



(10) **DE 10 2018 215 002 A1** 2020.03.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 215 002.8**

(22) Anmeldetag: **04.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **05.03.2020**

(51) Int Cl.: **B29C 64/393 (2017.01)**

B29C 64/124 (2017.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

(71) Anmelder:

**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809 München, DE**

(72) Erfinder:

**Obst, Philip, 85551 Kirchheim, DE; Riedelbauch,
Julius, 80634 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

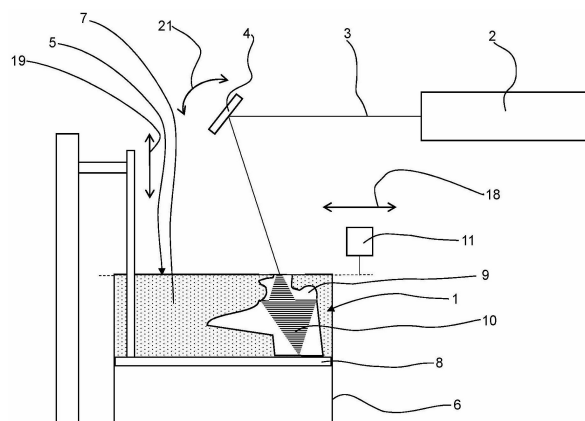
DE	10 2017 126 658	A1
US	2018 / 0 133 975	A1
WO	2018/ 055 522	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur additiven Herstellung eines Formkörpers**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur additiven Herstellung eines Formkörpers, wobei der Formkörper durch sukzessive, vorzugsweise schichtweise, selektive Belichtung und damit einhergehende Verfestigung eines Kunststoffmaterials hergestellt wird, wobei die sukzessive selektive Verfestigung des Kunststoffmaterials auf Grundlage wenigstens eines einen oder mehrere Prozessparameter umfassenden Prozessparametersatzes erfolgt, wobei wenigstens zwei Prozessparametersätze, welche sich in wenigstens einem Prozessparameter unterscheiden, zur additiven Herstellung des Formkörpers verwendet werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur additiven Herstellung eines Formkörpers.

[0002] Entsprechende Verfahren zur additiven Herstellung eines metallischen Formkörpers sind beispielsweise aus den Offenlegungsschriften DE 10 2007 059 865 A1 und DE 10 2011 101 857 A1 bekannt. Die aus diesen Verfahren erzeugten Formkörper weisen bereichsabhängig unterschiedliche Materialeigenschaften auf.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches es erlaubt, insbesondere auf einfach, schnelle sowie kostengünstige Weise Formkörper mit geringem Gewicht herzustellen. Ferner ist es Aufgabe, dass die erzeugten Formkörper zusätzlich bereichsabhängig unterschiedliche Materialeigenschaften aufweisen.

[0004] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur additiven Herstellung eines Formkörpers, wobei der Formkörper durch sukzessive, vorzugsweise schichtweise, selektive Belichtung und damit einhergehende Verfestigung eines Kunststoffmaterials hergestellt wird und die sukzessive selektive Verfestigung des Kunststoffmaterials auf Grundlage wenigstens eines, einen oder mehrere Prozessparameter umfassenden Prozessparametersatzes erfolgt, gemäß Anspruch 1 gelöst. Die hierzu abhängigen Ansprüche betreffen mögliche Ausführungsformen des Verfahrens.

[0005] Der Erfindungsgedanke betrifft ein Verfahren das wenigstens zwei Prozessparametersätze aufweist, welche sich in wenigstens einem Prozessparameter unterscheiden und zur additiven Herstellung des Formkörpers verwendet werden. Damit wird es erreicht, Formkörper mit geringem Bauteilgewicht auf einfache und kostengünstige Weise herzustellen, die aufgrund des Einflusses unterschiedlicher Prozessparameter während der Herstellung der Formkörper, bereichsabhängig unterschiedliche Materialeigenschaften aufweisen. Die unterschiedlichen Materialeigenschaften des auf diese Weise gefertigten Formkörpers können beispielsweise die Zugfestigkeit, die Bruchdehnung und/oder das Temperaturverhalten betreffen.

[0006] Vorzugsweise werden die wenigstens zwei Prozessparametersätze zur gezielten Einstellung bestimmter Eigenschaften des Formkörpers, insbesondere zur Einstellung bestimmter mechanischer Eigenschaften des Formkörpers verwendet. Die Prozessparameter haben während des Herstellungsprozesses des Formkörpers im additiven Verfahren Einfluss auf die Materialeigenschaften des Formkörpers. Damit kann durch eine definierte Wahl der Prozessparameter eine entsprechend definierte „Einstellung“ der inneren Materialeigenschaften des Formkörpers

erreicht werden. Diese inneren Materialeigenschaften des Formkörpers sind von den durch die geometrische Form des Formkörpers bestimmten mechanischen Materialeigenschaften zu unterscheiden. Die vorliegenden Prozessparameter der Prozessparametersätze betreffen überwiegend oder vorzugsweise ausschließlich die inneren Materialeigenschaften des Formkörpers.

[0007] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden die wenigstens zwei, sich in zumindest einem Prozessparameter unterscheidenden, Prozessparametersätze zur selektiven Verfestigung einer selektiv zu verfestigenden Schicht verwendet. Dies meint, dass innerhalb einer Schicht zwei, sich in wenigstens einem Prozessparameter unterscheidende Prozessparametersätze zur Anwendung kommen. So kann es vorgesehen sein, dass der wenigstens eine Prozessparameter des Prozessparametersatzes während der selektiven Verfestigung einer selektiv zu verfestigenden Schicht verändert wird, wobei eine selektiv zu verfestigende Schicht des herzustellenden Formkörpers in einem ersten Teilbereich mit einem ersten Prozessparameter und in wenigstens einem weiteren, zweiten Teilbereich mit wenigstens einem von dem ersten Prozessparameter unterschiedlichen weiteren Prozessparameter selektiv verfestigt wird. Dadurch, dass innerhalb einer Schicht unterschiedliche Prozessparametersätze bzw. Prozessparametersätze mit wenigstens einem unterschiedlichen Prozessparameter verwendet werden, können auch innerhalb einer Schicht bzw. Schichtebene unterschiedliche Materialeigenschaften erreicht werden.

[0008] Alternativ oder zusätzlich könne die wenigstens zwei, zumindest in einem Prozessparameter unterschiedliche, Prozessparametersätze zur selektiven Verfestigung mehrerer selektiv zu verfestigender Schichten verwendet werden. Hierbei ist vorgesehen, dass der wenigstens eine Prozessparameter des Prozessparametersatzes während der selektiven Verfestigung mehrerer selektiv zu verfestigender Schichten verändert wird, sodass der herzustellende Formkörper in einem ersten Teilbereich oder -volumen mit einem ersten Prozessparameter und in wenigstens einem weiteren Teilbereich oder -volumen mit wenigstens einem von dem ersten Prozessparameter unterschiedlichen, weiteren Prozessparameter selektiv verfestigt wird bzw. ist. Dadurch, dass unterschiedliche Prozessparameter in unterschiedlichen Schichten oder Bereichen zum Einsatz kommen, kann erreicht werden, dass in Richtung des schichtweisen Aufbaus, mit anderen Worten in z-Richtung, unterschiedliche Materialeigenschaften an den entsprechenden Bereichen generiert werden können. Auch können zumindest während des Aufbaus einer Schicht einheitliche, unveränderte Prozessparameter vorliegen. Schließlich kann ein Formkörper einen ersten Bereich oder Volumen an Schicht-

ten mit einheitlichen, unveränderten Prozessparametern und einen zweiten Bereich oder Volumen mit gegenüber dem ersten Bereich unterschiedlichen Prozessparametern aufweisen.

[0009] Unabhängig davon, ob die sich unterscheidenden Prozessparameter während des Aufbaus einer Schicht oder während des Aufbaus mehrerer Schichten vorliegen entsteht hierdurch die Möglichkeit sowohl kontinuierliche Gradienten-Eigenschaftsübergänge, als auch abrupte Änderungen innerhalb der Bauteile zu erzielen. Je nach Material und Herstellungsmethode lassen sich somit die physikalischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften des Formkörpers einstellen und modifizieren.

[0010] Als Prozessparameter der Prozessparametersätze können vorgesehen sein: die Belichtungszeit, die Belichtungsintensität, das Prozesstemperaturlimit, die Wellenlänge des Lichts und/oder die Anzahl der verwendeten Lichtquellen. Beispielsweise kann der Prozessparameter Belichtungszeit in einem ersten Prozessparametersatz einen ersten Zeitwert und in einem zweiten Prozessparametersatz einen zweiten, von dem ersten Zeitwert unterschiedlichen Zeitwert aufweist. Der Prozessparameter Belichtungsintensität kann beispielsweise durch Veränderung der abgegebenen Leistung des Belichtungsmittels bzw. der Lichtquelle verändert werden. Der Prozessparameter Prozesstemperaturlimit gibt an, welche maximale Temperatur in einer Baukammer des, das additive Verfahren ausführenden Bauvorrichtung vorherrscht. Beispielsweise kann die Bauvorrichtung bei Überschreiten des Prozesstemperaturlimits automatisiert Maßnahmen vornehmen, welche trotz fortgesetzten Baubetrieb der Bauvorrichtung einen weitergehenden Anstieg oder eine Reduzierung der Prozesstemperatur in der Baukammer vermeidet bzw. herbeiführt. Es kann auch eine Abkühlung unterhalb des Prozesstemperaturlimits einleitet werden. Hierzu kann die Bauvorrichtung sowohl aktive als auch passive Maßnahmen vornehmen. Als aktive Maßnahme wäre die Aktivierung einer Kühlvorrichtung zu nennen. Als passive Maßnahme kann eine Reduzierung der Belichtungsintensität und/oder eine Verlangsamung des Bauprozesses und damit eine Reduzierung der eingebrachten Energiemenge pro Zeiteinheit genannt werden.

[0011] Der in dem vorliegenden additiven Aufbauverfahren erzeugte Formkörper ist vorzugsweise aus Kunstharz, insbesondere aus einem photosensitiven Kunstharz gebildet.

[0012] Das Verfahren zur additiven Herstellung kann ein generatives photopolymerisations-Verfahren, wie zum Beispiel das „Stereolithographie“-Verfahren (auch SLA genannt) und/oder das „Continuous Liquid Interface Production“-Verfahren (auch CLIP genannt) sein. Das Stereolithographie Verfah-

ren ist ein technisches Prinzip des Rapid Prototyping oder des Rapid Manufacturing, bei dem der Formkörper durch frei im Raum materialisierte Punkte schichtweise aufgebaut wird. Beim Laser-Stereolithographie-Verfahren wird durch Licht aushärtender Kunststoff, wie beispielsweise Polymer, insbesondere Acryl-, Epoxid- oder Vinylesterharz in dünnen Schichten schichtweise durch einen Laser ausgehärtet. Bei dem CLIP-Verfahren wird ein in einem Behälter befindliches Kunstharz durch UV-Licht, welches den Boden des teilweise transparenten Behälters durchdringt, ausgehärtet. An eine in dem Behälter befindliche Plattform wird das ausgehärtete Kunstharz „angebaut“ und durch sukzessive Bewegung der Plattform von dem Boden des Behälters weg, wird der schichtweise aufgebaute Gegenstand aus dem Behälter „herausgezogen“, während eine nachfolgende Schicht an dem, dem Behälterboden zugewandten Bereich des Formkörpers durch das UV-Lichtes beaufschlagt und das dort befindliche - weil nachfließende - Kunstharz verfestigt wird. Insbesondere bei zähflüssigem Kunstharz muss für das Hochfahren der Plattform eine „Wartezeit“ eingeräumt werden, damit das nachfließende Kunstharz für den nachfolgenden Belichtungsprozess möglichst flächig, vorzugsweise vollflächig, zur Verfügung steht. Auch hierdurch kann von einem schichtartigen Verfahrensablauf ausgegangen werden. Ein wesentlicher Unterschied des CLIP-Verfahrens gegenüber dem SLA-Verfahren ist darin zu sehen, dass bei dem CLIP-Verfahren kein sich über eine Schicht bewegender Lichtstrahlfokus verwendet wird, sondern eine gesamte Schichtfläche gleichzeitig d.h. flächig bestrahlt wird. Hieraus resultiert, dass die Bauzeiten in einem CLIP-Verfahren geringer sind als in einem SLA-Verfahren.

[0013] Die Begriffe schichtweise oder Schicht können als Materialsichten verstanden werden, die als Schicht aufgetragen werden und/oder die sich durch eine auf eine Fläche einwirkende Lichteinwirkung schichtartig gebildet haben. In einer bevorzugten Ausführung kann auch ein kontinuierlich, nicht streng in einer ebenen Materialsicht, belichteter Bereich des Formkörpers als Schicht bezeichnet werden, da der gebildete Körper eine gedachte Schicht, also einen ebenen Bereich aufweist, dessen Materialeigenschaften bezogen auf diesen schichtartigen Bereich betrachtet werden können.

[0014] Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn zur Herstellung des Formkörpers ein Baumaterial mit einer ersten Komponente und mit einer, von der ersten unterschiedlichen, zweiten Komponente verwendet wird. Die beiden Materialkomponenten können unterschiedliche Materialeigenschaften aufweisen. Die Verwendung zweier unterschiedlicher Materialkomponenten kann auch in einem als „Dual-Curing“ bezeichneten Verfahren angewandt werden. Der Einsatz zweier unterschiedlicher Materialkomponenten kann vorteilhafterweise zu einer Kombinati-

on zweier ansonsten unterschiedlicher Polymernetzwerke führen, die es ermöglicht, ein interpenetrierendes Polymernetzwerk zu schaffen, das im Vergleich zu seinen Einzelteilen (einzelnen Materialkomponenten) überlegene Eigenschaften aufweist. Insbesondere bei dem CLIP-Verfahren können die beiden Komponenten in einer miteinander vermischten Form in dem Baubehälter vorliegen und in dieser Form dem Aushärteprozess unterzogen werden.

[0015] Es kann ferner vorgesehen sein, dass die erste Komponente des Baumaterials aus einem durch UV-Licht aushärtbaren Material besteht, vorzugsweise besteht die erste Komponente aus einem duroplastischen Kunststoff, besonders bevorzugt besteht die erste Komponente aus einem Photoinitiator, einem Oligomer und/oder einem Reaktivverdünner. Hierbei kann es sich um ein zumindest im Wesentlichen durch UV-Licht aushärtbares Material handeln. Dieses muss nicht zwingend vollständig während einer UV-Licht-Beaufschlagung aushärten. Der Grad der Aushärtung ist von Prozessparametern, wie beispielsweise von der Belichtungszeit und/oder der Belichtungsintensität abhängig.

[0016] Auch kann beispielsweise die zweite Komponente des Baumaterials aus einem durch thermische Energieeinwirkung aushärtbaren Material bestehen, vorzugsweise besteht die zweite Komponente aus einem duroplastischen Kunststoff, besonders bevorzugt besteht die zweite Komponente aus einem Monomer. Hierbei kann es sich bei dem Material der zweiten Komponente, um ein zumindest im Wesentlichen durch thermische Energieeinwirkung aushärtbares Material handeln. Dieses muss nicht zwingend vollständig während einer Wärmeeinwirkung aushärten. Der Grad der Aushärtung ist von Prozessparametern, wie beispielsweise von der Intensität und/oder der Dauer der Wärmeeinwirkung abhängig. Diese durch die Wärmeeinwirkung hervorgerufene Vernetzung der ersten und/oder zweiten Komponente des Baumaterials kann zu Quervernetzungen führen. Es hat sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn die zweite Komponente des Baumaterials einen Kettenverlängerer umfasst.

[0017] Die unterschiedliche Materialeigenschaft der ersten und der zweiten Komponente des Baumaterials kann sich schließlich auch auf deren Aushärteeigenschaften beziehen, beispielsweise kann die erste Komponente ein durch UV-Licht aushärtbares Material sein. Auch kann das Material der zweiten Komponente ein zumindest teilweise, bevorzugt durch Wärmeeinwirkung reagierendes Material sein. Insbesondere dann, wenn die Aushärteeigenschaften der erst unter zweiten Komponente unterschiedlich sind, kann durch entsprechende definierte Einwirkung des UV-Lichtes und durch entsprechend definierte Einwirkung der Wärmeeinwirkung eine gezielte Beein-

flussung des Aushärteverhaltens der ersten unter zweiten Komponente erreicht werden.

[0018] Dies ist insbesondere bei Verfahren vorteilhaft, bei denen der herzustellende Formkörper in wenigstens zwei Prozessschritten eine Aushärtung erfährt, wobei in einem ersten Prozessschritt eine UV-Vernetzung des Formkörpers durch Einwirkung eines UV-Lichtes und in einem nachgelagerten, zweiten Prozessschritt, eine thermische Aushärtung des Baumaterials durch Wärmeeinwirkung ausgeführt wird. Der Grad der UV-Vernetzung des Formkörpers innerhalb des ersten Prozessschrittes kann dabei den möglichen Grad der thermischen Aushärtung innerhalb des zweiten Prozessschrittes beeinflussen. Beispielsweise kann bei einem höheren Grad der UV-Licht Aushärtung, beispielsweise durch Erhöhung der Belichtungsdauer, die effektive Einwirkung einer Wärmeeinwirkung innerhalb des zweiten Prozessschrittes reduziert werden. Dies ist insbesondere deshalb zu beachten, da beispielsweise ein höherer Grad der UV-Licht Aushärtung zu einer höheren Zugfestigkeit des aus Kunstharz hergestellten Formkörpers führen kann. Auch kann durch eine Reduzierung der Belichtungsdauer der UV-Licht Aushärtung innerhalb des ersten Prozessschrittes und damit einer erhöhten thermischen Einwirkung innerhalb des zweiten Prozessschrittes zu einer höheren Bruchdehnung des aus Kunstharz hergestellten Formkörpers führen. Abhängig von dem gewünschten mechanischen Verhalten des fertigen Formkörpers kann in dem ersten Prozessschritt eine bereichsweise bzw. selektive, entsprechend angepasste UV-Licht Aushärtung vorgesehen werden. Die relativ zu anderen Bereichen des Formkörpers weniger durch UV-Licht ausgehärteten Bereiche erfahren im zweiten Prozessschritt einen relativ zu den übrigen Bereichen höheren Grad an thermischer Aushärtung, wobei sich dabei die oben erwähnten unterschiedlichen Materialeigenschaften (z.B. Zugfestigkeit oder Bruchdehnung) für die jeweiligen Bereiche des Formkörpers erreichen bzw. „einstellen“ lassen.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform erfolgt die Belichtung des Baumaterials unter Verwendung wenigstens eines Lasers und/oder wenigstens einer UV-LED-Lichtquelle. Sowohl der Laser als auch eine oder mehrere UV-LED-Lichtquellen können auf einen flächigen Bereich des auszuhärtenden Materials einwirken. Insbesondere durch die Verwendung zweier LED-Lichtquellen kann auf einfache Weise je nach Ansteuerung einer oder beider LED-Lichtquellen eine Veränderung der auf das ausgehärtete Material einwirkenden effektiven UV-Lichtes ermöglicht werden.

[0020] Sämtliche Vorteile, Einzelheiten, Ausführungen und/oder Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens und ihren Ausführungsformen und Konkretisierungen sind auch auf das durch dieses Ver-

fahren hergestellte Formbauteil übertragbar bzw. anzuwenden.

[0021] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen:

Fig. 1: eine schematische Prinzipdarstellung einer SLA-Vorrichtung;

Fig. 2: eine schematische Prinzipdarstellung einer CLIP-Vorrichtung.

[0022] In **Fig. 1** ist eine Vorrichtung zur Ausführung eines Verfahrens zur additiven Herstellung eines Formkörpers **1** dargestellt. Der aus einer Lichtquelle **2**, z.B. einem Laser austretende Laserstrahl **3** wird an einem beweglichen (siehe Pfeil **21**) Spiegel **4** abgelenkt und trifft auf die Oberfläche **5** eines in einem Behälter **6** befindlichen flüssigen Kunststoffmaterials **7**, insbesondere Kunstharz. Das Kunststoffmaterial **7** wird durch den Energieeintrag mittels des Laserstrahls **3** auf einer höhenverstellbaren Plattform **8** (siehe Pfeil **19**) der Vorrichtung verfestigt. Durch sukzessives schrittweises Absenken der Plattform **8** wird auf der Oberfläche **5** des flüssigen Kunststoffmaterials **7** eine unverfestigte Schicht Kunststoffmaterial **7** bereitgestellt. Diese neue Schicht Kunststoffmaterial **7** wird wiederum durch den Laserstrahl **3** selektiv belichtet und verfestigt. Zwischen der Bildung einer ersten und der nachfolgenden, zweiten Schicht kann eine Glättung an Oberfläche **5** durch eine horizontale Bewegung (siehe Pfeil **18**) des Wischers **11** erfolgen. Durch mehrfaches wiederholen dieses Vorganges entsteht sukzessive ein schichtartig aufgebauter Formkörper **1**. Nachdem die gewünschte Form des Formkörpers **1** durch dieses Verfahren erreicht wurde, wird er durch Verfahren der Plattform **8** in Richtung des Spiegels **4** aus dem Bad des flüssigen Kunstharzes herausgefahren und schließlich von der Plattform **8** getrennt.

[0023] Zur Ansteuerung der Lichtquelle **2** bzw. des Lasers, des Spiegels **4** sowie von Aktoren (nicht dargestellt) zur Bewegung der Plattform **8** sind für jede aufzubauende Schicht jeweilige Prozessparametersätze mit einem oder mehreren Prozessparametern vorgesehen.

[0024] Durch Veränderung einzelner oder mehrere Prozessparameter von wenigstens zwei Prozessparametersätzen kann auf die Materialeigenschaften des Formkörpers **1** während dessen Herstellung Einfluss genommen werden. So weist der in den Figuren dargestellte Formkörper **1** einen ersten Bereich **9** und einen zweiten Bereich **10** auf. Der erste Bereich **9** ist hierbei als Fläche ohne Füllung, der zweite Bereich **10** dagegen als Fläche mit einer dunklen, regelmäßigen Füllung versehener Bereich innerhalb der Konturlinie des Formkörpers **1** dargestellt. Der erste Bereich **9** kann dabei unter Verwendung von Pro-

zessparametern erzeugt worden sein, die sich von den Prozessparametern des zweiten Bereichs unterscheiden. Damit kann der erste Bereich **9** gegenüber dem zweiten Bereich **10** auch unterschiedliche Materialeigenschaften, wie beispielsweise Bruchdehnung oder Zugfestigkeit aufweisen. Es ist ferner in den Figuren erkennbar, dass der erste und zweite Bereich sowohl innerhalb einer Schicht (einem horizontalen Bereich) des Formkörpers **1**, als auch über mehrere Schichten hinweg, also in z-Richtung, vorliegen kann.

[0025] In der **Fig. 2** ist eine Vorrichtung zur Ausführung eines CLIP-Verfahrens dargestellt. Diese verwendet einen Behälter **15** der wiederum mit Kunststoffmaterial **7** gefüllt ist. Der Boden **12** des Behälters **15** ist lichtdurchlässig, so dass ein Lichtstrahl **13** den Boden **12** durchdringen und in einen Zwischenbereich **14**, auch als „dead zone“ bezeichnet, auftreffen kann. Der Lichtstrahl **13** trifft in dem Zwischenbereich **14** flächig auf, wobei die Intensität und/oder Belichtungszeit des Lichtstrahls **13** innerhalb der Auftrefffläche im Zwischenbereich **14** unterschiedlich sein kann und ausgehend von einer entsprechend angesteuerten Lichtquelle **16** vorgegeben werden kann. Als Lichtquellen **16** können wenigstens ein Laser und/oder wenigstens eine UV-LED-Lichtquelle verwendet werden.

[0026] Die im Kunststoffmaterial **7** befindlichen Photo-Initiatoren lösen aufgrund der energetischen Einwirkung von UV-Licht eine radiakale Polymerisation aus, bei der Monomere durch eine Kettenspaltung der Doppelbindung zu Polymeren heranwachsen. Das Kunststoffmaterial **7** härtet entlang der belichteten Fläche aus. Dabei entsteht eine Verbindung zur höhenverlagerbaren (vergleiche Pfeil **17**) Plattform **20**, die sich im Anschluss durch Einwirkung von einem Aktor, um eine Schichthöhe nach oben (also von der Lichtquelle **16** weg) bewegt, um die Belichtung der nachfolgenden Schicht zu ermöglichen. Bei dem CLIP-Verfahren bleiben der Zwischenbereich **14** bzw. der Boden des Formkörpers **1** und der Boden **12** des Behälters **15** stets mit flüssigem Kunststoffmaterial **7** bedeckt, das durch den eintretenden UV-Lichtstrahl **13** weiter gehärtet werden kann. Auch wenn die Plattform **20** eine kontinuierliche Bewegung ausführen sollte, kann vorzugsweise im vorliegenden Sinne von einer schichtartigen Höhenverstellung der Plattform **20** ausgegangen werden, da dann gedachte Schichten betrachtet werden, um Materialeigenschaften des Formkörpers **1** zu definieren.

[0027] Auch im CLIP-Verfahren kann die Materialeigenschaft des Formkörpers **1** durch entsprechende Veränderung der Prozessparameter während des Bauprozesses bereichsweise unterschiedlich vorliegen, sodass wiederum erste und zweite Bereiche **9**, **10** des Formkörpers **1** mit unterschiedlichen Materialeigenschaften erreicht werden können.

[0028] Sowohl beim SLA-Verfahren, als auch beim CLIP-Verfahren kann der Formkörper **1** nach dem Durchlaufen des jeweiligen Verfahrens noch in einem nicht gänzlich ausgehärteten Zustand vorliegen. Es kann deshalb im Zuge eines zweiten, nachgelagerten Prozessschrittes eine Nachaushärtung vorgenommen werden, hierzu kann der noch nicht ganz ausgehärtete Formkörper **1** (auch als Grünling bezeichnet) in beispielsweise einem Ofen durch thermische Einwirkung nachvernetzt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007059865 A1 [0002]
- DE 102011101857 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Verfahren zur additiven Herstellung eines Formkörpers (1), wobei der Formkörper (1) durch sukzessive, vorzugsweise schichtweise, selektive Belichtung und damit einhergehende Verfestigung eines Kunststoffmaterials (7) hergestellt wird, wobei die sukzessive selektive Verfestigung des Kunststoffmaterials (7) auf Grundlage wenigstens eines einen oder mehrere Prozessparameter umfassenden Prozessparametersatzes erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Prozessparametersätze, welche sich in wenigstens einem Prozessparameter unterscheiden, zur additiven Herstellung des Formkörpers (1) verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Prozessparametersätze zur gezielten Einstellung bestimmter Eigenschaften des Formkörpers (1), insbesondere bestimmter mechanischer Eigenschaften des Formkörpers (1), verwendet werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Prozessparametersätze zur selektiven Verfestigung einer selektiv zu verfestigenden Schicht verwendet werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Prozessparametersätze zur selektiven Verfestigung mehrerer selektiv zu verfestigender Schichten verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Prozessparameter die Belichtungszeit, die Belichtungsintensität, das Prozesstemperaturlimit, die Wellenlänge des Lichtstrahls (3, 13) und/oder die Anzahl der verwendeten Lichtquellen (2, 16) ist/sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur sukzessiven selektiven Verfestigung Kunstharz, insbesondere photosensitives Kunstharz eingesetzt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das additive Herstellungsverfahren ein generatives photopolymerisations-Verfahren ist, vorzugsweise ein Stereolithographie-Verfahren (SLA) und/oder ein Continuous Liquid Interface Production Verfahren (CLIP) ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Herstellung des Formkörpers (1) ein Baumaterial mit einer ersten Komponente und mit einer von der ersten unterschiedlichen zweiten Komponente verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Komponente des Baumaterials aus einem durch UV-Licht aushärtbaren Material besteht, vorzugsweise besteht die erste Komponente aus einem duroplastischen Kunststoff, besonders bevorzugt besteht die erste Komponente aus einem Photoinitiator, einem Oligomer und/oder einem Reaktivverdünner besteht.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Komponente des Baumaterials aus einem durch thermische Energieeinwirkung aushärtbaren Material besteht, vorzugsweise besteht die zweite Komponente aus einem duroplastischen Kunststoff, besonders bevorzugt besteht die zweite Komponente aus einem Monomer besteht.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Komponente des Baumaterials einen Kettenverlängerer umfasst.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der herzustellende Formkörper (1) in wenigstens zwei Prozessschritten eine Aushärtung erfährt, wobei in einem ersten Prozessschritt eine UV-Vernetzung des Formkörpers (1) durch Einwirkung eines UV-Lichtes und in einem nachgelagerten, zweiten Prozessschritt eine thermische Aushärtung des Baumaterials durch Wärmeeinwirkung ausgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Belichtung des Baumaterials unter Verwendung wenigstens einer UV-LED-Lichtquelle und/oder wenigstens eines Lasers erfolgt.

14. Formkörper (1) hergestellt durch ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

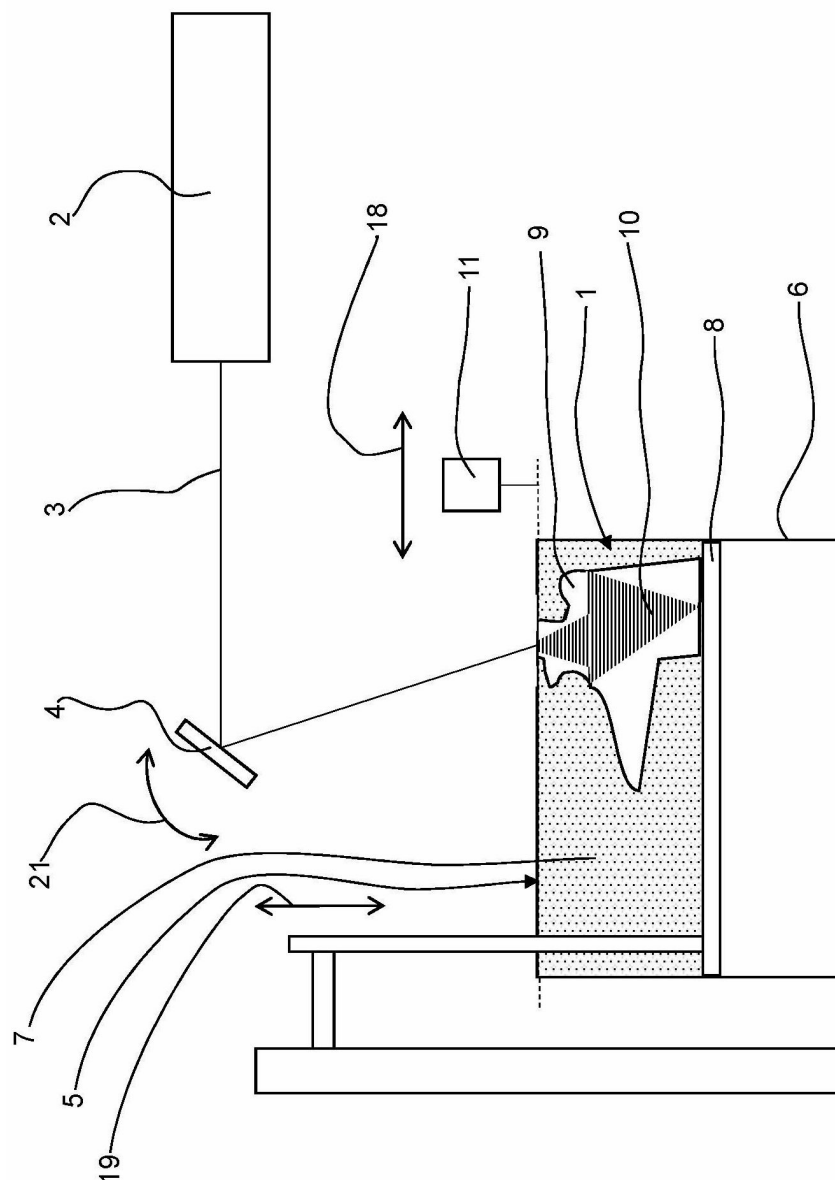


Fig. 1

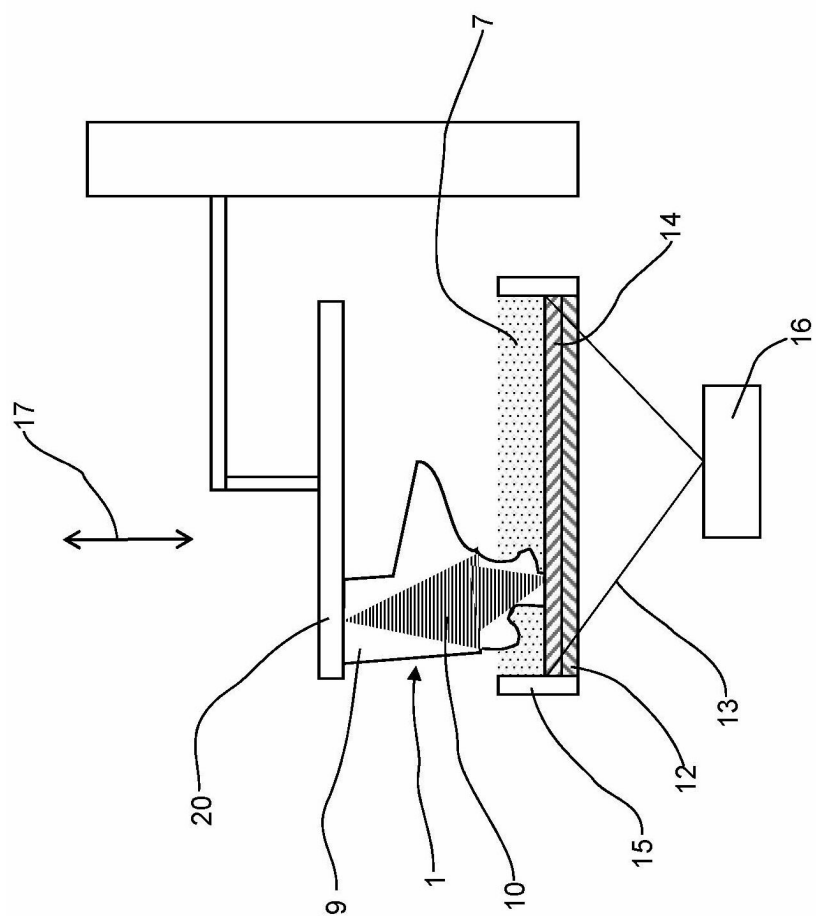


Fig. 2