrat 3 angeregt, da das Bauteil 1 oder einzelne Schichten des Bauteils 1 vorzugsweise stoffschlüssig oder metallurgisch mit dem Bauteilsubstrat 3 verbunden sind. Dazu  
15 ist die Einrichtung 4 vorzugsweise an einer Unterseite des Bauteilsubstrats 3 angeordnet und physisch mit dem Bauteilsubstrat 3 verbunden. Die Einrichtung 4 kann beispielsweise Schall, Vibrationen oder Schwingungen erzeugen. Demgemäß kann die Einrichtung 4 ein piezoelektrisches Element sein oder um-  
20 fassen. Die Einrichtung 4 kann weiterhin zum mechanischen Anregen mittels akustischer Resonanz- oder Schwingungsanalyse, Schallemissionsanalyse, Vibrationsprüfung und/oder Ultraschallprüfung ausgelegt sein.

- 25 Bei dem charakteristischen Frequenzspektrum kann es sich um eine zu messende Resonanz, beispielsweise eine Resonanzkurve des Bauteils 1, auf dem Bauteilsubstrat 3 handeln.

Insbesondere kann die Einrichtung 4, vorzugsweise im Fall ei-  
30 ner Material- oder Strukturprüfung mittels Resonanz- oder Schwingungsanalyse, ausgelegt sein, das Bauteil 1 mittels eines charakteristischen Frequenzspektrums resonant anzuregen. Beispielsweise kann eine Vielzahl von verschiedenen Schwingungsmoden des Bauteils 1 durch die Einrichtung 4 resonant  
35 angeregt werden. Als Antwort auf diese Resonanz oder Anregung wird vorzugsweise ein mechanisches Antwortsignal des Bauteils 1 auf dem Bauteilsubstrat 3 gemessen.

Dazu weist die Vorrichtung 100 weiterhin eine Messeinheit 5 auf. Die Messeinheit 5 ist vorzugsweise an einer Unterseite des Bauteilssubstrats 3 angeordnet. Die Messeinheit 5 ist ausgelegt, ein oder mehrere mechanische Antwortsignale des (bis  
5 dahin) zumindest teilweise hergestellten oder aufgebauten Bauteils 1 zu messen, aufzunehmen oder zu registrieren. Demgemäß kann die Messeinheit 5 einen Schall-, Vibration- oder Beschleunigungsaufnehmer aufweisen. Insbesondere kann die Messeinheit 5 ein Laservibrometer oder einen piezoelektrischen Sensor umfassen.  
10

Bei den Antwortsignalen oder dementsprechenden Messwerten handelt es sich vorzugsweise um Schwingungssignale des Bauteils 1 zusammen mit dem Bauteilssubstrat 3, welche sich gemäß  
15 dem Fortgang der Herstellung des Bauteils 1 von Schicht zu Schicht nur wenig unterscheiden.

Die Vorrichtung 100 weist weiterhin eine Kontrolleinheit 6 auf. Die Kontrolleinheit 6 ist, zweckmäßigerweise elektrisch,  
20 mit der Einrichtung 4 und der Messeinheit 5 verbunden. Die Kontrolleinheit 6 ist vorzugsweise ausgebildet, eine Warnung anzuzeigen und/oder einen Abbruch der additiven Herstellung durchzuführen, wenn ein mechanisches Antwortsignal außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.  
25

Das vorgestellte Verfahren umfasst das mechanische Anregen einer oder einer Mehrzahl von additiv aufgebauten oder herzustellen Schichten des Bauteils während der additiven Herstellung des Bauteils 1.  
30

Vorzugsweise erfolgt das mechanische Anregen nach dem Verfestigen oder Herstellen jeder einzelnen hergestellten oder aufgebauten Schicht für das Bauteil 1. Alternativ kann das mechanische Anregen nach dem Verfestigen oder Herstellen zweier  
35 oder mehrerer Schichten für das Bauteil 1 erfolgen. Das mechanische Anregen kann beispielsweise auch während der Verfestigung des Pulvers 8 mit einem Laserstrahl erfolgen.

Das Verfahren umfasst weiterhin das Messen des mechanischen Antwortsignals. Vorzugsweise umfasst das Antwortsignal Informationen über das Schwingungsverhalten, insbesondere über die Eigen- oder Resonanzfrequenzen des Bauteils 1 zusammen mit dem Bauteilsubstrat 3, auf dem das Bauteil 1 hergestellt wird.

Weiterhin umfasst das Verfahren das Anzeigen einer Warnung und/oder das Durchführen eines Prozessabbruchs oder Abbruchs der Herstellung des Bauteils, wenn das mechanische Antwortsignal bzw. ein oder mehrere Messwerte desselben außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegen.

Der vorbestimmte Toleranzbereich bezeichnet vorzugsweise einen Wertebereich, beispielsweise von Messwerten zum Schwingungsverhalten, des oder für das Antwortsignal, im Rahmen dessen das Bauteil 1 als zumindest weitgehend fehlerfrei aufgebaut zu qualifizieren ist.

Vorliegend können im Rahmen des beschriebenen Verfahrens ein erster vorbestimmter Toleranzbereich und ein zweiter vorbestimmter Toleranzbereich bestimmt oder definiert werden, wobei der zweite vorbestimmte Toleranzbereich vorzugsweise größer oder weiter gefasst ist als der erste vorbestimmte Toleranzbereich.

Der erste und der zweite vorbestimmte Toleranzbereich sind vorzugsweise derart gewählt, dass, wenn ein mechanisches Antwortsignal beispielsweise lediglich außerhalb des ersten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt, eine Warnung an einen Benutzer oder Anwender ausgegeben wird. Falls ein mechanisches Antwortsignal beispielsweise ebenfalls außerhalb des zweiten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt, wird vorzugsweise das gesamte Herstellungsverfahren abgebrochen.

35

Figur 2 zeigt eine schematische Schnitt- oder Seitenansicht der Vorrichtung 100 (eine Beschichtereinheit, eine Pulverzuführung und auch eine Pulverabführung sind im Gegensatz zu

Figur 1 nicht gezeigt). Figur 2 zeigt insbesondere ein teilweise hergestelltes Bauteil 1 auf dem Bauteilsubstrat 3. Es ist weiterhin eine aktuell oder zuletzt aufgebaute, d.h. verfestigte Schicht 2 gezeigt. Die Schicht 2 ist auf einer zuvor, d.h. vor der Schicht 2, aufgebauten Schicht 2' hergestellt, aufgebaut oder verfestigt worden.

Die Schicht 2' weist vorzugsweise keine wesentlichen Strukturdefekte, wie beispielsweise Kristallfehler, Fehlstellen, Versetzungen oder sonstige durch mechanische Anregung detektierbare Fehler auf. Dementsprechend ist das Antwortsignal (nicht explizit gekennzeichnet) der Schicht 2' von dem beschriebenen Verfahren vorzugsweise innerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs angesiedelt und es braucht weder eine Warnung angezeigt, noch der Herstellungsprozess abgebrochen werden.

Die Schicht 2 weist einen mit dem Bezugszeichen 10 gekennzeichneten Strukturfehler 10 (siehe oben) auf. Zweckmäßigerweise ist der Strukturfehler derart groß oder gravierend, dass mittels des beschriebenen Verfahrens, über das Antwortsignal vorteilhafterweise eine Abweichung z.B. des Schwingungs- oder Vibrationsverhaltens, wie oben beschrieben, gemessen werden kann. Beispielsweise weicht also die Resonanzkurve des Antwortsignals derart von einer zu erwartenden oder Soll-Resonanzkurve ab, dass das entsprechende Antwortsignal vorzugsweise lediglich außerhalb des ersten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt. Daraufhin wird einem Anwender des oder der Verfahrens vorzugsweise eine Warnung angezeigt und er kann selbst entscheiden, ob der ganze Herstellungsprozess abgebrochen werden muss, oder bspw. lediglich Parameter der Herstellung korrigiert und/oder angepasst werden müssen.

Die genannte Warnung kann insbesondere zweckmäßig sein, da die Fertigstellung eines beispielsweise hinsichtlich seiner Mikrostruktur unbrauchbaren Bauteils 1 in unnötiger Weise Maschinenlaufzeit und Material verbraucht.

Das Antwortsignal der Schicht 2 kann für ein eventuelles An-  
zeigen der Warnung und/oder das Abbrechen der Herstellung des  
Bauteils, beispielsweise mit dem entsprechenden mechanischen  
Antwortsignal der Schicht 2', welche direkt unterhalb der  
5 Schicht 2 angeordnet ist, verglichen werden. Alternativ oder  
zusätzlich kann das Antwortsignal der Schicht 2 für das An-  
zeigen der Warnung und/oder das Abbrechen der Herstellung des  
Bauteils, beispielsweise mit einem berechneten oder simulier-  
ten Wert oder Messwert für das Antwortsignal verglichen wer-  
10 den. Der genannte Wert kann einer rechnergestützten Konstruk-  
tion des Bauteils und/oder einer Finite-Elemente-Analyse ent-  
stammen.

Figur 3 zeigt eine schematische Schnitt- oder Seitenansicht  
15 der Vorrichtung 100. Figur 3 zeigt ebenso wie Figur 2 ein  
teilweise hergestelltes Bauteil 1 auf dem Bauteilsubstrat 3.  
Es ist bspw. angedeutet, dass es während der Herstellung der  
Schicht 2 oder zu einem anderen Zeitpunkt der additiven Her-  
stellung des Bauteils 1 zu einer Ablösung des Bauteils 1 vom  
20 Bauteilsubstrat 3 kommt (vergleiche gestrichelten Kreis 11).  
Eine solche Ablösung kann, beispielsweise durch eine Kollisi-  
on mit der Beschichtereinheit (vgl. Bezugszeichen 7 in Figur  
1) zu einer Schädigung der Vorrichtung 100 führen.

25 Die Ablösung führt - im Vergleich zu einem Strukturfehler in  
lediglich einer einzelnen Schicht des Bauteils 1 (vgl. Be-  
zugszeichen 10 in Figur 2) - vorzugsweise zu einer größeren  
Abweichung des Antwortsignals von einem zu erwartenden Ant-  
wortsignal, welches im Falle eines zweckmäßig aufgebauten und  
30 im Wesentlichen strukturfehlerfreien Bauteil von der Messein-  
heit 5 gemessen wird. Der Grund der im Vergleich zu einem  
Strukturfehler vergrößerten Abweichung des Antwortsignals von  
dem zu erwartenden Antwortsignal und über den zweiten vorbe-  
stimmten Toleranzbereich hinaus, liegt vorzugsweise in der  
35 größeren Änderung der Eigenfrequenz(en) oder Resonanzen des  
Verbunds von Bauteilsubstrat 3 und Bauteil 1 durch die Ablö-  
sung.

Dementsprechend wird für das Bauteil 1 in Figur 3 vorzugsweise ein Antwortsignal gemessen, welches sowohl außerhalb des ersten als auch des zweiten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt. Folglich wird die Herstellung des Bauteils 1 vorzugsweise automatisch abgebrochen. Optional kann dem Benutzer ebenfalls eine Warnung angezeigt werden.

Die Kontrolleinheit 6 kann beispielsweise derart ausgebildet sein, ein Antwortsignal über eine Mustererkennung zu messen oder zu identifizieren und dann entsprechend zu entscheiden, ob das Antwortsignal oder beispielsweise dementsprechende Messwerte innerhalb oder außerhalb der genannten vorbestimmten Toleranzbereiche liegt oder nicht.

Über die Kontrolleinheit 6 können vorzugsweise weiterhin die genannten Toleranzbereiche definiert oder dimensioniert werden. Weiterhin können durch die Kontrolleinheit 6 - ausgehend von dem mechanischen Antwortsignal - Parameter der Herstellung des Bauteils zur Vermeidung von Fehlern oder Schäden, beispielsweise (weiteren) Material-, Vorrichtung-, oder Folgeschäden, angepasst werden. Bei den Parametern kann es sich um das Strahlprofil eines Lasers oder Elektronenstrahls, um eine Pulverförderungsrate, die Größe eines belichteten Bereichs, eine Belichtungsgeschwindigkeit, Parameter der Laserfokussierung, die Laserleistung, eine Flussrate eines Inertgases für die Herstellung, eine Schicht- oder Lagendicke der nacheinander herzustellenden Schichten des Bauteils und/oder Parameter der Verfestigung handeln.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt, sondern umfasst jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen. Dies beinhaltet insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung eines additiv herzustellenden Bauteils (1), umfassend die folgenden Schritte:

5

- mechanisches Anregen mindestens einer additiv aufgebauten Schicht (2) des Bauteils (1) während einer additiven Herstellung des Bauteils (1),

10

- Messen eines mechanischen Antwortsignals des Bauteils (1), und

15

- Anzeigen einer Warnung und/oder Durchführen eines Abbruchs der additiven Herstellung des Bauteils (1), wenn das mechanische Antwortsignals außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt, wobei das mechanische Antwortsignal für das Anzeigen der Warnung und/oder das Durchführen des Abbruchs mit einem simulierten oder berechneten Wert verglichen wird.

20

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das mechanische Anregen mittels Schall, Vibrationen und/oder Schwingungen, beispielsweise piezoelektrisch, durchgeführt wird.

25

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das mechanische Anregen und das Messen Teile einer akustischen Resonanz- oder Schwingungsanalyse, einer Schallemissionsanalyse, einer Ultraschallprüfung oder einer Vibrationsprüfung sind.

30

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei für das mechanische Anregen und das Messen des mechanischen Antwortsignals ein charakteristisches Frequenzspektrum des Bauteils (1) herangezogen wird.

35

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, welches derart durchgeführt wird, dass ein Strukturfehler (10) in der Schicht (2) oder eine Ablösung (11) des Bauteils (1) von einem Bauteilsubstrat (3) dazu führt, dass das mechanische Antwortsignal außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das additiv herzustellende Bauteil (1) zusammen mit einem Bauteilsubstrat (3) angeregt wird, auf welchem das Bauteil  
5 (1) additiv hergestellt wird.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mechanische Antwortsignal für das Anzeigen der Warnung und/oder das Durchführen des Abbruchs mit einem mechanischen  
10 Antwortsignal mindestens einer zuvor additiv aufgebauten Schicht (2') verglichen wird.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Warnung angezeigt wird, wenn das mechanische Antwortsig-  
15 nal außerhalb eines ersten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt und wobei der Abbruch der additiven Herstellung des Bauteils (1) durchgeführt wird, wenn das mechanische Antwort-  
signal außerhalb eines zweiten vorbestimmten Toleranzbereichs liegt und wobei der zweite vorbestimmte Toleranzbereich grö-  
20 ßer ist als der erste vorbestimmte Toleranzbereich.

9. Additives Herstellungsverfahren umfassend das Verfahren zur Prüfung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, umfas-  
send das additive Herstellen mindestens einer weiteren  
25 Schicht (2') für das Bauteil, wenn das mechanische Antwort-  
signal innerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

10. Additives Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 9, welches einen Verfestigungsschritt umfasst und wobei das mechanische  
30 Anregen während einer Verfestigung einzelner additiv aufge-  
bauter Schichten des Bauteils (1) durchgeführt wird.

11. Additives Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 9 oder 10, wobei - ausgehend von dem mechanischen Antwortsignal - Para-  
35 meter der Herstellung des Bauteils (1) zur Vermeidung von  
Fehlern oder Schäden angepasst werden.

12. Additives Herstellungsverfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, welches selektives Laserschmelzen, selektives Lasersintern oder Elektronenstrahlschmelzen umfasst.

5 13. Vorrichtung (100) zur additiven Herstellung eines Bauteils (1), umfassend eine Einrichtung (4) zum mechanischen Anregen mindestens einer additiv aufgebauten Schicht (2) des Bauteils (1), eine Messeinheit (5) zum Messen eines mechanischen Antwortsignals des Bauteils (1) und eine Kontrolleinheit (6), wobei die Kontrolleinheit (6) ausgebildet ist, eine  
10 Warnung anzuzeigen und/oder einen Abbruch der additiven Herstellung durchzuführen, wenn das mechanische Antwortsignal außerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

15 14. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 13, wobei die Messeinheit (5) einen Schall-, Vibration-, oder Beschleunigungsaufnehmer, ein Laservibrometer und/oder einen piezoelektrischen Sensor umfasst.



FIG 2

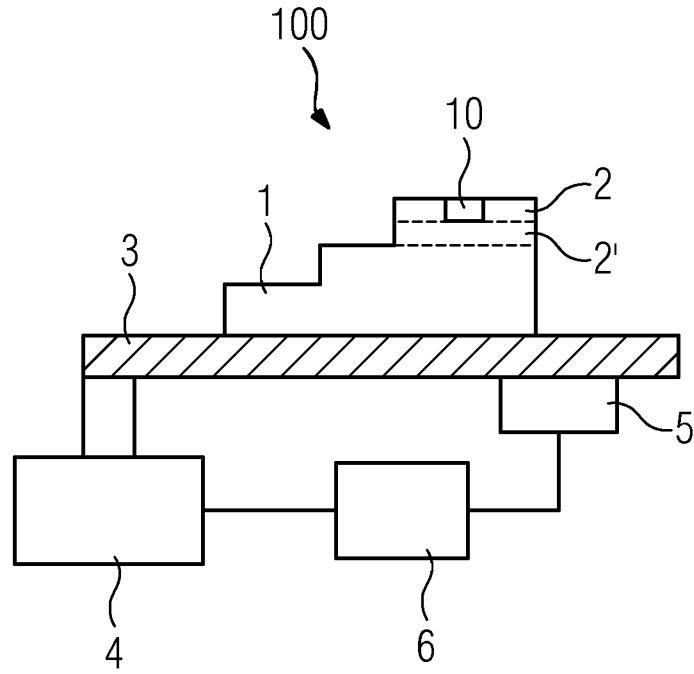
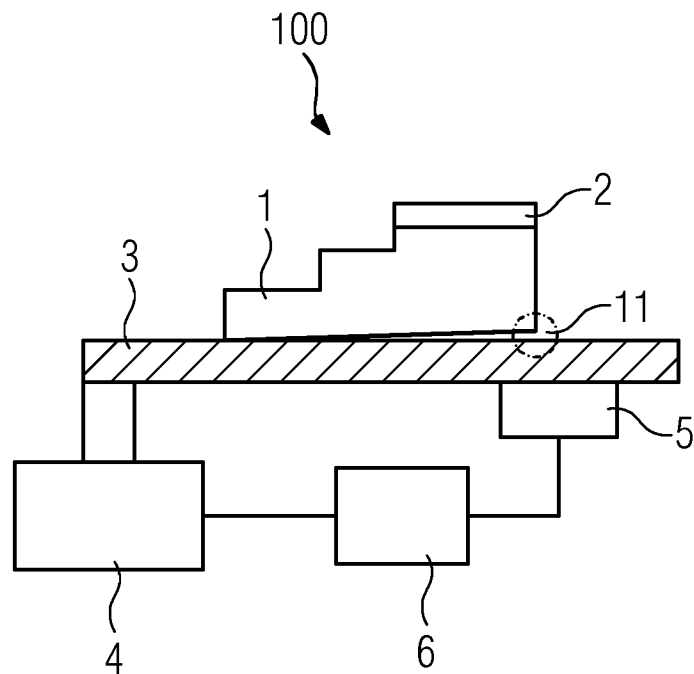


FIG 3



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2016/079730

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B22F3/105 B29C67/00  
 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 B29C

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	DE 10 2011 008774 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 19 July 2012 (2012-07-19) paragraphs [0034] - [0043]; figures 1,2 -----	1-14
X	EP 1 815 936 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 8 August 2007 (2007-08-08) paragraphs [0030] - [0062]; figure 1 -----	1-14
X	WO 2015/109096 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 23 July 2015 (2015-07-23) paragraphs [0033] - [0044] figures 1-6 -----	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family 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 application or patent 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  
 7 March 2017

Date of mailing of the international search report  
 15/03/2017

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  
 Forestier, Gilles

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/079730

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011008774 A1	19-07-2012	DE 102011008774 A1	19-07-2012
		WO 2012097799 A2	26-07-2012
-----			
EP 1815936 A1	08-08-2007	EP 1815936 A1	08-08-2007
		US 2007176312 A1	02-08-2007
-----			
WO 2015109096 A1	23-07-2015	EP 3094967 A1	23-11-2016
		US 2016325541 A1	10-11-2016
		WO 2015109096 A1	23-07-2015
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B22F3/105 B29C67/00  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 B22F B29C

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	DE 10 2011 008774 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 19. Juli 2012 (2012-07-19) Absätze [0034] - [0043]; Abbildungen 1,2 -----	1-14
X	EP 1 815 936 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 8. August 2007 (2007-08-08) Absätze [0030] - [0062]; Abbildung 1 -----	1-14
X	WO 2015/109096 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 23. Juli 2015 (2015-07-23) Absätze [0033] - [0044] Abbildungen 1-6 -----	1-14



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. März 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/03/2017

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

Forestier, Gilles

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/079730

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011008774 A1	19-07-2012	DE 102011008774 A1	19-07-2012
		WO 2012097799 A2	26-07-2012
-----			
EP 1815936 A1	08-08-2007	EP 1815936 A1	08-08-2007
		US 2007176312 A1	02-08-2007
-----			
WO 2015109096 A1	23-07-2015	EP 3094967 A1	23-11-2016
		US 2016325541 A1	10-11-2016
		WO 2015109096 A1	23-07-2015
-----			