

(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
4. Februar 2016 (04.02.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/015695 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B22F 3/105 (2006.01) *B29C 67/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2015/000261

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Mai 2015 (20.05.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 214 939.8 30. Juli 2014 (30.07.2014) DE

(71) Anmelder: **MTU AERO ENGINES AG** [DE/DE];
Dachauer Straße 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder: **HESS, Thomas**; Boosstraße 14, 81541
München (DE). **SCHLICK, Georg**; Hamburger Straße 24,
80809 München (DE). **LADEWIG, Alexander**; Finner 6,
83707 Bad Wiessee (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, 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,
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: CAMERA-BASED DETERMINING OF ROUGHNESS FOR ADDITIVELY MANUFACTURED COMPONENTS

(54) Bezeichnung : KAMERABASIERTE RAUHEITSBESTIMMUNG FÜR GENERATIV HERGESTELLTE BAUTEILE

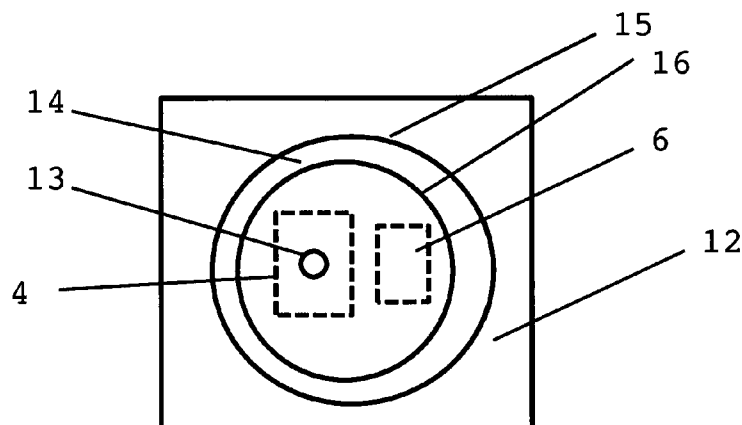


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for the additive manufacturing of components by the layer-by-layer joining of powder particles to one another and/or to an already created pre-product or substrate, via the selective interaction of the powder particles with a high-energy beam (13) to create a layer, wherein a formed layer (14) is captured using a camera (6), wherein a contour of the deposited layer (14) is determined from an image of the deposited layer captured by the camera (6), and wherein the roughness of the surfaces of the formed components is determined from the contour.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/015695 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur generativen Herstellung von Bauteilen durch schichtweises Verbinden von Pulverpartikeln untereinander und/oder mit einem bereits erzeugten Halbzeug oder Substrat durch selektive Wechselwirkung der Pulverpartikel mit einem hochenergetischen Strahl (13) zur Bildung einer Schicht, wobei eine gebildete Schicht (14) mit einer Kamera (6) erfasst wird, wobei eine Kontur der abgeschiedenen Schicht (14) aus einem mit der Kamera (6) erfassten Bild der abgeschiedenen Schicht ermittelt wird und wobei die Rauheit der Oberflächen des gebildeten Bauteils aus der Kontur ermittelt wird.

KAMERABASIERTE RAUHEITSBESTIMMUNG FÜR GENERATIV HERGESTELLTE BAUTEILE

HINTERGUND DER ERFINDUNG

5 GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur generativen Herstellung von Bauteilen durch schichtweises Verbinden von Pulverpartikeln untereinander und/oder mit einem bereits erzeugten Halbzeug oder Substrat durch selektive Wechselwirkung der Pulverpartikel mit einem hochenergetischen Strahl, insbesondere ein Verfahren zum selektiven Laser-
10 oder Elektronenstrahlschmelzen.

STAND DER TECHNIK

Generative Herstellungsverfahren zur Herstellung eines Bauteils, wie beispielsweise selektives Laserschmelzen, selektives Elektronenstrahlschmelzen oder Laserauftragsschweißen, bei denen das Bauteil schichtweise unter Einsatz von Pulvermaterial aufgebaut wird, werden in der Indust-
15 rie für das sogenannte rapid tooling, rapid prototyping oder auch für die Herstellung von Serienprodukten im Rahmen des rapid manufacturing eingesetzt. Insbesondere können derartige Verfahren auch zur Herstellung von Turbinenteilen, insbesondere von Teilen für Flugzeugtriebwerke eingesetzt werden, bei denen beispielsweise auf Grund des verwendeten Materials derartige generative Herstellungsverfahren vorteilhaft sind. Ein Beispiel hierfür findet sich in der DE 10
20 2010 050 531 A1.

Bei der generativen Herstellung von Bauteilen mit einem schichtweisen Aufbringen von Material ist es bekannt, den Abscheideprozess zu überwachen, um Abweichungen vom Soll – Zustand, also beispielsweise der gewünschten Form zu erfassen und Abhilfemaßnahmen ergreifen zu können, wie eine Abänderung der Prozessparameter. So wird in der WO 2012/100 766A1 vorge-
25 schlagen, eine optische und thermische Überwachung der abgeschiedenen Schichten einzurichten, um eine direkte und kontinuierliche Prozessüberwachung der generativen Herstellung zu ermöglichen. Bei diesem bekannten Überwachungsverfahren wird die abgeschiedene Schicht in

einer Draufsicht erfasst und die Eigenschaften an der Oberseite werden zur Überwachung bestimmt und ausgewertet. Allerdings ermöglicht die dort vorgeschlagene Überwachung keinen vollständigen Verzicht auf eine Bauteilprüfung nach Herstellung des Bauteils. Üblicherweise werden entsprechend hergestellte Bauteile, bei denen die Oberflächengüte von Bedeutung ist, noch einer Rauheitsmessung unterzogen, um die Oberflächenrauheit zu bestimmen. Dies wird üblicherweise mit einer taktilen Vermessung durchgeführt, was zeitaufwändig ist und für bestimmte Oberflächen des Bauteils schwierig durchzuführen oder unmöglich ist.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

AUFGABE DER ERFINDUNG

- 10 Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur generativen Herstellung von Bauteilen durch schichtweises Verbinden von Pulverpartikeln untereinander und/oder mit einem bereits erzeugten Halbzeug oder Substrat durch selektive Wechselwirkung der Pulverpartikel mit einem hochenergetischen Strahl bereitzustellen, bei dem das oben geschilderte Problem der zusätzlichen Bauteilprüfung zur Bestimmung der Oberflächengüte vermieden werden kann.
- 15 Gleichwohl soll das Verfahren einfach und zuverlässig durchführbar sein, um die entsprechende generative Herstellung in industriellen Prozessen einsetzen zu können.

TECHNISCHE LÖSUNG

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhaft ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

- 20 Die Erfindung schlägt vor, die Rauheit von Oberflächen des zu fertigenden Bauteils mittels der Erfassung der Kontur der einzelnen abgeschiedenen Schichten zu erfassen, sodass eine nachgeschaltete Messung der Rauheit an den Oberflächen des Bauteils vermieden werden kann. Dies hat weiterhin den Vorteil, dass unmittelbar mit den erfassten Werten der weitere Abscheidungsprozess angepasst werden kann, um Nacharbeit oder unzulässige Rauheitswerte zu vermeiden.
- 25 Außerdem können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Rauheitswerte von Oberflächen erfasst werden, die nach Fertigstellung des Bauteils nicht mehr oder nur schwer zugänglich sind, wie Oberflächen von Hohlräumen. Hierzu wird eine abgeschiedene Schicht, die auch als erzeugte Schicht bezeichnet wird, von einer hochauflösenden Kamera erfasst und die Kontur der abge-

schiedenen Schicht bestimmt. Aus der Kontur der abgeschiedenen Schicht kann die Rauheit der quer zur Schichtebene der abgeschiedenen Schicht verlaufenden Oberfläche des hergestellten Bauteils bestimmt werden.

5 Unter Kontur ist die Begrenzungsfläche der erzeugten Schicht gegenüber dem nicht verfestigten Pulver des Schichtauftrags zu verstehen. Die Kontur stellt somit eine Fläche dar, die jedoch auf Grund der begrenzten Dicke der abgeschiedenen Schicht in der Draufsicht als Konturlinie betrachtet werden kann. Die Breite der Kontur bzw. der Konturlinie ergibt sich hierbei aus dem Abstand zwischen der Begrenzungslinie der erzeugten Schicht an der Oberseite der Schicht und an der Unterseite der Schicht in der Draufsicht.

10 Das Verfahren kann insbesondere beim selektiven Laserstrahlschmelzen oder beim selektiven Elektronenstrahlschmelzen eingesetzt werden, sodass als hochenergetische Strahlen Laserstrahlen oder Elektronenstrahlen zum Einsatz kommen können.

15 Die Auflösung der hochauflösenden Kamera, mit welcher Bilder der abgeschiedenen Schichten aufgenommen werden können, um die Bilder hinsichtlich der Kontur der erzeugten Schicht insbesondere in einer automatisierten Auswerteeinheit auszuwerten, kann eine Auflösung im Bereich des Durchmessers oder der maximalen Erstreckung des Auftreffbereichs des hochenergetischen Strahls auf dem Pulver oder eines Bruchteils davon, wie beispielsweise die Hälfte oder ein Drittel des Durchmessers oder der maximalen Erstreckung des Auftreffbereichs aufweisen.

20 Die Rauheit einer Oberfläche des generativ erzeugten Bauteils kann aus dem Vergleich des Soll - Verlaufs und des Ist - Verlaufs der Kontur oder der Konturlinie und/oder aus dem Schattenwurf der Kontur und/oder der Breite der Kontur und/oder der Schärfe der Kontur ermittelt werden.

Der Vergleich des Soll - Verlaufs und des Ist - Verlaufs der Kontur ermöglicht eine direkte Bestimmung von Abweichungen quer zur Oberfläche und somit der Rauheit der Oberfläche.

25 Aus dem Schattenwurf der Kontur können Dickenunterschiede der Schicht, also Unterschiede hinsichtlich der Ausdehnung der Schicht in der Richtung quer zur Schichtebene im Bereich der Kontur ermittelt werden, die ebenfalls Rückschlüsse auf die Rauheit der erzeugten Oberflächen erlauben. Allerdings kann ein Höhenprofil der erzeugten Schicht im Bereich der Kontur, das auf andere Weise aus den Bildinformationen gewonnen werden kann, ebenfalls zur Bestimmung der

Rauheit herangezogen werden. Außerdem gibt der Schattenwurf Hinweise auf die Ausrichtung der Kontur, also der quer zur Schichtebene verlaufenden Begrenzungsfläche der Schicht, die Ebenfalls die Rauheit der Oberfläche bedingt. Hierzu kann auch die Bestimmung der Breite der Konturlinie dienen, die den Abstand der oberen Begrenzungslinie an der Oberseite der Schicht und der unteren Begrenzungslinie an der Unterseite der Schicht in Draufsicht darstellt.

Die Schärfe der Konturlinie, die ein Maß für die exakte Bestimmung der Begrenzungslinien bzw. den möglichen Fehler der Bestimmung der Lage der Begrenzungslinien der erzeugten Schicht darstellt, kann ebenfalls Rückschlüsse auf die Rauheit der Oberfläche ermöglichen.

Zur Bestimmung der Rauheit können die erfassten Werte auch einer weiteren Aufbereitung unterworfen werden. Beispielsweise kann aus den gemessenen Werten des Verlaufs der Konturlinie eine gemittelte Konturlinie bestimmt werden, die der Rauheitsbestimmung zu Grunde gelegt wird.

Die Auswertung der Aufnahmen der abgeschiedenen Schichten kann automatisiert in einer Auswerteeinheit erfolgen, die beispielsweise durch eine programmtechnisch geeignet eingerichtete Datenverarbeitungsanlage realisiert sein kann.

Zur Erfassung der Kontur der abgeschiedenen Schicht können mehrere Aufnahmen mit der hochauflösenden Kamera gemacht werden, insbesondere aus unterschiedlichen Perspektiven und/oder mit unterschiedlicher Beleuchtung.

Die durch die Erfassung der Kontur ermittelten Werte bzw. die daraus bestimmten Rauheitswerte können sowohl zur Dokumentation der Oberflächengüte des erzeugten Bauteils gespeichert werden als auch zur Beeinflussung der Parameter für den Abscheideprozess nachfolgender Schichten und/oder weiterer Bauteile eingesetzt werden, um die Oberflächengüte der erzeugten Bauteile zu optimieren. Entsprechend kann eine Auswerteeinheit das Auswerteergebnis automatisiert einer Steuerungs - und/oder Regelungseinrichtung bereitstellen, sodass die Steuerungs - und/oder Regelungseinrichtung mit dem Auswerteergebnis die Vorrichtung steuern bzw. regeln kann.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die beigelegten Zeichnungen zeigen in rein schematischer Weise in

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur generativen Herstellung von Bauteilen am Beispiel des selektiven Laserschmelzens mit einer Kamera zur Rauheitsbestimmung,
- Fig. 2 eine Darstellung einer Draufsicht auf das Pulverbett beziehungsweise die Bauteilaufnahme einer Vorrichtung aus Fig. 1 mit einer erzeugten Schicht, und in
- Fig. 3 eine teilweise Schnittdarstellung durch eine erzeugte Schicht im Bereich der Kontur.

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Weitere Vorteile, Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen deutlich, wobei die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt ist.

Die Figur 1 zeigt in einer rein schematischen Darstellung eine Vorrichtung 1, wie sie beispielsweise für das selektive Laserschmelzen zur generativen Herstellung eines Bauteils Verwendung finden kann. Die Vorrichtung 1 umfasst einen Hubtisch 2, auf dessen Plattform ein Halbzeug 3 angeordnet ist, auf dem schichtweise Material abgeschieden wird, um ein dreidimensionales Bauteil zu erzeugen. Hierzu wird mittels des Schiebers 8 Pulver, das sich oberhalb eines Hubtisches 9 in einem Pulvervorrat 10 befindet, schichtweise über das Halbzeug 3 geschoben und anschließend durch den Laserstrahl 13 eines Lasers 4 durch Aufschmelzen mit dem bereits vorhandenen Halbzeug 3 verbunden. Nach vollständiger Aufbringung einer Schicht 5 wird der Hubtisch 2 entsprechend der mit dem Doppelpfeil angedeuteten Bewegungsmöglichkeit abgesenkt, um mit dem Schieber 8 eine neue Pulverschicht aufbringen zu können.

Die Verbindung des Pulvermaterials in einer Pulverschicht 5 mit dem Halbzeug 3 erfolgt durch den Laser 4 abhängig von der gewünschten Form des zu fertigenden Bauteils, sodass beliebige, dreidimensionale Formen erzeugt werden können. Entsprechend wird der Laserstrahl 13 über das Pulverbett 12 geführt, um durch unterschiedliche Auftreffpunkte auf dem Pulverbett entsprechend der gewünschten Form des dreidimensionalen Bauteils in der der Pulverschichtebene entsprechenden Schnittebene des zu erzeugenden Bauteils Pulvermaterial aufzuschmelzen und mit dem bereits erzeugten Teil eines Bauteils oder einem anfänglich bereit gestellten Substrat zu

verbinden. Hierbei kann der Laserstrahl 13 durch eine geeignete Ablenkeinheit über die Oberfläche des Pulverbetts 12 geführt werden und/oder das Pulverbett könnte gegenüber dem Laserstrahl 13 bewegt werden.

5 In Fig. 2 ist eine Draufsicht auf das Pulverbett 12 bzw. den Bearbeitungsbereich der Vorrichtung aus Fig. 1 dargestellt, in der eine erzeugte Schicht 14 gezeigt ist. Die erzeugte Schicht 14 ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel ein Ring mit einer Außenkontur 15 und einer Innenkontur 16. Dies bedeutet, dass das zu fertigende Bauteil nach Fertigstellung einen von der Innenkontur 16 begrenzten Hohlraum aufweisen wird.

10 Da die erzeugte Schicht 14 in dem zu fertigenden Bauteil eine Schnittebene bildet, stellen die Außenkontur 15 und die Innenkontur 16 mit den entsprechend der Dicke der erzeugten Schicht 14 quer zur Schichtebene verlaufenden Begrenzungsflächen Oberflächen des fertigen Bauteils dar, sodass die Rauheit der Oberflächen durch den Verlauf der entsprechenden Kontur, d.h. der Außenkontur 15 bzw. der Innenkontur 16 bestimmt wird.

15 Die Kontur 17 der erzeugten Schicht 14 stellt somit, wie in Fig. 3 gezeigt, eine Form dar, die den Bereich der erzeugten Schicht 14 begrenzt, und zwar sowohl seitlich in einer Richtung parallel zur Schichtebene als auch zwischen der Oberseite und der Unterseite der erzeugten Schicht. Entsprechend kann eine Konturlinie 20 definiert werden, die in einer Draufsicht die Begrenzungslinie der erzeugten Schicht darstellt. Die Breite 21 der Konturlinie ergibt sich durch den Abstand der Begrenzungslinien 18,19 der erzeugten Schicht an der Oberseite und der Unterseite der erzeugten Schicht in der Draufsicht.

25 Auf Grund der gegebenen Dicke einer erzeugten Schicht 14 wird dabei die Rauheit der Oberflächen nicht nur durch den Verlauf der Kontur bzw. die Abweichung der Kontur von einer Soll – Kontur in einer Richtung parallel zur Schichtebene bestimmt, sondern auch durch die Ausrichtung der an der Konturlinie ausgebildeten Begrenzungsfläche in Dickenrichtung und/oder den Schichtdickenverlauf an der Konturlinie. Beispielsweise kann eine Ausrichtung der Begrenzungsfläche in Dickenrichtung, die von einer senkrechten Ausrichtung der Begrenzungsfläche zur Schichtebene abweicht, zu Abweichungen von der Soll - Form des Bauteils und somit zu Rauheiten der Bauteiloberfläche führen, wenn in dem erzeugten Bauteil die Bauteiloberfläche in diesem Bereich senkrecht zur Schichtebene verlaufen sollen. Auch Unregelmäßigkeiten im Di-

ckenverlauf der erzeugten Schicht an der Konturlinie können durch Auswirkungen auf die Abscheidung der nächsten Schicht Ursache für Rauheit der erzeugten Bauteiloberflächen sein, sodass die Kenntnis des Schichtdickenverlaufs an der Konturlinie Hinweise auf die Rauheit der dort erzeugten Bauteiloberfläche gibt.

5 Entsprechend ist bei der in der Fig. 1 dargestellten Vorrichtung eine Kamera 6 vorgesehen, die eine Erfassung der erzeugten Schicht 14 und damit der Kontur der einzelnen Schichten eines Bauteils ermöglicht. Durch eine Auswerteeinheit 22, z.B. in Form einer in einer geeigneten Weise programmtechnisch ausgestatteten Datenverarbeitungsanlage, kann eine automatische Erfassung und Auswertung der Kontur einer erzeugten Schicht 14 erfolgen. Bei der Erfassung und
10 Auswertung der erfassten Kontur können die seitliche Abweichung der Ist - Kontur in einer Richtung parallel zur Schichtebene, der Dickenverlauf der erzeugten Schicht 14 an der Konturlinie, die Breite der Konturlinie, die Schärfe der Konturlinie, der Schattenwurf an der Konturlinie etc. herangezogen werden.

Die Auswerteeinheit 22 ist mit der Steuerungs - und/oder Regelungseinrichtung 23 verbunden,
15 um das Auswerteergebnis der Steuerungs - und/oder Regelungseinrichtung 23 zur Verfügung stellen zu können, sodass in Abhängigkeit der erfassten Kontur und/oder Rauheit die Vorrichtung zur generativen Erzeugung eines Bauteils gesteuert und/oder geregelt werden kann.

Um mehrere Aufnahmen der erzeugten Schicht 14 aus unterschiedlichen Perspektiven machen zu können, kann die Kamera 6 beweglich sein oder es können mehrere Kameras (nicht gezeigt)
20 vorgesehen sein. Außerdem kann eine Beleuchtungseinrichtung 7 zur Beleuchtung der erzeugten Schicht 14 bei der Aufnahme mit der Kamera 6 vorgesehen sein, die ebenfalls beweglich ausgestaltet sein kann, um unterschiedliche Beleuchtungseinstellungen zu ermöglichen. Darüber hinaus können auch mehrere Beleuchtungseinrichtungen vorgesehen sein.

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele detailliert beschrieben
25 worden ist, ist für den Fachmann selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern dass vielmehr Änderungen in der Weise möglich sind, dass einzelne Merkmale weggelassen oder andersartige Kombinationen von Merkmalen verwirklicht werden können, solange der Schutzbereich der beigefügten Ansprüche nicht verlassen wird.

Die vorliegende Offenbarung schließt sämtliche Kombinationen der vorgestellten Einzelmerkmale mit ein.

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Vorrichtung zum selektiven Laserschmelzen
	2	Hubtisch
	3	Halbzeug
5	4	Laser
	5	Schicht
	6	Kamera
	7	Beleuchtung
	8	Schieber
10	9	Hubtisch
	10	Pulvervorrat
	11	Gehäuse
	12	Pulverbett
	13	Laserstrahl
15	14	erzeugte Schicht
	15	Außenkontur
	16	Innenkontur
	17	Kontur
	18	Begrenzungslinie an der Oberseite der Schicht
20	19	Begrenzungslinie an der Unterseite der Schicht
	20	Konturlinie in der Draufsicht
	21	Breite der Konturlinie

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur generativen Herstellung von Bauteilen durch schichtweises Verbinden von Pulverpartikeln untereinander und/oder mit einem bereits erzeugten Halbzeug oder Substrat durch selektive Wechselwirkung der Pulverpartikel mit einem hochenergetischen Strahl (13) zur Bildung einer Schicht, wobei eine gebildete Schicht (14) mit einer Kamera (6) erfasst wird,
5
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Kontur der abgeschiedenen Schicht (14) aus einem mit der Kamera (6) erfassten Bild der abgeschiedenen Schicht ermittelt wird und dass die Rauheit einer Oberfläche des gebildeten Bauteils aus der Kontur ermittelt wird.
10
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine hochauflösende Kamera (6) verwendet wird, deren Auflösung die Auflösung eines einzelnen Auftreffbereichs des hochenergetischen Strahls (13) oder der Hälfte oder eines
15
Drittels des Durchmessers oder einer maximalen Erstreckung eines Auftreffbereichs des hochenergetischen Strahls ermöglicht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
20
der hochenergetische Strahl (13) ein Laser - oder Elektronenstrahl ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Rauheit mindestens einer Oberfläche des Bauteils aus dem Vergleich des Soll-Verlaufs und des Ist - Verlaufs der Kontur und/oder aus dem Schattenwurf der Kontur
25
und/oder der Breite der Kontur und/oder der Schärfe der Kontur ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

ein Höhenprofil an der Kontur ermittelt wird und zur Bestimmung der Rauheit einer Oberfläche des Bauteils verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
5 aus der Kontur eine gemittelte Konturlinie bestimmt wird, die zur Bestimmung der Rauheit verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
10 mehrere Aufnahmen einer einzelnen abgeschiedenen Schicht (14) aus unterschiedlichen Perspektiven und/oder mit unterschiedlicher Beleuchtung mit der Kamera aufgenommen werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 die ermittelte Rauheit zur Regelung der Parameter zur Abscheidung nachfolgender Schichten und/oder zur Nachbesserung der überwachten Schicht verwendet werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die ermittelte Rauheit zur Charakterisierung des Bauteils dokumentiert wird.
10. Vorrichtung zur generativen Herstellung von Bauteilen, insbesondere nach einem Verfahren
20 nach einem der vorhergehenden Ansprüche, durch schichtweises Verbinden von Pulverpartikeln untereinander und/oder mit einem bereits erzeugten Halbzeug oder Substrat durch selektive Wechselwirkung der Pulverpartikel mit einem hochenergetischen Strahl (13) zur Bildung einer Schicht, wobei die Vorrichtung eine Aufnahme (2) zur Lagerung des zu erzeugenden Bauteils, eine Einrichtung zur schichtweisen Anordnung von Pulver ,
25 eine Einrichtung zur Erzeugung eines hochenergetischen Strahls (4) und mindestens eine Kamera (6) zur Aufnahme einer abgeschiedenen Schicht umfasst,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorrichtung weiterhin eine Auswerteeinheit umfasst, die ein von der Kamera (6) auf-

genommenes Bild empfangen kann und eine Kontur der abgeschiedenen Schicht (14) aus dem mit der Kamera (6) erfassten Bild der abgeschiedenen Schicht ermittelt und/oder die Rauheit einer Oberfläche des gebildeten Bauteils aus der Kontur ermittelt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

5 **dadurch gekennzeichnet, dass**
mindestens eine oder mehrere Kameras beweglich angeordnet sind, so dass eine abgeschiedene Schicht (14) unter verschiedenen Blickwinkeln aufgenommen werden kann.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,

10 **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Kamera eine hochauflösende Kamera (6) ist, deren Auflösung die Auflösung eines einzelnen Auftreffbereichs des hochenergetischen Strahls (13) oder der Hälfte oder eines Drittels des Durchmessers oder einer maximalen Erstreckung eines Auftreffbereichs des hochenergetischen Strahls ermöglicht.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,

15 **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Auswerteeinheit das Auswertergebnis einer Steuer - und/oder Regelungseinheit zur Steuerung und/oder Regelung der Vorrichtung bereitstellt.

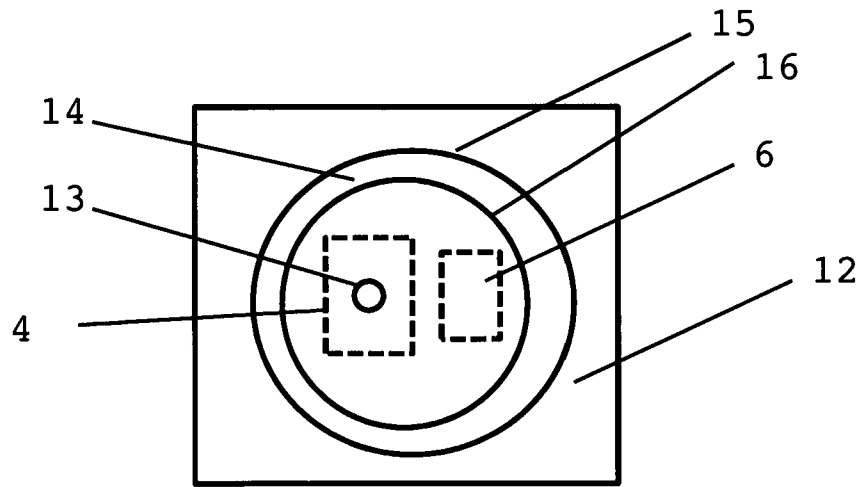


Fig. 2

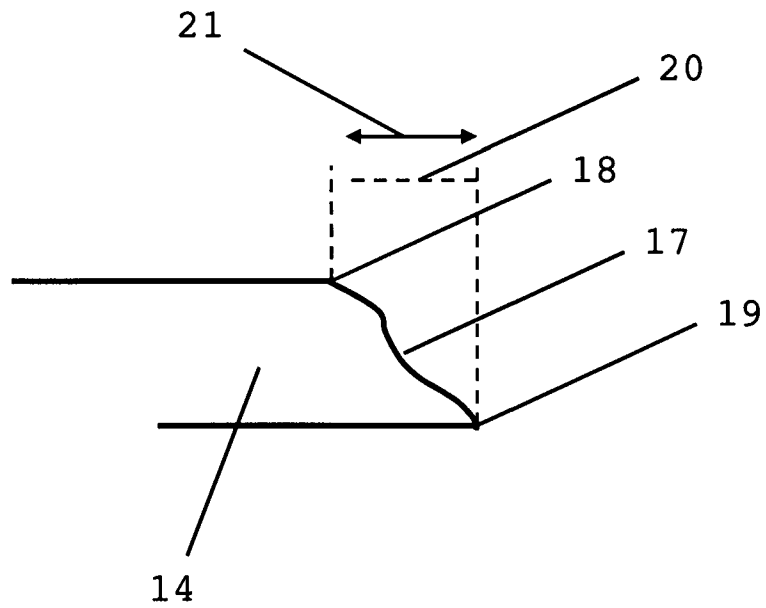


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2015/000261

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	US 2004/133298 A1 (TOYSERKANI EHSAN [CA] ET AL) 8 July 2004 (2004-07-08) paragraphs [0003], [0004], [0036] - [0061] figure 1	1-13
X,P	WO 2015/010855 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]) 29 January 2015 (2015-01-29) page 3 - page 10	1-13

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

Date of mailing of the international search report

17 September 2015

24/09/2015

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/DE2015/000261

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004133298	A1	08-07-2004	AU 2003278047 A1	25-05-2004
			CA 2504368 A1	13-05-2004
			US 2004133298 A1	08-07-2004
			WO 2004039531 A2	13-05-2004

WO 2015010855	A1	29-01-2015	DE 102013214320 A1	22-01-2015
			WO 2015010855 A1	29-01-2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2015/000261

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	US 2004/133298 A1 (TOYSERKANI EHSAN [CA] ET AL) 8. Juli 2004 (2004-07-08) Absätze [0003], [0004], [0036] - [0061] Abbildung 1	1-13
X,P	WO 2015/010855 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]) 29. Januar 2015 (2015-01-29) Seite 3 - Seite 10	1-13

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

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <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
17. September 2015	24/09/2015

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/DE2015/000261

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004133298 A1	08-07-2004	AU 2003278047 A1	25-05-2004
		CA 2504368 A1	13-05-2004
		US 2004133298 A1	08-07-2004
		WO 2004039531 A2	13-05-2004

WO 2015010855 A1	29-01-2015	DE 102013214320 A1	22-01-2015
		WO 2015010855 A1	29-01-2015
