



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 018 081.6**

(22) Anmeldetag: **06.12.2014**

(43) Offenlegungstag: **09.06.2016**

(51) Int Cl.: **B22F 3/105** (2006.01)

B22F 3/22 (2006.01)

(71) Anmelder:
Universität Rostock, 18055 Rostock, DE

(74) Vertreter:
**Scheunemann, Detlef, Dipl.-Ing., 18581 Putbus,
DE**

(72) Erfinder:
**Lieberwirth, Clemens, M. Sc., 18106 Rostock, DE;
Seitz, Hermann, Prof. Dr.-Ing., 18055 Rostock, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

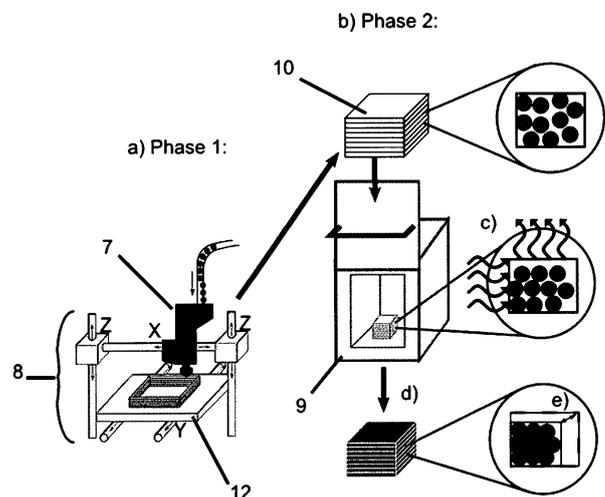
DE 10 2011 005 929 A1
DE 10 2012 217 182 A1
JP 2000-144 205 A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anlage zur additiven Fertigung von Metallteilen mittels eines Extrusionsverfahren - Composite Extrusion Modeling (CEM)**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur additiven Fertigung metallischer Bauteile, das sogenannte Composite-Extrusion-Modeling, vorzugsweise für geschlossene Hohlstrukturen aus Metallen bestehend aus der Kombination der Phasen des additiven Erzeugens eines Grünteils (b) und des Erhitzens des Grünteils (b) zum Entbindern und Sintern der Metallteile, wobei ein Kompositmaterial mittels eines Extruders (7) kurzzeitig plastifiziert und selektiv auf die Bauplattform (12) in Form eines extrudierten Materialfadens zweidimensional aufgetragen, abgekühlt und danach der zweidimensionale Auftrag und das Abkühlen des extrudierten Materialfadens bis zur Fertigstellung des Grünteils (b) fortgesetzt wird und nach Fertigstellung das Grünteil (b) von der Bauplattform (b) entfernt und in an sich bekannter Weise entbindert und gesintert wird. Die Anlage zur Durchführung des Verfahrens besteht aus einer dreidimensional verfahrbaren Kinematik, aus einer Bauplattform (12) und aus an der dreidimensional verfahrbaren Kinematik angeordneten einem oder mehreren Extruder (7), wobei der Extruder (7) aus einem mechanischen Antrieb (1), einem beheizten Gehäuse (2) und einer am beheizten Gehäuse (2) angeordneten, auswechselbaren Düse (3) besteht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur additiven Fertigung metallischer Bauteile, das sogenannte Composite-Extrusion-Modeling.

[0002] Die additive Fertigung von Metallteilen stellt immer noch eine kostspielige und komplexe Alternative zur herkömmlichen Fertigung (Urformen, Spanen etc.) dar. Dennoch findet sie in größeren Betrieben der Branchen Luft- und Raumfahrt, Automobilindustrie und Medizintechnik Anwendung. Dies liegt vor allem daran, dass die additive Fertigung eine nie dagewesene Konstruktionsfreiheit ermöglicht:

- komplexe Formen mit Hinterschneidungen,
- biologische Strukturen bis hin zu eins zu eins Kopien menschlicher Knochenstrukturen,
- Leichtbauteile mit Gitter oder Wabenstrukturen,
- thermisch beanspruchte, strömungsführende Teile (z. B. Raketentriebwerksteile)

[0003] Im Bereich der additiven Fertigungsverfahren haben sich in den vergangenen 30 Jahre verschiedene Verfahren etabliert, die vor allem nach der Art und Weise der Schichtgenerierung in Verbindung mit dem Ausgangsmaterial zu unterscheiden sind.

- das Aushärten eines UV-empfindlichen Harzes
- das Verfestigen eines Pulverbettes durch Bindemittel
- das Aufschmelzen und Erstarren eines Pulverbettes durch Laser- oder Elektronenstrahlen
- das Aufschmelzen und Erstarren eines Kunststoffdrahtes durch eine beheizte Düse

[0004] Die wichtigsten additiven Fertigungsverfahren sind die Stereolithographie (STL), das 3D-Printing (3DP), das Selektive Lasersintern (SLS), das Elektronenstrahlschmelzen (EBM) und das Fused Deposition Modeling (FDM). Die Stereolithographie wurde erstmals in der US 45 75 330 A offenbart. Bei diesem Verfahren wird eine Bauplattform um eine bestimmte Schichtdicke in ein Bad aus flüssigem UV-aushärtbarem Harz getaucht. Mittels eines UV-Lasers wird die erste Schicht des Bauteils auf der Bauplattform verfestigt. Die Schritte des Absenkens und des Verfestigens des Bauteils werden im Nachfolgenden wiederholt und so „wächst“ das Bauteil von unten nach oben auf der Bauplattform. Das Verfahren weist sehr gute Detaillierungen und Oberflächenqualitäten auf, ist aufgrund der verwendeten Harze aber hauptsächlich für Anschauungsmodelle und Muster geeignet.

[0005] Das eigentliche 3D-Printing beschreibt ein Verfahren, bei dem eine Schicht eines pulverförmigen Ausgangsmaterials (Polymere, Keramik, Metall, Sand) mit einem Rakel auf einer Bauplattform aufgetragen wird. Anschließend verfährt ein Druckkopf, ähnlich dem eines Tintenstrahldruckers über dem Pulver und sprüht selektiv ein Bindemittel in das Pul-

ver um die Kontur und Füllung des Bauteils zu verfestigen. Diese beiden Vorgänge wiederholen sich, bis das Bauteil fertiggestellt ist.

[0006] Weitere pulververarbeitende Verfahren sind die Sinter- und Schmelzverfahren, die entweder mit einem Laser (SLS, SLM) die Konturen der Bauteile im Pulverbett verfestigen, oder aber mit einem Elektronenstrahl (EBM). Der Schichtauftrag des metallischen Pulvers erfolgt dabei ähnlich wie beim 3D-Printing in einem abgeschlossenen Bauraum, der vakuumiert wird und unter Schutzgas steht. Die hochenergetischen Strahlen werden entweder über Spiegelmechaniken oder durch Elektromagneten auf dem Pulverbett entlangbewegt. Dabei wird das Pulverbett lokal aufgeschmolzen und verfestigt anschließend wieder.

[0007] Beim SLM- und EBM Verfahren ist der Energieeintrag dabei so hoch, dass sehr dichte Bauteile mit bis zu 99% der Dichte des Vollmaterials entstehen. Beim SLS-Verfahren werden die einzelnen Pulverpartikel lediglich versintert, was zu einem porösen Bauteil führt.

[0008] Die Bauteile der Schmelzverfahren weisen sehr gute mechanische Eigenschaften auf, die Verfahren zählen jedoch bedingt durch die hohen Anschaffungskosten (Laser und Spiegelmechanik) und Materialpreise und die wartungsintensive Technik zu den teuersten Verfahren. Zudem sind die Anlagen oft bis zu 200× größer als der eigentliche Bauraum und bei der Arbeit mit Metallpulvern besteht grundsätzlich die Gefahr von Staubexplosionen und Metallbränden.

[0009] Ein weiteres thermisches Verfahren ist das Fused Deposition Modeling Verfahren. Es wird in der US 51 21 329 A beschrieben. Bei diesem Verfahren wird ein thermoplastischer Kunststoffdraht durch eine beheizte Düse gepresst und bildet durch Bewegen der Bauplattform und/oder des Extruders die einzelnen Schichten des Bauteils auf der Bauplattform ab. Die zweite und alle weiteren Schichten werden dabei jeweils auf die darunter liegende Struktur gedruckt. Im Gegensatz zu den anderen Verfahren entstehen Bauteile hier freigeformt und sind nicht von unverfestigtem Material umgeben.

[0010] Die Verfahren, die zur Fertigung von Metall- und Keramiktteilen geeignet sind, arbeiten mit Metallpulvern sind teuer und erfordern besondere Schutzmaßnahmen. Es ist darauf zu achten, dass es zu keinem Zeitpunkt zu einer Verblasung von Pulver und damit zu einer Staubexplosion und einem Metallbrand kommen darf. Der Bauraum muss nach einem Druckprozess von losem Pulver befreit werden und auch am Bauteil selbst haftet noch eine Pulverkruste, die mit zusätzlichen Geräten entfernt werden muss. Bedingt durch den Schichtaufbau ist der ge-

samte Bauraum um das eigentliche Bauteil und auch Hohlstrukturen im Bauteil mit losem Pulver gefüllt.

[0011] Es gibt bereits Ansätze, neue additive Fertigungsverfahren für die Verarbeitung von metallischen oder keramischen Bauteilen zu etablieren. In der WO 2000 051 809 A1 wird das sogenannte Paste-Polarisation-Verfahren offenbart. Dieses ähnelt in seiner Arbeitsweise der Stereolithographie, mit dem Unterschied, dass als Ausgangsmaterial kein flüssiges UV-sensibles Harz sondern eine Paste verwendet wird. Die Paste besteht aus 35–60% Metall- oder Keramikpartikeln und einem UV-sensiblen Harz. Das Harz dient als Bindemittel und sorgt für die Festigkeit des Bauteils nach dem Druckprozess. Das Verfahren wurde allerdings nicht kommerzialisiert.

[0012] Ein weiteres Hybrid-Verfahren, das die Erzeugung von Metallteilen mittels bekannter additiver Fertigungsverfahren ermöglicht, wird in der DE 10 2005 056 260 B4 beschrieben. Dabei wird das 3D-Printing Verfahren eingesetzt, um Bindemittel in metallisches oder keramisches Pulver zu injizieren. Der Schichtaufbau erfolgt auf dieselbe Weise wie beim 3D-Printing. Nach dem Druckprozess sorgt das ausgehärtete Bindemittel für die Festigkeit im sogenannten Grünteil, durch anschließendes Ausbrennen des Binders in einem Ofen und Versinterung der Metall- oder Keramikpartikel entsteht ein festes Metallteil, das jedoch aufgrund des hohen Binderanteils eine geringe Dichte aufweist. Das Verfahren lässt sich ebenfalls zur Erzeugung von Sandformen und Gusskernen verwenden. Das Verfahren hat weiterhin den Nachteil der hohen Anschaffungskosten, welche eine breitere Verwendung hemmen.

[0013] Die genannten Verfahren haben zudem den Nachteil, dass keine geschlossenen Hohlstrukturen erzeugt werden können, und nicht verfestigtes Material aus dem Bauteilinneren und der Umgebung des Bauteils manuell entfernt werden muss. Des Weiteren ist bei der Fertigung von Metall- und Keramikteilen mittels 3DP weiterhin der anspruchsvolle Umgang mit dem pulverförmigen Ausgangsmaterial zu beachten.

[0014] Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus, in einem Bindemittel gebundenen Metall- und/oder Keramikpartikeln ist das Pulverspritzgießen. Dabei werden mittels Spritzgießen Formteile aus pulverhaltigem Material hergestellt. Ein sogenannter Feedstock wird in einer Plastifiziereinheit mit einer Schnecke durch Wärmeleitung von außen her über am Plastifizierzylinder angebrachte Heizbänder sowie aufgrund Dissipation in der Schmelze beim Durchmischen im Schneckenzyylinder aufgeschmolzen. Der Feedstock besteht aus einem definierten Volumenanteil Pulver und einem Volumenanteil Binderkomponente. Das Verhältnis von Pulver- zu Binderanteil beeinflusst die Fließeigen-

schaften und bestimmt die Schwindung des Bauteils beim Sintern

[0015] Die DE 10 2007 019 100 A1 betrifft ein Verfahren zum Spritzgießen einer spritzgießfähigen Masse in einer Spritzgießmaschine, die eine mit einer Schnecke versehene Plastifiziereinheit, eine Einspritzeinheit, eine Maschinensteuerung und ein Werkzeug mit einer Kavität aufweist, wobei in die Kavität spritzgießfähige Masse eingespritzt werden kann und wobei die spritzgießfähige Masse aus mindestens einer Pulverkomponente und mindestens einer Binderkomponente besteht. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Spritzgießmaschine Die Binderkomponente wird im Plastifizierzylinder schmelzflüssig, während die Pulverkomponente im festen Aggregatzustand bleibt. Nach dem Spritzgießprozess werden die gespritzten Teile gesintert. Der Feedstock wird vor der Verarbeitung auf der Spritzgießmaschine in Compoundiereinrichtungen homogenisiert.

[0016] Der Nachteil bei diesem Verfahren ist der Einsatz von Formwerkzeugen, in das Feedstock-Material eingespritzt wird und dort auch aushärtet. Mit diesem Verfahren sind keine freiformbaren Bauteile zu fertigen, da es sich hierbei um kein additives Fertigungsverfahren handelt.

[0017] Weiterhin wird in der Keramischen Zeitschrift 04/2014 Seite 235 ein FDM-Verfahren zur Herstellung von Grünlingen aus keramischen Werkstoffen beschrieben, wobei eine Keramik-Masse in eine Injektionsspitze gefüllt und diese über x-, y- und z-Achsen verfahren wird, während der Kolben der Injektionsspritze die Masse aus der Düse der Spritze fördert. Hier wird kein Schmelzfaden sondern eine kalte plastische Masse über eine Düse extrudiert und abgelegt.

[0018] Dieses Verfahren dient der Herstellung von Grünlingen aus Keramikmassen, aber nicht der Herstellung von Bauteilen. Dazu sind die Oberflächen zu uneben. Mit dem Verfahren können nur endkonturnahe Halbzeuge zur anschließenden Grün- oder Weißbearbeitung hergestellt werden.

[0019] Mit den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen ist es bisher nicht möglich, metallische, freiformbare Bauteile mit einer hohen Dichte oder geschlossene Hohlstrukturen aus Metall, geringer Schwindung und somit mit einer hohen Festigkeit mittels additiven thermoplastischen Verfahren, wie dem FDM-Verfahren zu fertigen. Hohe Anschaffungs- und Materialkosten, Wartungskosten, die Größe der Anlagen und die Komplexität der Verfahren stellen einen weiteren Nachteil der bisher offenbarten technischen Lösungen der additive Fertigung dar. Weiterhin war es mit den bekannten technischen Lösungen nicht möglich freiformbare Bauteile mit FDM-Verfahren herzustellen, deren Ausgangsmaterial ein

Kompositmaterial aus thermoplastischen Bindemittel und einem hohen Metallpartikelanteil, beispielsweise handelsüblichen Feedstock-Materialien ist.

[0020] Aufgabe der Erfindung ist ein neues additives Verfahren zur Erzeugung von Metallteilen aus Kompositmaterial mit thermoplastischen Binder und Metallpartikel bereitzustellen. Das neue Verfahren soll durch deutlich niedrigere Kosten und ein besseres Verhältnis von Bauraum zu Anlagengröße auch für kleine und mittelständische Unternehmen attraktiv sein. Hierdurch kann die Art und Weise der Produktentwicklung und der Innovationsförderung im Gesamten verbessert werden. Bauteile sollen frei auf der Bauplattform erzeugt werden, wodurch keine manuelle Entfernung von ungebundenem Material bzw. Reinigung des Bauraumes erforderlich sein wird. Des Weiteren soll das Verfahren nur Materialien in gebundener Form verarbeiten um die Gefahr einer Staubexplosion zu verhindern und die Notwendigkeit von Vakuum und Schutzgas während des Druckprozesses zu vermeiden.

[0021] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren und eine Anlage zur additiven Fertigung von Metallteilen mittels eines Extrusionsverfahrens bestehend aus zwei Phasen, dem additiven Erzeugen des Grünteils (Phase 1-a) mittels eines Extruders, (7) angeordnet auf einer dreidimensionalen Kinematik (8) und dem nachträglichen Entbindern und Sintern des Bauteils in einem Ofen (b) gelöst. In Phase 1 wird ein Kompositmaterial, bestehend aus einem thermoplastischen Bindemittel und Metallpartikeln, der sogenannte Feedstock, welcher in fester Form als Granulat oder Sticks mit einem Metallanteil höher als 70% vorliegt, mittels eines Extruders (7) kurzzeitig plastifiziert und selektiv auf die Bauplattform (12) in Form eines extrudierten Materialfadens zweidimensional aufgetragen. Nachdem Kontur und Füllung der ersten Schicht aufgetragen wurden und abgekühlt sind, folgt das Einstellen der Schichtstärke entweder über ein Anheben des Extruders oder Absenken der Bauplattform (12) um die Schichtstärke (dz). Die Schritte des Extrudierens einer neuen Schicht und des Verfahrens der Bauplattform (12) oder des Extruders (7) in z-Richtung werden wiederholt, bis das Grünteil (10) fertiggestellt wurde. Dabei wird lediglich der thermoplastische Binder plastifiziert, der für die Festigkeit des Grünteils (10) sorgt.

[0022] In der zweiten Phase wird das Grünteil (10) aus dem Gerät entnommen und in einen herkömmlichen Sinterofen (9) für metallische Bauteile positioniert. Durch die thermische Einwirkung wird zunächst das Bindemittel aus dem Bauteil gelöst (c). Durch weitere Erhitzung bilden die Metallpartikel an ihren Kontaktstellen sogenannte Sinterhalse. Das heißt die Körner verschmelzen miteinander und gehen eine feste Bindung ein. Nach abgeschlossenem Sinterprozess kann das fertige Bauteil aus dem Ofen entnom-

men werden (d). Aufgrund des gelösten Bindemittels kommt es zu einem definierten Volumenverlust des Bauteils (e).

[0023] In einer weiteren Ausführung der Erfindung werden durch einen zweiten Extruder, angeordnet auf der dreidimensionalen Kinematik Stützstrukturen (11) beispielsweise aus demselben thermoplastischen Material erzeugt, was bereits als Bindemittel im Kompositmaterial verwendet wird.

[0024] Das Entbindern des Grünteils (b) kann nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung entweder nur durch thermische Einwirkung oder durch chemische und thermische Einwirkung vorgenommen werden.

[0025] Die Anlage zur Durchführung des Verfahrens zur additiven Fertigung von Metallteilen mittels eines Extrusionsverfahrens – Composite Extrusion Modeling (CEM) – besteht aus einem oder mehreren Extrudern, die starr an eine in x-, y-, oder z-Achse bewegbarer und an die Steuerung eines 3D-Druckers angeschlossenen Kinematik der Anlage zur Erzeugung der dreidimensionalen Bauteilstruktur frei wählbar montiert ist. Die Bewegungen des Extruders (7) erfolgen über die x-, y- und z-Achse der Kinematik, wobei die Bauplattform (12) unbeweglich oder über eine Kombination aus der Bewegung des Extruders (7) mit der Bewegung der Bauplattform (12) in den entsprechenden Achsen ausgeführt ist.

[0026] Der Extruder (7) besteht aus einem mechanischen Antrieb (1), einem beheizten Gehäuse (2) und aus einer am beheizten Gehäuse (2) befestigten austauschbaren Düse (3), wobei das beheizte Gehäuse (2) mit dem mechanischen Antrieb (1) über geeignet Mittel zum Transport des Kompositmaterials vom mechanischen Antrieb (1) zum beheizten Gehäuse (2) versehen ist.

[0027] In weiteren Ausführungen der Erfindung ist der mechanische Antrieb (1) als Stopfschnecke oder als Zellrad (14) oder als Antriebsräder (15) ausgebildet.

[0028] In einer Auslegung der Erfindung ist das geeignet Mittel zum Transport des Kompositmaterials als Schlauch ausgebildet.

[0029] Das Kompositmaterial in Form eines Granulats, grobkörnigen Pulvers oder Sticks wird mittels des mechanischen Antriebs (1) in das beheizte Gehäuse (2) gefördert, verdichtet und plastifiziert sowie durch eine austauschbare Düse (3) extrudiert. Die Bestückung des mechanischen Antriebes (1) kann dabei entweder aus dem vollen Erfolgen (4), durch eine Überdruckleitung (5) oder eine entsprechende Dosiereinrichtung (6).

[0030] Die Erfindung soll nun anhand eines Beispiels näher erläutert werden wobei die **Fig. 1** eine schematische Darstellung des Verfahrens, die **Fig. 2** eine Skizze des Extruders, die **Fig. 3** eine Skizze des Extruders mit den Möglichkeiten seiner Befüllung, die **Fig. 4** eine Skizze zu einer Stützstruktur, die **Fig. 5** einen mechanischen Antrieb (1) als Zellrad (14) ausgebildet und die **Fig. 6** einen mechanischen Antrieb (1) als Antriebsräder (15) ausgebildet darstellen, wobei:

Bezugszeichenliste

1	mechanischer Antrieb
2	beheiztes Gehäuse
3	Düse
4	Schüttung
5	Überdruckzufuhr
6	Dosiereinheit
7	Extruder
8	x-y-z Kinematik
9	Sinterofen
10	Grünteil
11	Stützstruktur
12	Bauplatzform
13	Stick
14	Zellrad
15	Antriebsräder

[0031] Hierzu wurde der speziell für diesen Zweck konstruierte Extruder (7), bestehend aus einer Stopfschnecke als mechanische Antrieb (1), einem beheizten Gehäuse (2), an dem eine Düse (3) angeordnet ist gefertigt, wobei die Stopfschnecke als mechanischer Antrieb (1) mit dem beheizten Gehäuse (2) über eine Dosiereinheit (6) verbunden und mit einem kommerziellen Metall-Kunststoff-Kompositmaterial, bestehend aus POM als thermoplastischem Bindemittel und Edelstahl-Partikeln mit einem Anteil von 93% am Kompositmaterial bestückt ist. Das Material liegt beispielsweise als Granulat vor welches für gewöhnlich im Pulverspritzguss als sogenannter Feedstock verwendet wird. Es wird eine optimale Temperatur von 240°C und eine Extrusionsgeschwindigkeit von umgerechnet 10 mm/s eingestellt. Der Extruder wurde senkrecht auf einer XYZ-Portalkinematik installiert und an die Steuerung eines 3D-Druckers angeschlossen. Über die Steuerung wurde dann auf die Bauplatzform (12) eine zweidimensionale fadenförmige Struktur des Materials aufgetragen und ausgehärtet. Danach wurde der Extruder in der Schichtdicke (dz) in z-Achse nach oben verfahren und erneut die fadenförmige Materialstruktur über die Düse (3) des Extruders (7) auf die vorhandenen Struktur auf der Bauplatzform (12) aufgetragen und ausgehärtet. Dies wird so lange wiederholt bis das Bauteil als Grünteil (10) vorliegt. Nach der Fertigstellung des Grünteils (10) wird es von der Bauplatzform (12) entfernt und in einem Sinterofen (9) vom Bindemittel entbindert und durch weitere Erhitzung bilden

die Metallpartikel an ihren Kontaktstellen sogenannte Sinterhalse. Das heißt, die Körner verschmelzen miteinander und gehen eine feste Bindung ein. Nach abgeschlossenem Sinterprozess kann das fertige Bauteil aus dem Ofen entnommen werden Aufgrund des gelösten Bindemittels kann es zu einem definierten Volumenverlust des Bauteils kommen.

[0032] Die Grünteilfestigkeit entspricht dabei der des thermoplastischen Bindemittels und ist damit ausreichend um das Bauteil unbeschadet von der Bauplatzform zu entfernen. Da es sich bei dem Material beispielsweise um ein Standardgranulat für den Pulverspritzguss handelt, ist die Machbarkeit der Nachbearbeitung des Grünteils mittels eines Sinterofens gewährleistet. Von diesem Punkt an unterscheidet sich das Verfahren faktisch nicht von dem Sinterprozess im Pulverspritzguss.

[0033] Die Erfindung ermöglicht es komplexe Bauteile aus hoch-festen keramischen oder metallischen Materialien zu erzeugen z. B. Edelstahl, die eine Dichte von 98% des Vollmaterials entsprechen. Dabei ist das Verfahren um ein vielfaches günstiger als vergleichbare additive Fertigungsverfahren und hat ein deutlich besseres Verhältnis von Bauraum zu Anlagengröße. Durch die Möglichkeit interne Hohlstrukturen zu erzeugen, können völlig neue Konstruktionselemente im Bereich des Leichtbaus entwickelt werden. Beispielsweise Teile mit geschlossenen Oberflächen und internen Waben- und Gitterstrukturen. Durch die niedrigen Kosten des Verfahrens werden diese Leichtbauteile günstiger und damit einer breiteren Anwendergruppe zugänglich gemacht. Bedingt durch die Tatsache, dass während des Druckprozesses (Phase 1) nur der thermoplastische Anteil des Kompositmaterials plastifiziert wird, liegt das Metall oder Keramikpulver zu keinem Zeitpunkt in ungebundener Form vor, wodurch die Gefahr einer Staubexplosion gebannt ist. Der Druckprozess kann aus diesem Grund in Umgebungsatmosphäre stattfinden und benötigt keine Schutzausrüstung. Die Anlagen zur Erzeugung der Bauteile in Phase 1 sind verhältnismäßig klein und besitzen eine robuste Mechanik, dadurch ist das Verfahren ebenfalls für den mobilen Einsatz geeignet. Der Schichtaufbau von thermoplastischem Material ist ebenfalls für die Schwerelosigkeit geeignet.

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

- US 4575330 A [0004]
- US 5121329 A [0009]
- WO 2000051809 A1 [0011]
- DE 102005056260 B4 [0012]
- DE 102007019100 A1 [0015]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Zeitschrift 04/2014 Seite 235 [0017]

Patentansprüche

1. Verfahren zur additiven Fertigung von freiformbaren Metallteilen mittels eines Extrusionsverfahrens bestehend aus der Kombination der Phasen des additiven Erzeugens eines Grünteils (b) und des Erhitzens des Grünteils (b) zum Entbindern und Sintern der Metallteile, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Kompositmaterial mittels eines oder mehrerer Extruder (7) kurzzeitig plastifiziert und selektiv auf die Bauplattform (12) in Form eines extrudierten Materialfadens zweidimensional aufgetragen, abgekühlt und danach das zweidimensionale Auftragen und Abkühlen des extrudierten Materialfadens bis zur Fertigstellung des Grünteils (b) fortgesetzt wird, wobei nach Fertigstellung das Grünteils (10) von der Bauplattform (12) entfernt und in an sich bekannter Weise entbindert und gesintert wird.

2. Verfahren zur additiven Fertigung von Metallteilen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kompositmaterial aus einem thermoplastischen Bindemittel und Metallpartikel besteht und in fester Form vorliegt.

3. Verfahren zur additiven Fertigung von Metallteilen nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kompositmaterial als Granulat, grobkörniges Pulver oder als Stick mit einem Metallanteil höher als 70% vorliegt.

4. Verfahren zur additiven Fertigung von Metallteilen nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem thermoplastischen Bindemittel des Kompositmaterials Stützstrukturen (11) hergestellt werden.

5. Verfahren zur additiven Fertigung von Metall- und/oder Keramikteilen nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Entbindern des Grünteils (10) durch thermische Einwirkung oder durch chemische und/oder thermische Einwirkung erfolgt.

6. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 5, bestehend aus einer dreidimensional verfahrbaren Kinematik, aus einer Bauplattform (12) und aus an der dreidimensional verfahrbaren Kinematik angeordneten ein oder mehreren Extruder (7), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Extruder (7) aus einem mechanischen Antrieb (1) für das zu extrudierende Kompositmaterial, einem beheizten Gehäuse (2) und aus einer am Gehäuse (2) angeordneten, auswechselbaren Düse (3) besteht, wobei das beheizte Gehäuse (2) über geeignete Mittel zum Transport des Kompositmaterials mit dem mechanischen Antrieb (1) verbunden ist.

7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das geeignete Mittel zum Transport

des Kompositmaterials vom mechanischen Antrieb (1) zum beheizten Gehäuse (2) als ein Schlauch ausgebildet ist.

8. Anlage nach Anspruch 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mechanische Antrieb (1) als Stopfschnecke oder als Zellrad (14) oder als Antriebsräder (15) ausgebildet ist.

9. Anlage nach Anspruch 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass am mechanischen Antrieb (1) für das zu extrudieren Kompositmaterial eine Überdruckleitung (5) oder eine Dosiereinrichtung (6) zur Bestückung mit in fester Form vorliegenden Kompositmaterial in Form von thermoplastischen Bindemittel und Metallpartikel angeordnet sind.

10. Anlage nach Anspruch 6 bis 7 **dadurch gekennzeichnet**, dass an der dreidimensional verfahrbaren Kinematik oder an der Bauplattform (12) ein oder mehrere Extruder angeordnet sind.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

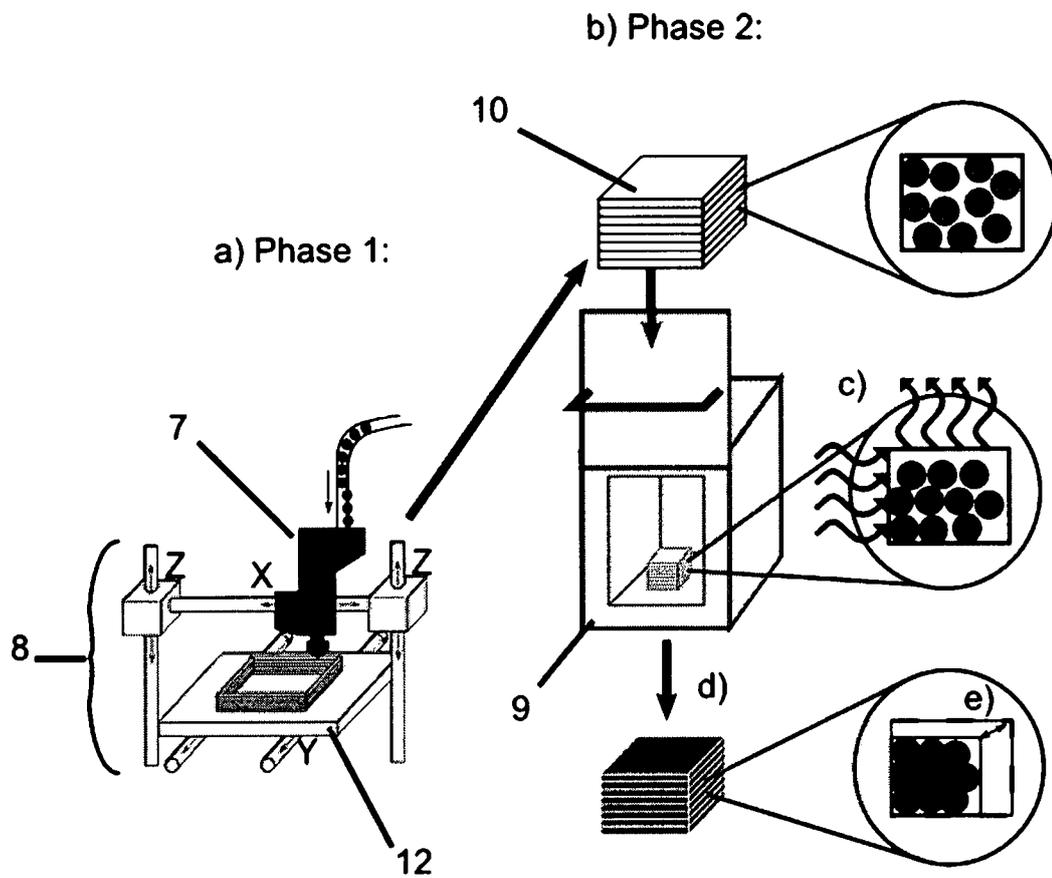


Fig.2

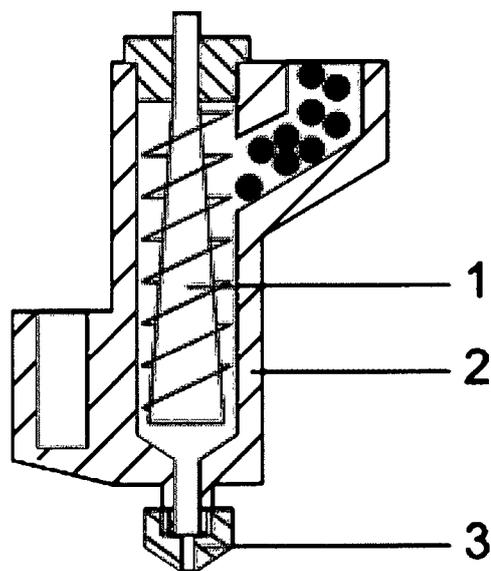


Fig. 3

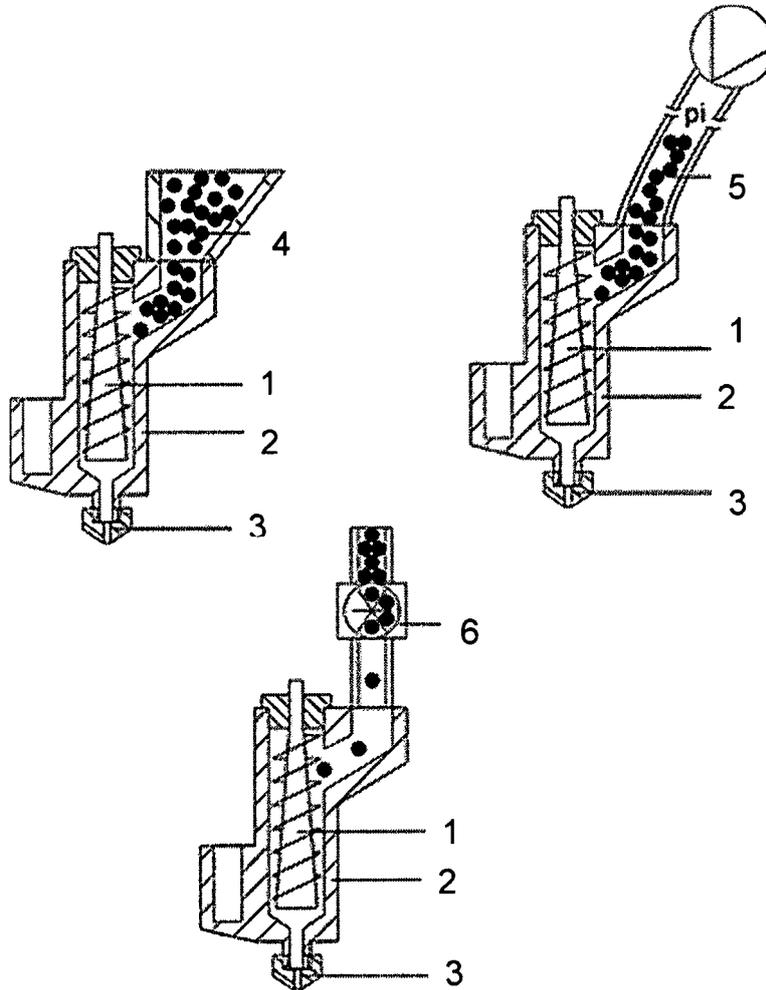


Fig. 4

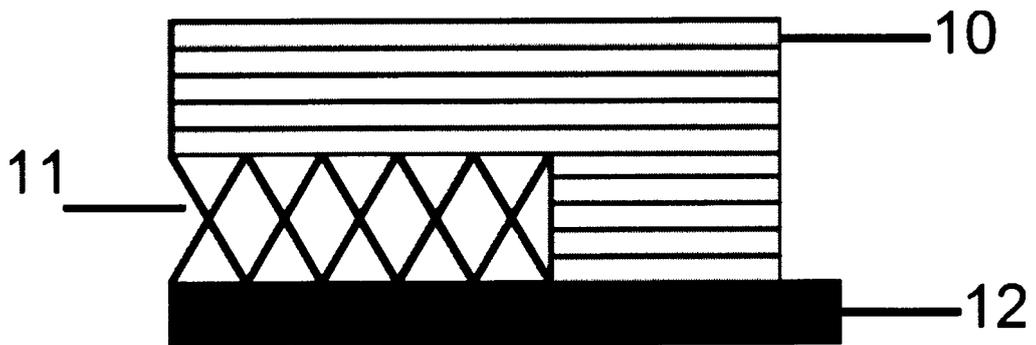


Fig.5

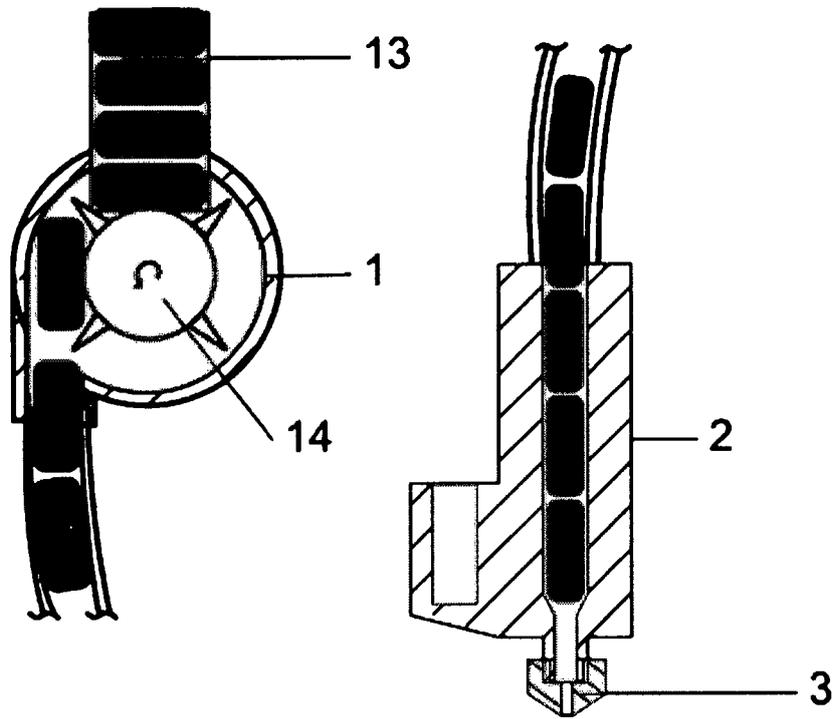


Fig. 6

