

(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
27. Juni 2019 (27.06.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/121490 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B22F 3/105 (2006.01) B29C 64/153 (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01) B29C 64/245 (2017.01)
B33Y 30/00 (2015.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/085165

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Dezember 2018 (17.12.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17210030.7 22. Dezember 2017 (22.12.2017) EP

(71) Anmelder: **EVONIK DEGUSSA GMBH** [DE/DE]; Relinghauser Straße 1-11, 45128 Essen (DE).

(72) Erfinder: **GREBE, Maik**; Baldurstr. 24, 44805 Bochum (DE). **DIEKMANN, Wolfgang**; Gellertweg 10, 45731 Waltrop (DE). **HESSEL, Sigrid**; St.-Ingbert-Str. 2b, 45721 Haltern am See (DE). **GRUHN, Maximilian**; Bachstraße 26, 45770 Marl (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, JO, JP, KE, KG, KH, 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.

(54) Title: DEVICE FOR PRODUCING THREE-DIMENSIONAL OBJECTS LAYER BY LAYER

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR SCHICHTWEISEN HERSTELLUNG VON DREIDIMENSIONALEN OBJEKTEN

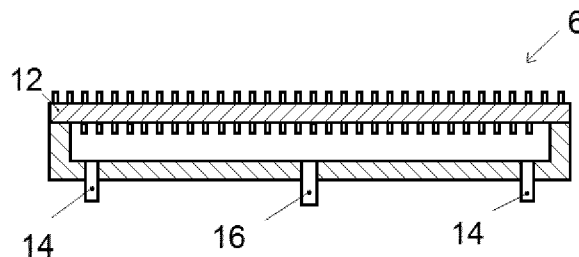


Fig. 5

(57) Abstract: The present invention relates to a device for producing three-dimensional objects layer by layer in a powder bed fusion process. The device (20) comprises a building space (1), at least one energy source (5), a building area (4) with a building space platform (6) and a building space container (9) laterally confining the building space platform (6). The building space platform (6) has an upper side (12), facing a powder (2), and an underside (13), facing away from the powder. The upper side (12) of the building space platform (6) comprises a material with a thermal conductivity of at least 20 W/(m·K) and the underside (13) of the building space platform (6) comprises a material with a thermal conductivity of a maximum of 0.5 W/(m·K). The contact surface of the upper side (12) of the building space platform (6) with respect to the powder (2) or with respect to the cooling medium is raised by at least 20% in comparison with the planar surface of a building space platform (6).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in einem Powder Bed Fusion-Verfahren. Die Vorrichtung (20) umfasst einen Bauraum (1), mindestens eine Energiequelle (5), ein Baufeld (4) mit einer Bauraumplattform (6) und einen die Bauraumplattform (6) seitlich einfassenden Bauraumbehälter (9). Die Bauraumplattform (6) weist eine einem Pulver (2) zugewandte Oberseite (12) und eine dem Pulver abgewandte Unterseite (13) auf. Die Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) umfasst einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens 20 W/(m·K)

WO 2019/121490 A1

(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)

und die Unterseite (13) der Bauraumplattform (6) umfasst einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von maximal 0,5 W/(m·K). Die Kontaktfläche von der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) zum Pulver (2) oder zum Kühlmedium ist um mindestens 20% erhöht im Vergleich zu der ebenen Fläche einer Bauraumplattform (6).

Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in einem Powder Bed Fusion-Verfahren sowie ein Powder Bed Fusion-Verfahren.

- 5 Die zügige Bereitstellung von Prototypen oder Kleinserien ist eine in der jüngsten Zeit häufig gestellte Aufgabe. Verfahren, die dies ermöglichen, werden Rapid Prototyping, Rapid Manufacturing, Additive Fabrication-Verfahren oder einfach auch 3d printing genannt. Besonders geeignet sind Verfahren, bei denen schichtweise durch selektives Aufschmelzen und/oder Verfestigen von pulverförmigen Werkstoffen die gewünschten Strukturen hergestellt werden. Die
10 nach diesem Prinzip arbeitenden Verfahren werden in der ISO/ASTM 52900 oder der ISO 17296-2 unter dem Oberbegriff Powder Bed Fusion zusammengefasst.

Ein Beispiel für ein Powder Bed Fusion-Verfahren ist das Laser-Sintern, welches ausführlich in der Schriften US 6136948 und WO 96/06881 beschrieben wird. Weitere Beispiele für Powder Bed Fusion-Verfahren sind in den Dokumenten US 6531086 und EP 1740367 (US 2007/238056)
15 beschrieben.

Bei den Powder Bed Fusion-Verfahren werden Pulver aus metallischen, keramischen oder auch polymeren Werkstoffen eingesetzt. Zur Minimierung des Verzugs der herzustellenden dreidimensionalen Objekte ist meist eine Temperierung des Bauraums notwendig. In DE 10108612 (US 2002/158054) ist eine Vorrichtung beschrieben, bei der mittels einer Mantelheizung des
20 Bauraums der Verzug der dreidimensionalen Objekte vermieden werden soll. Die Beheizung des Mantels des Bauraums hat aber den großen Nachteil, dass das Pulver im Bauraumbehälter dann einer längeren Temperaturbelastung ausgesetzt ist. Zudem ist die in dieser Schrift beschriebene einzustellende Temperaturverteilung im Mantel des Bauraums durch separat zu temperierende Bereiche umgesetzt, was eine aufwendige Vorrichtung benötigt. Eine längere Temperaturbelastung
25 führt aber gerade bei polymeren Werkstoffen zu ungewünschten Änderungen im Pulvermaterial wie einer thermo-oxidative Schädigung oder zu einem zu starken Molekulargewichtsaufbau. Beide Effekte sind unerwünscht, da diese die Recyclingfähigkeit des Pulvers negativ beeinflusst.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand daher darin, den Verzug der hergestellten dreidimensionalen Objekte und gleichzeitig die thermische Belastung des Pulvermaterials
30 möglichst gering zu halten. Das Pulver sollte einen möglichst geringen Molekulargewichtsaufbau erfahren.

Bei Vorrichtungen, die in Powder Bed Fusion-Verfahren eingesetzt werden, wird die Richtung des Baufortschritts (Absenkungsrichtung der Bauraumplattform, auf der das dreidimensionale Objekt gebildet wird) als z-Achse definiert. Die z-Achse steht somit senkrecht auf der Baufeldebene. Ein
35 Problem des Standes der Technik besteht darin, dass die mechanischen Kennwerte in z-Richtung stark abhängig von der Position des Objekts im Baufeld sind. Insbesondere die Reißdehnung ist in den Randbereichen signifikant schlechter als in der Mitte des Baufeldes. Daher ist es eine weitere

Aufgabe, die mechanischen Kennwerte der Teile des dreidimensionalen Objekts zu verbessern, die im Randbereich (Außenbereich) des Baufeldes gefertigt werden. Dadurch sollen die mechanischen Kennwerte der dreidimensionalen Objekte unabhängig von der Position im Baufeld auf gleichem Niveau liegen.

- 5 Demgemäß wurde eine neue Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in einem Powder Bed Fusion-Verfahren gefunden. Die Vorrichtung umfasst einen Bauraum, mindestens eine Energiequelle, ein Baufeld mit einer Bauraumplattform und einen die Bauraumplattform seitlich einfassenden Bauraumbehälter. Die Bauraumplattform weist eine einem Pulver zugewandte Oberseite und eine dem Pulver abgewandte Unterseite auf. Die Oberseite der
- 10 Bauraumplattform umfasst einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens $20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und die Unterseite der Bauraumplattform umfasst einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von maximal $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Hierdurch wird eine Bauraumplattform bereitgestellt, deren Oberseite einen gut wärmeleitfähigen Werkstoff und deren Unterseite einen schlecht wärmeleitenden Werkstoff umfasst. Vorzugsweise besteht die Oberseite der Bauraumplattform aus
- 15 einem Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens $20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und die Unterseite der Bauraumplattform aus einem Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von maximal $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung umfassend eine zuvor genannte Bauraumplattform werden dreidimensionale Objekte erhalten, die einen geringeren Verzug und gute und gleichmäßige mechanische Kennwerte zeigen. Zudem erfolgt eine geringere thermische Belastung

20 des Pulvers.

Vorzugsweise umfasst die Bauraumplattform Einrichtungen, die eine Kühlung der Oberseite der Plattform ermöglichen. Hierzu können an der Unterseite der Bauplattform eine oder mehrere fremd angetriebene Strömungsmaschinen integriert sein. Zudem oder alternativ kann die Bauraumplattform mindestens einen Einlass für ein Kühlmedium und mindestens einen Auslass für

25 ein Kühlmedium vorweisen. Vorzugsweise sind Einlass und Auslass jeweils auf der Unterseite der Plattform angeordnet.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Bauraumbehälter eine der Bauraumplattform zugewandte Mantelfläche auf, wobei die Mantelfläche einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von maximal $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ umfasst oder bevorzugt aus diesem besteht.

30 Vorzugsweise hat die Mantelfläche eine Wandstärke von mindestens 10 mm. Bevorzugt beträgt die Wandstärke mindestens 40 mm, besonders bevorzugt mindestens 80 mm.

Mit der Ausführung der Mantelfläche des Bauraumbehälters als Wärmeisolator kann auf die aufwendige Temperierung des Bauraumbehälters verzichtet werden und zudem die thermische Belastung des Pulvers verringert und der Verzug der hergestellten dreidimensionalen Objekte

35 weiter reduziert werden.

Der Werkstoff der Mantelfläche des Bauraumbehälters und der Werkstoff der Unterseite der Bauraumplattform kann gleich oder verschieden sein. Bevorzugt hat der Werkstoff jeweils eine

Wärmeleitfähigkeit von weniger als $0,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, besonders bevorzugt jeweils weniger als $0,1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und ganz besonders bevorzugt jeweils weniger als $0,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Der Werkstoff der Oberseite weist vorzugsweise eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens $80 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, bevorzugt von mindestens $140 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ auf.

5 Die Wärmeleitfähigkeit wird bei $23 \text{ }^\circ\text{C}$ nach ASTM E1461 (LFA457 Micro Flash der Firma Netzsch, Probendicke 2 mm , Probenkonditionierung $48 \text{ h } 23 \text{ }^\circ\text{C}/50 \%$) ermittelt. Geeignete Materialien, die diese wärmeisolierenden Eigenschaften zeigen, sind beispielsweise Schaumglas, Schaumkeramik, Blähperlit, Porenbeton, Holz, Hochtemperaturpolymere wie Polyetheretherketone oder temperaturbeständige Duromere.

10 Die Bauraumplattform kann derart gestaltet werden, dass eine Kühlung des bereitgestellten Pulvers (Pulverkuchen) während des Bauprozesses oder nach dem Bauprozess möglich ist. Die Kühlung der Bauraumplattform erfolgt dabei vorzugsweise durch Wärmeleitung und/oder Konvektion. Die Kühlleistung kann mittels Regelung auf den gewünschten Wert geregelt werden.

Ein bevorzugtes Pulver ist ein Polymerpulver. Geeignete Polymere der Polymerpulver sind
15 ausgewählt aus Polyamiden, Polyolefinen wie Polyethylen und Polypropylen, Polyestern und Polyaryletherketonen (PAEK) wie Polyetheretherketon. Geeignete Polyamide können übliche und bekannte Polyamide sein. Polyamide umfassen Homo-Polyamide und Co-Polyamide. Geeignete Polyamide oder Co-Polyamide sind ausgewählt aus Polyamid 6, 11, 12, 1013, 1012, 66, 46, 613, 106, 11/1010, 1212 und 12/1012. Ein bevorzugte Polyamid ist ausgewählt aus Polyamid 11, 12,
20 1013, 1012, 66, 613, 11/1010, 1212 und 12/1012, besonders bevorzugt Polyamid 11 oder 12 und ganz besonders bevorzugt Polyamid 12.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird im Folgenden anhand der Figuren erläutert.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten gemäß dem Stand der Technik (Vorderansicht) in einem Powder Bed Fusion-Verfahren.

25 Der Bauraum (1) umfasst den gesamten Bereich, in dem die dreidimensionalen Objekte hergestellt werden. Eine geeignete Schiebevorrichtung (3) wie Roller, Zylinder oder Rakel trägt das Pulver (2) über die Baufeldebene (10) auf das Baufeld (4) auf. Das Pulver wird mittels einer Wärmequelle temperiert. Eine elektromagnetische Energiequelle (5) wie z.B. ein Laser schmilzt oder sintert selektiv einen Bereich auf der Baufeldoberfläche. Die Bauraumplattform (6) wird entsprechend
30 einer vorgegebenen Schichtstärke abgesenkt und der Vorgang solange wiederholt, bis schichtweise ein dreidimensionales Objekt (7) entsteht. Der Bauraumbehälter (8) umschließt dabei den Pulverkuchen (9) und die darin ggfs. enthaltenen hergestellten dreidimensionalen Objekte (7). Der Pulverkuchen wird seitlich begrenzt durch die Mantelfläche des Bauraumbehälters, oben begrenzt durch das Baufeld und unten begrenzt durch die Bauraumplattform. Die Mantelfläche des
35 Bauraumbehälters wird nach dem Stand der Technik beheizt.

Fig. 2 zeigt beispielhaft die erfindungsgemäße Gestaltung des Bauraumbehälters (8) (Vorderansicht, im Schnitt). Die Mantelfläche des Bauraumbehälters (11) besteht vorzugsweise aus einem wärmeisolierenden Material mit einer Wandstärke von mindestens 10 mm.

In Fig. 3 ist beispielhaft eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Bauraumplattform (6) dargestellt. Die Bauraumplattform (6) umfasst eine Ober- (12) und einer Unterseite (13). Eine fremd angetriebene Strömungsmaschine (15) mit regelbarer Drehzahl ist an der Unterseite (13) der Plattform montiert. Zur besseren Durchströmung besitzt die Unterseite (13) neben einem Einlass (16) für die Luft auch einen oder mehrere Auslässe (14). Die Oberseite (12) besteht bevorzugt aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit (d.h. einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens 20 W/(m·K)) und die Unterseite (13) besteht bevorzugt aus einem Material mit schlechter Wärmeleitfähigkeit (d.h. einer Wärmeleitfähigkeit von maximal 0,5 W/(m·K)).

Eine weitere erfindungsgemäße Ausführung ist in Fig. 4 dargestellt. Die Bauraumplattform (6) ist derart gestaltet, dass ein Kühlmedium hindurchströmen kann. Die Unterseite (13) hat dabei einen Zufluss (16) und einen oder mehrere Abflüsse (14) für das Kühlmedium. Das Kühlmedium kann gasförmig oder flüssig sein. Auch hier besteht die Oberseite (12) bevorzugt aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit und die Unterseite (13) besteht bevorzugt aus einem Material mit schlechter Wärmeleitfähigkeit. Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 6 dargestellt, dort ist die Oberseite (12) mit Kühlkanälen (17) durchzogen.

In Fig. 5 ist eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform dargestellt. Ein verbesserter Wärmeübergang von der Oberseite der Bauraumplattform (12) zum Pulverkuchen und zum Kühlmedium wird durch eine Vergrößerung der Kontaktflächen erreicht. Die Kontaktfläche von der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) zum Pulverkuchen und/oder zum Kühlmedium wird dabei vorzugsweise um mindestens 20 % im Vergleich zu einer ebenen Fläche erhöht. Bevorzugt wird die Kontaktfläche von der Oberseite der Bauraumplattform zum Pulverkuchen und/oder zum Kühlmedium um mindestens 50 % im Vergleich zu einer ebenen Fläche einer Plattform erhöht.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in einem Powder Bed Fusion-Verfahren. Das Verfahren umfasst die wiederkehrenden Schritte a) Bereitstellung eines Pulvers (2), b) Einstellen einer Temperatur der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) auf höchstens 15 °C unterhalb einer Prozesstemperatur, c) Einstellen einer Temperatur im Bauraum (1) unterhalb der Schmelztemperatur des Pulvers (Prozesstemperatur), d) Gegebenenfalls Aufbringen eines Schmelzhilfsmittels mittels Inkjet auf zu sinternde Stellen des Pulvers (2), e) Beaufschlagung elektromagnetischer Energie auf das Pulver zur selektiven Sinterung mittels Energiequelle (5), f) Absenken der Bauplattform um eine Schichtstärke g) Aufbringen weiteren Pulvers (2) und h) Wiederholen der Schritte c bis g bis zur Fertigstellung des dreidimensionalen Objekts. Bei der ersten Bereitstellung eines Pulvers ist es bevorzugt, eine Pulver-Schichtdicke von 4 bis 10 mm bereitzustellen.

Die Prozesstemperatur ist die Temperatur des Pulvers im Baufeld. Die Prozesstemperatur liegt vorzugsweise 10 bis 20 °C unterhalb des Schmelzpunkts des Pulvers, vorzugsweise Polymerpulvers.

- Das Verfahren kennzeichnet sich dadurch aus , dass nach Beginn des Herstellverfahrens die
- 5 Temperatur der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) um mindestens 5 °C pro 10 mm Baufortschritt gesenkt wird, bis die Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) eine Temperatur von maximal 50 °C erreicht hat. Hierbei wird die Temperatur der Bauraumplattform schon während des Bauprozesses abgesenkt. Nach dem Beginn des Bauprozesses wird die Temperatur der Oberseite
- 10 (12) der Bauraumplattform (6) vorzugsweise um mindestens 7 °C pro 10 mm, besonders bevorzugt 10 °C pro 10 mm Baufortschritt, gesenkt, bis die Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) eine Temperatur von höchstens 50 °C erreicht. Als Baufortschritt soll hier die schichtweise Absenkung der Bauplattform während des Bauprozesses gelten. Die Absenkung der Temperatur der Oberseite der Bauraumplattform kann dabei linear oder bevorzugt überproportional mit fortgeschrittenem Bauprozess erfolgen. Letztgenannter Fall führt dazu, dass die Temperatur der Oberseite (12) der
- 15 Bauraumplattform (6) mit zunehmender Dauer des Bauprozesses schneller abgesenkt wird.

Bezugszeichenliste

- | | | |
|----|----|--------------------------------------|
| | 1 | Bauraum |
| | 2 | Pulver |
| 20 | 3 | Schiebevorrichtung |
| | 4 | Baufeld |
| | 5 | Energiequelle |
| | 6 | Bauraumplattform |
| | 7 | Dreidimensionales Objekt |
| 25 | 8 | Bauraumbehälter |
| | 9 | Pulverkuchen |
| | 10 | Baufeldebene |
| | 11 | Mantelfläche des Bauraumbehälters |
| | 12 | Oberseite der Bauraumplattform |
| 30 | 13 | Unterseite der Bauraumplattform |
| | 14 | Auslass für Kühlmedium |
| | 15 | Fremd angetriebene Strömungsmaschine |
| | 16 | Einlass für Kühlmedium |
| | 17 | Kühlkanäle |

Beispiele

Die in den Beispielen beschriebenen Vorrichtungen wurden genutzt, um dreidimensionale Objekte zu erstellen. Für die Herstellung der dreidimensionalen Objekte wurde ein PA12 Pulver mit den in der Tabelle 1 aufgeführten Eigenschaften genutzt. Dazu wurde in allen Beispielen auf der

5 Bauraumplattform eine Pulverschicht von 6 mm gelegt und der gesamte Bauraum 180 Minuten auf eine Temperatur von 168 °C vorgeheizt. Der Bauprozess wurde gestartet (Prozesstemperatur 174 °C, Schichtstärke 0,15 mm) und es wurden insgesamt 36 Zugprüfkörper (DIN ISO527, Belichtungsparametersatz speed, Position und Ausrichtung der Objekte in allen Beispielen gleich) gebaut. Jeweils 12 Zugstäbe in z-Ausrichtung (senkrecht) wurden am Rand und in der Mitte des

10 Baufeldes positioniert. Die restlichen 12 Zugprüfkörper wurden in x-Ausrichtung (waagrecht) im Baufeld positioniert. Die Höhe des Pulverbetts betrug am Ende des Bauprozesses jeweils 320 mm. Die Dauer des Bauprozesses betrug bei den Beispielen 18 h 57 min. Nach Ende des Bauprozesses wurde die Heizung abgestellt und der Bauraumbehälter mit den darin enthaltenem Pulver 72 h in der Lasersinter-Maschine gelagert. Danach wurden die erstellten dreidimensionalen

15 Objekte aus dem Pulverbett entnommen und geprüft. Das Pulver wurde ebenfalls aus dem Bauraumbehälter entnommen und mittels eines Mischers homogenisiert. Anschließend wurde die Lösungsviskosität (ISO 307, Schott AVS Pro, Lösemittel m-Kresol sauer, Volumetrisches Verfahren, Doppelbestimmung, Lösetemperatur 100 °C, Lösezeit 2 h, Polymerkonzentration 5 g/l Messtemperatur 25 °C) des so homogenisierten Pulvers gemessen.

20

	Wert	Einheit	Prüfart/Prüfgerät/Prüfparameter
Polymer	Polyamid 12		
Schüttdichte	0,450	g/cm ³	DIN EN ISO 60
Korngröße d50	57	µm	Malvern Mastersizer 2000, Trockenmessung, 20-40 g Pulver mittels Scirocco Trockendispergiergerät zudosiert. Zuführrate Rüttelrinne 70 %, Dispergierluftdruck 3 bar. Die Messzeit der Probe 5 Sekunden (5000 Einzelmessungen), Brechungsindex und Blaulichtwert mit 1,52 festgelegt. Auswertung über Mie-Theorie
Korngröße d10	36	µm	Malvern Mastersizer 2000, Parameter siehe Korngröße d50
Korngröße d90	82	µm	Malvern Mastersizer 2000, Parameter siehe Korngröße d50

<10,48µm	1,4	%	Malvern Mastersizer 2000, Parameter siehe Korngröße d50
Fließfähigkeit	28	s	DIN EN ISO 6186, Verfahren A, Durchmesser Düsenauslauf 15mm
Lösungviskosität	1,58	-	ISO 307, Schott AVS Pro, Lösemittel <i>m</i> -Kresol sauer, volumetrisches Verfahren, Doppelbestimmung, Lösetemperatur 100 °C, Lösezeit 2 h, Polymerkonzentration 5 g/l, Messtemperatur 25 °C
BET (spez. Oberfläche)	6,7	m ² /g	ISO 9277, Micromeritics TriStar 3000, Gasadsorption von Stickstoff, diskontinuierlichen volumetrischen Verfahren, 7 Messpunkte bei Relativdrücken P/P0 zwischen ca. 0,05 und ca. 0,20, Kalibrierung des Totvolumens mittels He(99,996 %), Probenvorbereitung 1 h bei 23 °C + 16 h bei 80 °C unter Vakuum, spez. Oberfläche auf die entgaste Probe bezogen, Auswertung erfolgte mittels Mehrpunktbestimmung
Schmelzpunkt 1. Aufheizung	187	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer Heiz-/Kühlrate 20K/min
Rekristallisationstemperatur	142	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer Heiz-/Kühlrate 20K/min
Materialkonditionierung	Material wird vor Verarbeitung/Analyse 24 h bei 23 °C und 50 % Luftfeuchtigkeit gelagert		

Tabelle 1: Pulverkennwerte

Beispiel 1: SLS-Maschine (nicht erfindungsgemäß)

- 5 Ein PA12 Pulver mit den Materialkennwerten aus Tabelle 1 wurde auf einer EOSINT P395 Lasersinter-Maschine der Firma eos GmbH verarbeitet. Die Entnahmekammertemperatur wurde auf 130 °C eingestellt.

Beispiel 2: SLS-Maschine (erfindungsgemäß)

Ein PA12 Pulver mit den Materialkennwerten aus Tabelle 1 wird auf einer EOSINT P395 Lasersinter-Maschine der Firma eos GmbH verarbeitet. Die Heizung der Entnahmekammer wurde ausgeschaltet. Die Mantelfläche des Bauraumbehälters bestand aus Schaumglas mit einer

5 Wandstärke von 40mm.

Die Bauraumplattform war entsprechend Fig. 4 ausgeführt. Die Oberseite der Bauraumplattform bestand aus Aluminium und die Unterseite aus Schaumglas. Die Oberseite wurde mit Druckluft angeströmt, wobei die Luftmenge entsprechend der notwendigen Kühlleistung geregelt wurde. Die Bauraumplattform wurde zu Beginn des Bauprozesses auf 161 °C temperiert. Nach dem Beginn

10 des Bauprozesses wurde die Temperatur der Oberseite der Bauraumplattform um mindestens 7 °C pro 10 mm Baufortschritt gesenkt, bis die Oberseite der Bauraumplattform eine Temperatur von 49 °C erreichte.

In der Tabellen 2 bis 4 sind die Prüfergebnisse der jeweils erstellten Bauteile und die Lösungsviskosität des homogenisierten Pulvers aufgeführt. Es ist zu erkennen, dass die

15 dreidimensionalen Objekte ähnliche Eigenschaften besitzen, aber in dem erfindungsgemäßen Beispiel das homogenisierte Pulver aus dem Bauraumbehälter einen deutlich geringeren Molekulargewichtsaufbau erfahren hat. Zudem ist die Standardabweichung der mechanischen Kennwerte der Bauteile in z-Ausrichtung im erfindungsgemäßen Beispiel 2 deutlich geringer, was eine gleichmäßigere Bauteilqualität bedeutet.

20

	Beispiel 1	Beispiel 2
E-Modul (MPa)	1753	1764
Zugfestigkeit (MPa)	44	45
Reißdehnung (%)	14	12
Verzug	gering	gering

Tabelle 2: Eigenschaften der Zugprüfkörper in x-Ausrichtung

	Beispiel 1	Beispiel 2
	Durchschnitt/Standardabweichung	Durchschnitt/Standardabweichung
E-Modul (MPa)	1804/40	1805/30
Zugfestigkeit (MPa)	47,3/2,2	47,9/0,9
Reißdehnung (%)	7,3/3,8	6,5/1,4
Verzug	gering	gering

Tabelle 3: Eigenschaften der Zugprüfkörper in z-Ausrichtung

Lösungviskosität homogenisiertes Pulver	2,17	2,03
---	------	------

Tabelle 4: Eigenschaften der Pulver

Ansprüche

1. Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in einem Powder Bed Fusion-Verfahren, umfassend einen Bauraum (1), mindestens eine Energiequelle (5), ein Baufeld (4) mit einer Bauraumplattform (6) und einen die Bauraumplattform (6) seitlich einfassenden Bauraumbehälter (9), wobei die Bauraumplattform (6) eine einem Pulver (2) zugewandte Oberseite (12) und eine dem Pulver abgewandte Unterseite (13) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseite (12) einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens $20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und die Unterseite (13) einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von maximal $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ umfasst und die Kontaktfläche von der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) zum Pulver (2) oder zum Kühlmedium um mindestens 20% erhöht ist im Vergleich zu der ebenen Fläche einer Bauraumplattform (6).
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der Unterseite (13) eine oder mehrere fremd angetriebenen Strömungsmaschinen (15) integriert sind.
3. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauraumplattform (6) mindestens einen Einlass (16) und mindestens einen Auslass (14) für ein Kühlmedium vorweist.
4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Einlass (16) und der mindestens eine Auslass (14) jeweils auf der Unterseite (13) der Bauraumplattform (6) angeordnet sind.
5. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Bauraumbehälter (9) eine Mantelfläche (11) aufweist, wobei die Mantelfläche (11) einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von maximal $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ umfasst.
6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche (11) des Bauraumbehälters (9) eine Schichtdicke von mindestens 10 mm aufweist.
7. Verfahren zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in einem Powder Bed Fusion-Verfahren in einer Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten in einem Powder Bed Fusion-Verfahren, umfassend einen Bauraum (1), mindestens eine Energiequelle (5), ein Baufeld (4) mit einer Bauraumplattform (6) und einen die Bauraumplattform (6) seitlich einfassenden Bauraumbehälter (9), wobei die Bauraumplattform (6) eine einem Pulver (2) zugewandte Oberseite (12) und eine dem Pulver abgewandte Unterseite (13) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseite (12) einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens $20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und die Unterseite (13) einen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von maximal $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ umfasst, umfassend die Schritte
 - a. Bereitstellung eines Pulvers (2) in einer Schichtdicke von mindestens 6 mm,

- b. Einstellen einer Temperatur der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) auf höchstens 15 °C unterhalb einer Prozesstemperatur,
 - c. Einstellen einer Temperatur im Bauraum (1) unterhalb einer Schmelztemperatur des Pulvers (Prozesstemperatur),
 - 5 d. Aufbringen eines Schmelz Hilfsmittels mittels Inkjet auf zu sinternde Stellen des Pulvers (2),
 - e. Beaufschlagung elektromagnetischer Energie auf das Pulver zur selektiven Sinterung mittels Energiequelle (5),
 - f. Aufbringen weiteren Pulvers (2),
 - 10 g. Wiederholen der Schritte d bis f,
- dadurch gekennzeichnet, dass nach Beginn des Herstellverfahrens die Temperatur der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) um mindestens 5 °C pro 10 mm Baufortschritt gesenkt wird, bis die Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) eine Temperatur von maximal 50 °C erreicht hat.
- 15 8. Powder Bed Fusion-Verfahren gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Absenkung der Temperatur der Oberseite (12) der Bauraumplattform (6) überproportional mit fortschreitendem Verfahren erfolgt.

Zeichnungen

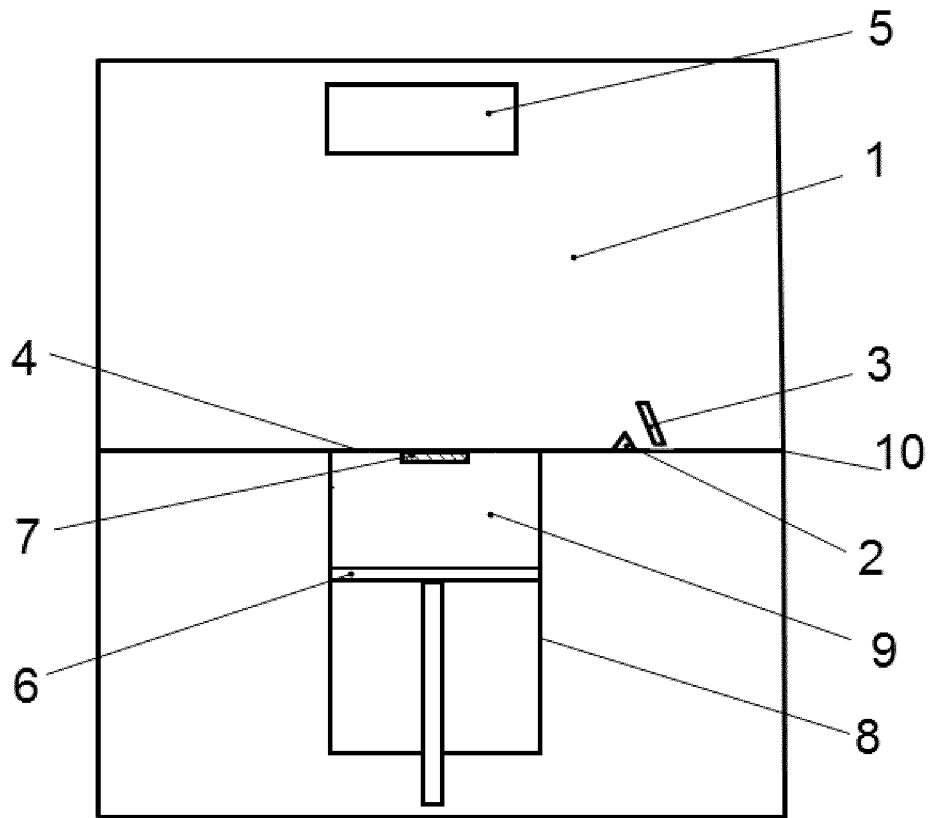


Fig. 1

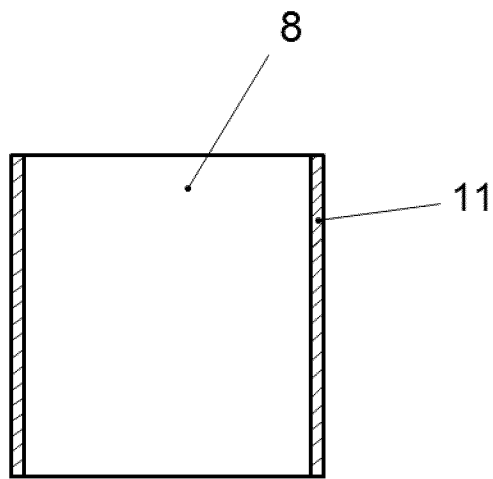


Fig. 2

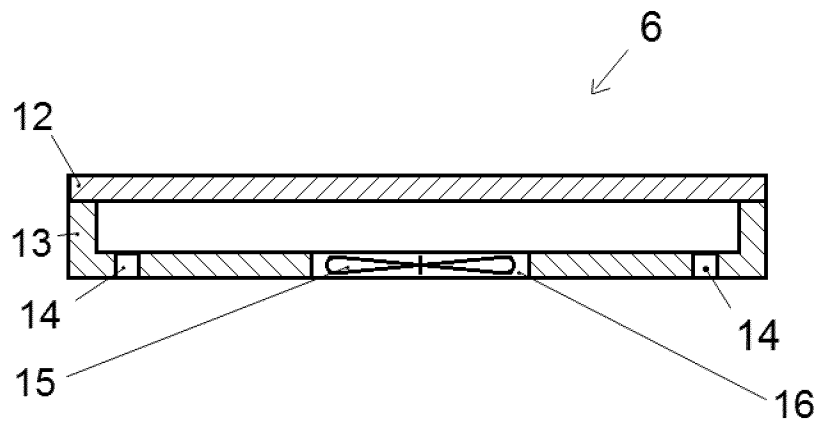


Fig. 3

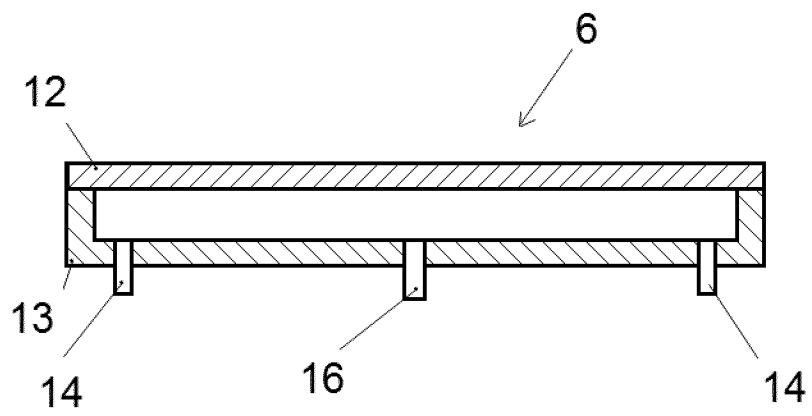


Fig. 4

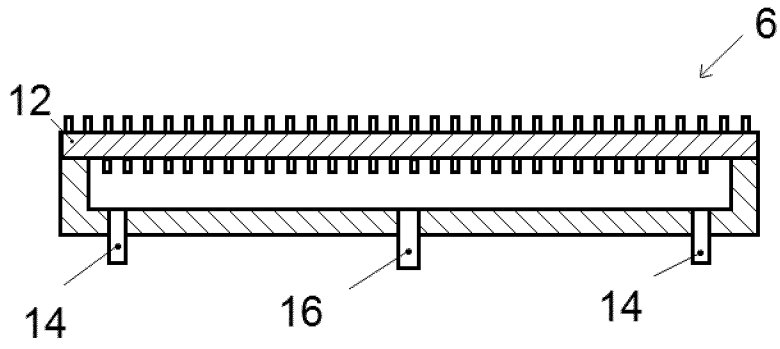


Fig. 5

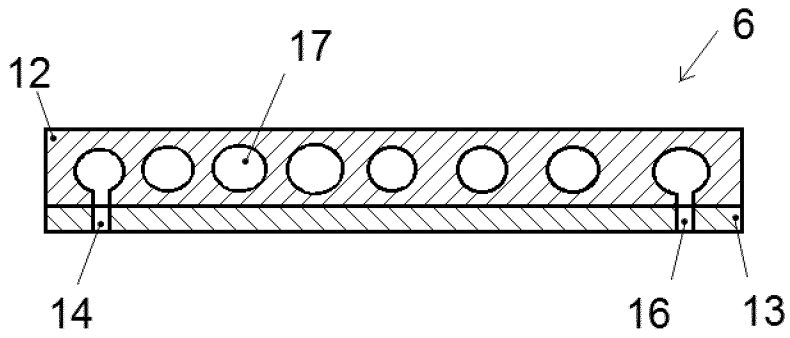


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/085165

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B22F 3/105</i> (2006.01)i; <i>B33Y 10/00</i> (2015.01)i; <i>B33Y 30/00</i> (2015.01)i; <i>B29C 64/153</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/245</i> (2017.01)i		
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; B33Y; B29C; B23K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where 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.
Y	US 2017190106 A1 (LIAO CHAO-YAUG [TW] ET AL) 06 July 2017 (2017-07-06) paragraphs [0002], [0008] - [0009], [0025] - [0031], [0040] - [0043]; claims; figures 5-6	1,5,6
Y	WO 2016184994 A1 (ADDIFAB APS [DK]) 24 November 2016 (2016-11-24) claims; figures 2-4 page 2, line 1 - page 7, line 4 page 7, line 22 - page 8, line 18	1,5,6
A	EP 1264679 A2 (CORP Z [US]) 11 December 2002 (2002-12-11) the whole document	7,8
A	EP 2377669 A1 (MATSURA KIKAI SEISAKUSHO KK [JP]) 19 October 2011 (2011-10-19) paragraphs [0001], [0011] - [0012], [0014], [0021] - [0023]; claims; figures; examples	1-6
A	CN 206589342 U (GUANGZHOU DEBAO 3D TECH CO LTD) 27 October 2017 (2017-10-27) abstract; figures	2
A	US 2017317259 A1 (HATCH PETER [US] ET AL) 02 November 2017 (2017-11-02) paragraphs [0017] - [0021], [0046] - [0047], [0051] - [0052]; claims; figures	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 14 March 2019		Date of mailing of the international search report 22 March 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Ceulemans, Judy Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/085165

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017190106	A1	06 July 2017	TW	201724316	A	01 July 2017
				US	2017190106	A1	06 July 2017
WO	2016184994	A1	24 November 2016	US	2018169942	A1	21 June 2018
				WO	2016184994	A1	24 November 2016
EP	1264679	A2	11 December 2002	AT	227208	T	15 November 2002
				AT	307020	T	15 November 2005
				AT	431774	T	15 June 2009
				CA	2275565	A1	02 July 1998
				DE	69716946	D1	12 December 2002
				DE	69716946	T2	17 July 2003
				DE	69734408	T2	13 July 2006
				EP	0949993	A2	20 October 1999
				EP	1264679	A2	11 December 2002
				EP	1621311	A2	01 February 2006
				EP	1847370	A2	24 October 2007
				ES	2248457	T3	16 March 2006
				ES	2327424	T3	29 October 2009
				HK	1088863	A1	05 February 2010
				JP	5059832	B2	31 October 2012
				JP	2001507295	A	05 June 2001
				JP	2010058519	A	18 March 2010
				US	6007318	A	28 December 1999
				US	6375874	B1	23 April 2002
				US	2009011066	A1	08 January 2009
				US	2010151136	A1	17 June 2010
				WO	9828124	A2	02 July 1998
EP	2377669	A1	19 October 2011	CA	2712975	A1	14 October 2011
				CN	102218534	A	19 October 2011
				EP	2377669	A1	19 October 2011
				JP	4566286	B1	20 October 2010
				JP	2011218744	A	04 November 2011
				KR	20110115069	A	20 October 2011
				US	2011256253	A1	20 October 2011
CN	206589342	U	27 October 2017	NONE			
US	2017317259	A1	02 November 2017	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/085165

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B22F3/105 B33Y10/00 B33Y30/00 B29C64/153 B29C64/245
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B22F B33Y B29C B23K

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
 EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2017/190106 A1 (LIAO CHAO-YAUG [TW] ET AL) 6. Juli 2017 (2017-07-06) Absätze [0002], [0008] - [0009], [0025] - [0031], [0040] - [0043]; Ansprüche; Abbildungen 5-6	1,5,6
Y	WO 2016/184994 A1 (ADDIFAB APS [DK]) 24. November 2016 (2016-11-24) Ansprüche; Abbildungen 2-4 Seite 2, Zeile 1 - Seite 7, Zeile 4 Seite 7, Zeile 22 - Seite 8, Zeile 18	1,5,6
A	EP 1 264 679 A2 (CORP Z [US]) 11. Dezember 2002 (2002-12-11) das ganze Dokument	7,8
	----- -/-	

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
14. März 2019	22/03/2019

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.
A	EP 2 377 669 A1 (MATSURA KIKAI SEISAKUSHO KK [JP]) 19. Oktober 2011 (2011-10-19) Absätze [0001], [0011] - [0012], [0014], [0021] - [0023]; Ansprüche; Abbildungen; Beispiele -----	1-6
A	CN 206 589 342 U (GUANGZHOU DEBAO 3D TECH CO LTD) 27. Oktober 2017 (2017-10-27) Zusammenfassung; Abbildungen -----	2
A	US 2017/317259 A1 (HATCH PETER [US] ET AL) 2. November 2017 (2017-11-02) Absätze [0017] - [0021], [0046] - [0047], [0051] - [0052]; Ansprüche; Abbildungen -----	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/085165

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017190106 A1	06-07-2017	TW 201724316 A US 2017190106 A1	01-07-2017 06-07-2017
WO 2016184994 A1	24-11-2016	US 2018169942 A1 WO 2016184994 A1	21-06-2018 24-11-2016
EP 1264679 A2	11-12-2002	AT 227208 T AT 307020 T AT 431774 T CA 2275565 A1 DE 69716946 D1 DE 69716946 T2 DE 69734408 T2 EP 0949993 A2 EP 1264679 A2 EP 1621311 A2 EP 1847370 A2 ES 2248457 T3 ES 2327424 T3 HK 1088863 A1 JP 5059832 B2 JP 2001507295 A JP 2010058519 A US 6007318 A US 6375874 B1 US 2009011066 A1 US 2010151136 A1 WO 9828124 A2	15-11-2002 15-11-2005 15-06-2009 02-07-1998 12-12-2002 17-07-2003 13-07-2006 20-10-1999 11-12-2002 01-02-2006 24-10-2007 16-03-2006 29-10-2009 05-02-2010 31-10-2012 05-06-2001 18-03-2010 28-12-1999 23-04-2002 08-01-2009 17-06-2010 02-07-1998
EP 2377669 A1	19-10-2011	CA 2712975 A1 CN 102218534 A EP 2377669 A1 JP 4566286 B1 JP 2011218744 A KR 20110115069 A US 2011256253 A1	14-10-2011 19-10-2011 19-10-2011 20-10-2010 04-11-2011 20-10-2011 20-10-2011
CN 206589342 U	27-10-2017	KEINE	
US 2017317259 A1	02-11-2017	KEINE	