



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 024 465 A1** 2009.11.26

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 024 465.1**

(22) Anmeldetag: **21.05.2008**

(43) Offenlegungstag: **26.11.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B29C 67/04** (2006.01)

**C08G 69/00** (2006.01)

**C08J 3/28** (2006.01)

(71) Anmelder:

**EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152 Krailling, DE**

(74) Vertreter:

**PRÜFER & PARTNER GbR, 81479 München**

(72) Erfinder:

**Pfister, Andreas, Dr., 81475 München, DE; Gersch, Mandy, Dr., 89073 Ulm, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

**DE 101 05 504 A1**

**DE 603 03 275 T2**

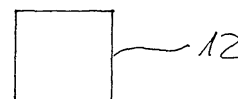
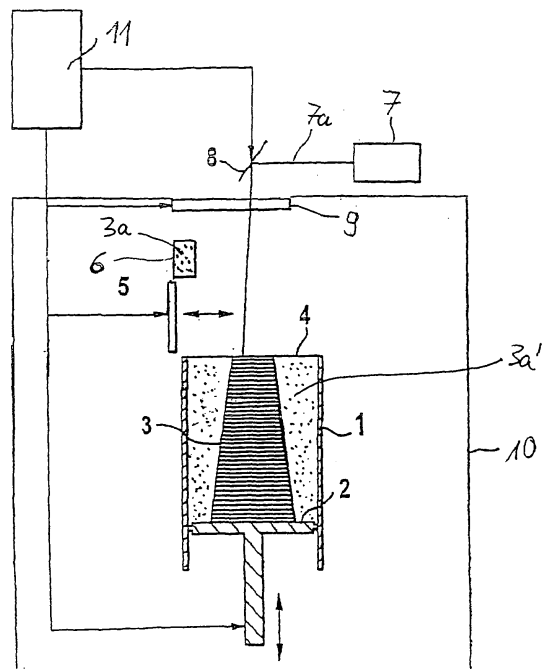
**DE 103 30 590 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts aus einem pulverförmigen Material**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch selektives Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen Materials (3a) an den dem Querschnitt des Objekts (3) in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen mittels Einwirkung von elektromagnetischer Strahlung (7a) bereitgestellt, wobei als Pulver ein Kunststoffpulver, vorzugsweise ein Polyamid, verwendet wird, bei dem nichtverfestigtes Pulver (3a') nach dem Herstellen des Objekts einer Behandlung mit Wasser oder Wasserdampf unter erhöhter Temperatur unterzogen wird, anschließend getrocknet wird und sodann zum Aufbau eines neuen Objekts weiter verwendet wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts aus einem pulverförmigen Material. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren des selektiven Lasersinterns, nachfolgend kurz "Lasersinterverfahren" genannt, und eine Lasersintervorrichtung, mit dem bzw. mit der ein dreidimensionales Objekt aus einem Kunststoffpulver, vorzugsweise aus Polyamid, kostengünstig und umweltschonend hergestellt werden kann.

**[0002]** Ein Lasersinterverfahren und eine Lasersintervorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. des Patentanspruchs 9 sind beispielsweise aus der DE 101 05 504 A1 bekannt. Bei dem Verfahren wird insbesondere ein Kunststoffpulver wie z. B. Polyamid verwendet. Besonders gut geeignet ist dabei ein Polyamid 12 mit einer Schmelztemperatur von 185–189°C, einer Schmelzenthalpie von  $112 \pm 17$  kJ/mol und einer Erstarrungstemperatur von 138–143°C, wie es in der EP 0 911 142 beschrieben wird. Das Pulver hat eine mittlere Korngröße von 50–150 µm.

**[0003]** Bei dem bekannten Verfahren wird für einen Bauprozess jeweils eine bestimmte Menge an Altpulver, d. h. Pulver, das als nichtgesintertes Pulver aus einem oder mehreren vorherigen Bauprozessen übrig bleibt, verwendet.

**[0004]** Durch den Aufenthalt in der Prozesskammer während der Herstellung des dreidimensionalen Objekts wird das nichtverfestigte Pulver thermisch und/oder thermooxidativ beschädigt und hat dadurch andere Materialeigenschaften und damit auch andere Verarbeitungsparameter als Neupulver. Daher kann es nur in bestimmten Anteilen dem Neupulver zugemischt werden ohne den Bauprozess und die Bauteilqualität zu gefährden. Die sogenannte Auffrischrate ist das Verhältnis von Neupulver zu Altpulver bei dem für einen Bauprozess einzusetzenden Pulver. Diese soll möglichst klein sein, da dann Kosten für Neupulver eingespart werden können.

**[0005]** In der DE 101 05 504 A1 wird vorgeschlagen, das Altpulver oder eine Mischung aus Altpulver und Neupulver vor dem Verfestigen durch Fluidisieren vorzubehandeln, um die Wirkung von alterungsbedingten Schäden zu reduzieren und damit mehr Altpulver beimischen zu können. Durch die Vorbehandlung mit Fluidisieren lassen sich jedoch nicht alle alterungsbedingten Schäden des Pulvers eliminieren. Insbesondere verursacht ein zu hoher Anteil an Altpulver eine unbefriedigende Oberflächenbeschaffenheit der äußeren Bauteilwände durch sogenannte Einfallstellen, die auch "sink marks" oder "orange peel" genannt werden.

**[0006]** Aus der WO 2005/097475 und aus der DE 10 2004 047 876 A1 sind Lasersinterverfahren und Lasersinterpulver bekannt, bei denen das Problem der Einfallstellen dadurch verringert wird, dass ein bestimmtes Material verwendet wird, welches eine erhöhte Stabilität im Lasersinterprozess hat und somit weniger alterungsbedingte Schäden aufweist, wenn es als Altpulver verwendet wird. Beispielsweise ist das Pulver gemäß der DE 10 2004 047 876 A1 dadurch gekennzeichnet, dass es eine Mischung von disäure- und diamingeregeltem Polyamid und/oder Copolyamid aufweist. Der Benutzer ist aber dann darauf angewiesen, dieses spezielle Pulver zu verwenden, welches wiederum andere Eigenschaften als das gewohnte bisher verwendete Pulver hat und möglicherweise nicht allen Anforderungen gerecht wird.

**[0007]** Aus der DE 10 2006 023 484.7 ist es ferner bekannt, das Problem der Einfallstellen dadurch zu eliminieren, dass das pulverförmige Aufbaumaterial beim Aufbringen einer Schicht mechanisch verdichtet wird. Dies erfordert das Vorhandensein eines speziellen Beschichters.

**[0008]** Aus der US 2004/0138344 A1 ist es bekannt, den Schmelzpunkt und die Schmelzenthalpie von Polyamid durch Inkontaktbringen des Polyamids mit Wasser oder Wasserdampf zu erhöhen. So können bestimmte Polyamide für das Lasersintern geeignet gemacht werden.

**[0009]** Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts, insbesondere ein Lasersinterverfahren und eine Lasersintervorrichtung bereitzustellen, mit dem bzw. mit der die Auffrischrate verringert werden kann und somit die Kosten des Verfahrens reduziert sowie die Umweltverträglichkeit erhöht werden kann.

**[0010]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1 und eine Vorrichtung nach Patentanspruch 9. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0011]** Das Verfahren nach Anspruch 1 weist den Vorteil auf, dass herkömmliches Kunststoffpulver zum La-

sersintern, wie z. B. das oben genannte, aus der EP 0 911 142 bekannte Polyamid 12, dessen Eigenschaften hinlänglich bekannt sind, verwendet werden können.

**[0012]** Das Verfahren kann auf herkömmlichen Kunststofflasersintermaschinen durchgeführt werden. Die Behandlung des Altpulvers kann in einem separaten Behälter am Ort der Lasersintermaschine oder in einer zentralen Recyclingstelle vorgenommen werden. Somit sind keine aufwendigen Nachrüstungen von vorhandenen Maschinen erforderlich. Der separate Behälter zur Behandlung des Altpulvers kann auch als Zusatzvorrichtung zur bereits vorhandenen Lasersintermaschine verwendet werden.

**[0013]** Die Behandlung des Altpulvers ist kostengünstig und umweltverträglich, da keine besonderen Chemikalien zum Einsatz kommen. Somit kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Umweltverträglichkeit des Lasersinterverfahrens erhöht werden, indem kein oder nur noch wenig nicht mehr verwendbares Altpulver in den Abfall gelangt.

**[0014]** Die Behandlung des Altpulvers ist kostengünstiger als die Herstellung des Neupulvers und ist auch rentabel für kleinere Pulvermengen. Somit können die Kosten des Lasersinterverfahrens gesenkt werden.

**[0015]** Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der nachfolgenden Figuren.

**[0016]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Erfindung am Beispiel einer Lasersintervorrichtung.

**[0017]** [Fig. 2](#) zeigt eine Testgeometrie für ein Bauteil, das lasergesintert werden soll.

**[0018]** [Fig. 3](#) zeigt ein lasergesintertes Bauteil, das aus 100% Altpulver hergestellt wurde.

**[0019]** [Fig. 4](#) zeigt ein lasergesintertes Bauteil, das keine Einfallsstellen mehr aufweist und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren aus recyceltem Altpulver hergestellt wurde.

**[0020]** Die in [Fig. 1](#) dargestellte Lasersintervorrichtung weist eine nach oben hin offenen Behälter **1** mit einem darin in vertikaler Richtung bewegbaren Träger **2** auf, der das zu bildende Objekt **3** trägt und ein Baufeld definiert. Der Träger **2** wird in vertikaler Richtung so eingestellt, dass die jeweils zu verfestigende Schicht des Objekts in einer Arbeitsebene **4** liegt. Weiterhin ist ein Beschichter **5** zum Aufbringen des durch elektromagnetische Strahlung verfestigbaren pulverförmigen Aufbaumaterials **3a** vorgesehen. Dem Beschichter **5** wird das Aufbaumaterial **3a** aus einem Vorratsbehälter **6** zugeführt. Die Vorrichtung weist ferner einen Laser **7** auf, der einen Laserstrahl **7a** erzeugt, der durch eine Ablenkeinrichtung **8** auf ein Einkoppelfenster **9** gelenkt und von diesem in die Prozesskammer **10** hindurchgelassen und in einem vorbestimmten Punkt in der Arbeitsebene **4** fokussiert wird.

**[0021]** Es ist ferner eine Steuereinheit **11** vorgesehen, über die die Bestandteile der Vorrichtung in koordinierter Weise zum Durchführen des Bauprozesses gesteuert werden.

**[0022]** Außerhalb der Prozesskammer **10** ist eine Vorrichtung **12** zum Behandeln von nichtverfestigtem Altpulver vorgesehen. Diese Vorrichtung weist eine nicht dargestellte Wasserdampferzeugungseinrichtung, eine Heizeinrichtung zum Bringen des Wasserdampfs auf eine vorbestimmte Temperatur und eine Trocknungseinrichtung auf. Bei der Vorrichtung zum Behandeln von Altpulver **12** kann es sich beispielsweise um einen Autoklaven handeln. Die Trocknungseinrichtung kann beispielsweise ein Warmluftgebläse sein. Die Vorrichtung zum Behandeln von Altpulver umfasst ferner eine (nicht gezeigte) Steuerung zum Einstellen der Temperatur und der Dauer der Behandlung.

**[0023]** Die Vorrichtung zum Behandeln von Altpulver **12** kann optional mit der Prozesskammer und dem Vorratsbehälter über ein Fördersystem (nicht gezeigt) verbunden sein. Somit kann nicht verfestigtes Altpulver abgesaugt werden und nach der Behandlung dem Vorratsbehälter wieder zugeführt werden. Optional ist die Vorrichtung zum Behandeln von Altpulver **12** nur mit dem Vorratsbehälter verbunden, so dass Altpulver nach Entnehmen des Objekts mit dem umgebenden nichtverfestigten Material zugeführt wird. In einer weiteren Abwandlung kann die Vorrichtung zum Behandeln von Altpulver **12** auch in den Vorratsbehälter integriert sein.

**[0024]** Optional wird nach dem Job die Nachbehandlung des Altpulvers im offenen Behälter (**1**) mitsamt den Bauteilen durchgeführt. Dabei wird der komplette offene Behälter (Wechselrahmen) aus der Lasersinterma-

schine entnommen und in einer Vorrichtung **12** dem Nachbehandlungsprozeß unterzogen.

**[0025]** In einer weiteren Abwandlung ist die Vorrichtung zum Behandeln von Altpulver **12** an einem fernliegenden Ort vorgesehen und das Altpulver kann dorthin transportiert werden sowie nach der Behandlung wieder zur Lasersintermaschine zurücktransportiert werden.

**[0026]** Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben. Als Pulver wird vorzugsweise ein Polyamid 12 verwendet, wie es in der EP 0 911 142 beschrieben ist. Das Pulver hat üblicherweise eine Korngröße zwischen etwa 50 µm und etwa 150 µm. Das Pulver kann Zusatzstoffe, wie Rieselhilfen, Farbpigmente, Füllstoffe, Flammschutzmittel oder weitere Zusatzstoffe enthalten.

**[0027]** Das Pulver **3a** wird aus dem Vorratsbehälter **6** Schicht für Schicht auf den Träger bzw. eine zuvor verfestigte Schicht aufgetragen und mit dem Laser an in dem Querschnitt des Objekts entsprechenden Stellen in jeder Schicht verfestigt. Nach dem Herstellen des Objekts wird nichtversintertes, das Objekt umgebende Pulver **3a'** der Vorrichtung zum Behandeln von Altpulver **12** zugeführt. Dort wird es für etwa 1 bis etwa 48 Stunden bei Temperaturen von mindestens 130°C und höchstens 10°C unterhalb des Schmelzpunktes des Pulvers mit Wasserdampf behandelt. Für ein Polyamid 12 und Polyamid 11 liegt die Behandlung vorzugsweise bei etwa 130°C bis etwa 170°C. Anschließend wird es im Trockenschrank, der Bestandteil der Vorrichtung **12** ist, getrocknet. Die Trocknungstemperatur liegt dabei geringer 100°C, vorzugsweise zwischen 50–70°C. Die Dauer und die Temperatur der Behandlung hängen davon ab, welches Alter das Altpulver bereits aufweist. Je älter das Pulver ist, ggf. wenn es schon einige Herstellungsverfahren zuvor verwendet wurde, desto länger muss es behandelt werden. Durch Erhöhung der Temperatur kann die Wiederherstellung beschleunigt werden. Die erforderliche Temperatur liegt jedoch unterhalb des Schmelzpunkts, um ein Zusammenbacken der Pulverkörner zu verhindern.

**[0028]** Durch das Altern beim Lasersinterprozess kommt es zu einem Molmassenaufbau des Polyamids durch Nachkondensation. Das der Behandlungsvorrichtung **12** zugeführte Altpulver **3a'** weist ein deutlich höheres Molekulargewicht auf als Neupulver. Je nach Alter und Temperaturbelastung steigt das Molekulargewicht des Altpulvers an. Bspw. weist ein erfindungsgemäßes Altpulver vor der Behandlung ein Molekulargewicht  $M_n$  (Zahlenmittel) von größer 20.000 g/mol, vorzugsweise 21.000–100.000 g/mol, besonders bevorzugt 22.000–50.000 und ganz besonders bevorzugt 25.000–35.000 und  $M_w$  (Gewichtsmittel) von größer 40.000 g/mol, vorzugsweise 45.000–200.000 besonders bevorzugt 50.000–150.000 und ganz besonders bevorzugt 60.000–100.000 auf. Nach der Behandlung weist das recycelte Pulver ein Molekulargewicht auf, das um mindestens 5%, vorzugsweise 10–70% und besonders bevorzugt 20–50% unter dem des Altpulvers liegt. Das recycelte Pulver weist ein  $M_n$  (Zahlenmittel) von kleiner 40.000 g/mol, vorzugsweise 15.000–30.000 g/mol, besonders bevorzugt 17.000–25.000 und ganz besonders bevorzugt 19.000–21.000 und  $M_w$  (Gewichtsmittel) von kleiner 100.000 g/mol, vorzugsweise 35.000–70.000 besonders bevorzugt 37.000–50.000 und ganz besonders bevorzugt 38.000–45.000 auf.

**[0029]** Durch das Altern beim Lasersinterprozess kann sich auch das Gleichgewicht zwischen den Carboxylendgruppen zu den Aminoendgruppen des Polyamid 12 in Richtung zu einem Überschuss einer der beiden Endgruppen, vorzugsweise der Carboxylendgruppe, verschieben. Das der Behandlungsvorrichtung **12** zugeführte Altpulver **3a** weist vorzugsweise einen Überschuss einer Endgruppe, vorzugsweise der Carboxylendgruppe, von wenigstens 4:1 bis höchstens 200:1 auf. Je nach Alter des Pulvers kann der Überschuss 4:1, 5:1, etc., 100:1 bis 200:1 sein. Durch die Behandlung verringert sich vorzugsweise der Überschuss an Endgruppen. Besonders bevorzugt stellt sich ein Überschuss der Endgruppen, vorzugsweise der Carboxylendgruppen, von etwa 2:1 bis 3:1 ein

**[0030]** In einem konkreten Ausführungsbeispiel wird ein Pulver verwendet, welches von der Firma EOS GmbH Electro Optical Systems unter dem Handelsnamen Primepart erhältlich ist und welches dem Pulver, das in der EP 0 911 142 beschrieben ist, entspricht sowie weitere Zusatzstoffe enthält. Ein noch nicht in einem Lasersinterprozess verwendetes Neupulver weist typischerweise folgende Parameter auf: Molmasse (Zahlenmittel)  $M_n = 19.600$  g/mol, Molmasse (Gewichtsmittel)  $M_w = 42.500$  (g/mol). Nach dem Sinterprozess hat das Altpulver folgende Parameter:  $M_n = 27.200$  g/mol,  $M_w = 85.600$  g/mol. Dieses Altpulver wird in der Behandlungsvorrichtung mit Heißdampf von 140°C unterschiedlich lange behandelt und anschließend getrocknet. Das behandelte Altpulver hat dann die in der Tabelle angegebenen Werte. Je nach Behandlungsdauer ist es möglich wieder das Molekulargewicht des Neupulvers einzustellen. Das ist unabhängig vom Molekulargewicht des Neupulvers bzw. des Altpulvers. Es ist daher auch unwesentlich, ob das Altpulver aus einem Kreislauf oder mehreren Kreisläufen stammt.

Proben	Molmassenbestimmung (GPC)	
	Mn	Mw
Neupulver	19500	42600
Altpulver	27200	85600
140°C, 1 h	25800	77100
140°C, 6 h	24500	70300
140°C, 12 h	20300	54000
140°C, 24 h	19100	48600

**[0031]** Die Werte wurden mittels Gelpermatationschromatographie (GPC) in Hexafluorisopropanol bestimmt. Die Bestimmung der Molmassen erfolgte rechnergestützt über die so genannte Streifenmethode. Dabei wird der eluierte Peak in mehrere äquidistante Volumenscheiben unterteilt, die mit der Messfrequenz identisch sind. Über die Kalibrierung werden dann die Elutionsvolumina in Molmassen transformiert.

**[0032]** Als Kalibrierstandard wurde engverteiltes Polymethylmethacrylate (PMMA), gelöst in HFIP, verwendet. Die genaue Durchführung und Auswertung sind dem Fachmann bekannt.

**[0033]** Das behandelte Pulver wird sodann für einen erneuten Lasersinterprozess eingesetzt. Die mit dem behandelten Primepart-Pulver hergestellten Lasersinter-Bauteile (Lasersintermaschine EOS P380, Parameter z. B. Mechanik, Compromise, Surface) weisen im Vergleich zum Altpulver und je nach Lage im Baufeld deutlich weniger bzw. keine Einfallstellen mehr auf.

**[0034]** Die Überprüfung der Einfallstellenneigung kann mit einer relativ einfachen Keil-Testgeometrie, welche unterschiedlich geneigte Schrägen von mindestens 15–30°, vorzugsweise 0–50° enthalten, beim Lasersintern überprüft werden. Wobei 0° gleichzusetzen ist mit einer vertikalen Fläche in der z-Achse des Bauraums. Die Mindestmaße des Keils betragen 45 × 25 × 30 mm (Länge × Breite × Höhe). Eine typische Testgeometrie ist in [Fig. 2](#) dargestellt.

**[0035]** [Fig. 3](#) zeigt ein lasergesintertes Bauteil, das mit 100% Polyamid Altpulver hergestellt wurde. Die Einfallstellen sind deutlich zu sehen. [Fig. 4](#) zeigt ein lasergesintertes Bauteil derselben Geometrie, bei dem das Pulver der oben beschriebenen Behandlung unterzogen wurde. Einfallstellen sind nicht vorhanden.

**[0036]** Bei der Behandlung des Altpulvers bleibt der Schmelzpunkt bzw. Kristallisationspunkt des Pulvers etwa konstant, oder senkt sich leicht ab. In der Regel liegt die Absenkung bei 0–5°C. Schmelz- und Kristallisationspunkt des Pulvers können mittels Dynamische Differenzkalometrie (DKK bzw. DSC) gemäß DIN 53765 bestimmt werden.

**[0037]** Die Behandlung kann entweder vom Benutzer der Lasersintermaschine in der Behandlungsvorrichtung **12** selbst vorgenommen werden oder von einer zentralen Stelle, die eine Behandlungsvorrichtung **12** aufweist und Altpulver zum Recyceln entgegennimmt.

**[0038]** Das Verfahren ist nicht auf die Verwendung von Polyamid 12 beschränkt. Es können sowohl andere aliphatische Polyamide wie z. B. Polyamid 6, Polyamid 11, Polyamid 46, Polyamid 66, Polyamid 1010, Polyamid 1012, Polyamid 1212 sowie deren Copolymere und andere teilaromatische Polyamide wie z. B. Polyamid PA6T/6I, Poly-m-Xylylenadipinamid (PA MXD6), Polamid 6/6T, Polyamid PA6T/66, PA4T/46 verwendet werden. Prinzipiell lassen sich alle Polyamide verwenden, bei denen beim Lasersinterprozess in der Prozesskammer beim nichtverfestigten Pulver eine Erhöhung des Molekulargewichts durch Nachkondensation auftritt.

**[0039]** Das Verfahren ist auch anwendbar auf alle Kunststoffpulver, bei denen das nichtverfestigte Pulver in der Prozesskammer einem Alterungsprozess unterliegt, der zu einer Verschiebung des Verhältnisses aus Carboxylendgruppen und Aminoendgruppen führt.

**[0040]** Das Verfahren und die Vorrichtung sind auch nicht auf das Lasersinterverfahren bzw. die Lasersintervorrichtung beschränkt. Es ist im Prinzip anwendbar auf alle schichtweisen Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts, bei denen in der Prozesskammer auf das nichtverfestigte Pulver Bedingungen (hohe Temperaturen) einwirken, die das Pulver altern lassen. Weitere Beispiele für diese Verfahren sind das Maskensintern und das Elektronenstrahlsintern.

**[0041]** Das Verfahren ist nicht darauf beschränkt, daß die Behandlung nur mit Wasser oder Wasserdampf stattfindet. Ebenso ist es möglich, daß bei der Behandlung zusätzlich Additive wie bspw. Kondensations-Katalysatoren oder amidbildende Kettenregler zugesetzt werden können. Solche Katalysatoren und Regler sind dem Fachmann bekannt.

**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 10105504 A1 [[0002](#), [0005](#)]
- EP 0911142 [[0002](#), [0011](#), [0026](#), [0030](#)]
- WO 2005/097475 [[0006](#)]
- DE 102004047876 A1 [[0006](#), [0006](#)]
- DE 102006023484 [[0007](#)]
- US 2004/0138344 A1 [[0008](#)]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- DIN 53765 [[0036](#)]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch selektives Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen Materials (**3a**) an den dem Querschnitt des Objekts (**3**) in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen mittels Einwirkung von elektromagnetischer Strahlung (**7a**), wobei als Pulver ein Kunststoffpulver verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass nichtverfestigtes Pulver (**3a'**) nach dem Herstellen des Objekts einer Behandlung mit Wasser oder Wasserdampf unterzogen wird und anschließend zum Aufbau eines neuen Objekts weiterverwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Pulver Polyamid verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Behandlung unter erhöhter Temperatur durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulver nach der Behandlung getrocknet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauer der Behandlung in Abhängigkeit vom Alter des Pulvers gewählt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Pulver Polyamid 12 verwendet wird und die Behandlung mit Heißdampf bei einer Temperatur von etwa 130°C bis etwa 170°C, vorzugsweise 130°C bis etwa 150°C erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulver Zusatzstoffe wie z. B. Rieselhilfen, Füllstoffe, Farbpigmente oder Flammenschutzmittel enthält.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass als elektromagnetische Strahlung Laserstrahlung (**7a**) verwendet wird.
9. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch selektives Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen Materials (**3a**) an den dem Querschnitt des Objekts (**3**) in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen mittels Einwirkung von elektromagnetischer Strahlung (**7a**), mit einer Strahlungsquelle (**7**) für die elektromagnetische Strahlung, einem Bauraum (**10**) mit einem Träger (**2**), auf dem das Objekt (**3**) aufgebaut wird, und einer Beschichtungseinrichtung (**5**) zum Aufbringen von Schichten des pulverförmigen Materials auf den Träger oder eine zuvor verfestigte Schicht, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung zur Behandlung (**12**) von nichtverfestigtem Pulver nach dem Herstellen des Objekts mit Wasser oder Wasserdampf.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Behandlung (**12**) einen separaten Behälter umfasst.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Vorratsbehälter (**6**) für das pulverförmige Material vorgesehen ist und dass die Vorrichtung zur Behandlung in oder an dem Vorratsbehälter vorgesehen ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Rückführeinrichtung zum Rückführen des nichtverfestigten Pulvers aus dem Bauraum in den Vorratsbehälter vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trocknungseinrichtung zum Trocknen des behandelten Pulvers vorgesehen ist.
14. Verfahren zur Behandlung von pulverförmigem Kunststoffmaterial mit den Schritten:  
Verwenden von pulverförmigem Kunststoffmaterial (**3a'**), das in einem Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch selektives Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen Materials an den dem Querschnitt des Objekts in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen mittels Einwirkung von elektromagnetischer Strahlung nach dem Herstellen des Objekts nichtverfestigt wurde,  
Behandeln des nichtverfestigten Pulvers (**3a'**) mit Wasser oder Wasserdampf,  
Bereitstellen des behandelten Pulvers zum Herstellen eines neuen dreidimensionalen Objekts.



15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Kunststoffpulver Polyamid umfasst.

16. Pulverförmiges Polyamid zur Verwendung in einem Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch selektives Verfestigen von Schichten des pulverförmigen Polyamids (**3a**) an den dem Querschnitt des Objekts in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen mittels Einwirkung von elektromagnetischer Strahlung (**7a**), wobei das Pulver erhalten wird durch:  
Behandeln von nichtverfestigtem pulverförmigen Polyamids (**3a'**) nach dem Herstellen des Objekts mit Wasser oder Wasserdampf und anschließendem Trocknen des Polyamids.

17. Pulverförmiges Polyamid nach Anspruch 16, wobei das nichtverfestigte pulverförmige Polyamid ein Molekulargewicht von  $M_n$  (Zahlenmittel) von größer als etwa 20.000 g/mol vorzugsweise 21.000–100.000 g/mol, besonders bevorzugt 22.000–50.000 und ganz besonders bevorzugt 25.000–35.000 und ein  $M_w$  (Gewichtsmittel) von größer als etwa 40.000 g/mol, vorzugsweise 45.000–200.000 besonders bevorzugt 50.000–150.000 und ganz besonders bevorzugt 60.000–100.000 aufweist.

18. Pulverförmiges Polyamid nach Anspruch 16 oder 17, wobei das nichtverfestigte pulverförmige Polyamid einen Überschuss der Carboxylendgruppen zu den Aminoendgruppen von mindestens 4:1 bis höchstens 200:1 aufweist.

19. Pulverförmiges Polyamid nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei das nichtverfestigte pulverförmige Polyamid nach der Behandlung ein Molekulargewicht aufweist das um mindestens 5%, vorzugsweise 10–70% und besonders bevorzugt 20–50% unter dem des Altpulvers liegt.

20. Pulverförmiges Polyamid nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei das nichtverfestigte pulverförmige Polyamid nach der Behandlung ein Molekulargewicht  $M_n$  (Zahlenmittel) von kleiner als etwa 40.000 g/mol, vorzugsweise 15.000–30.000 g/mol, besonders bevorzugt 17.000–25.000 und ganz besonders bevorzugt 19.000–21.000 und  $M_w$  (Gewichtsmittel) von kleiner als etwa 100.000 g/mol, vorzugsweise 35.000–70.000 besonders bevorzugt 37.000–50.000 und ganz besonders bevorzugt 38.000–45.000 aufweist.

21. Pulverförmiges Polyamid nach Anspruch 19 oder 20, wobei das nichtverfestigte pulverförmige Polyamid nach der Behandlung einen Überschuss der Carboxylendgruppen zu den Aminoendgruppen von etwa 2:1 bis etwa 3:1 aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

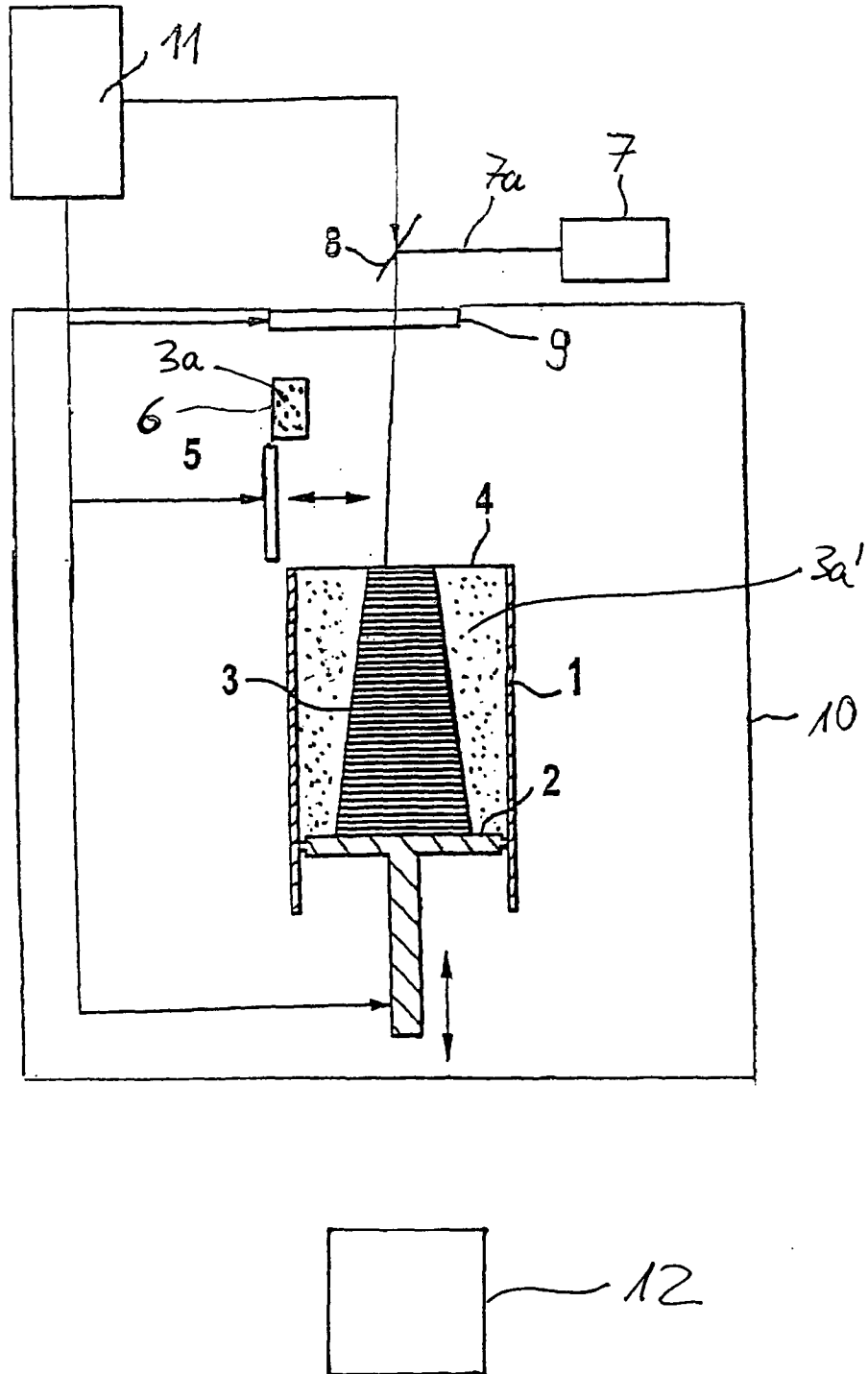


Fig. 1

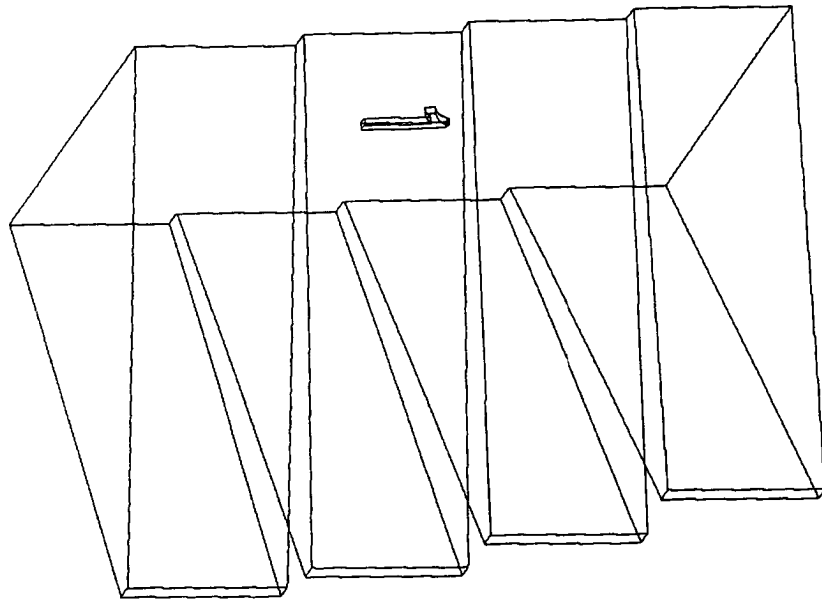


Fig. 2

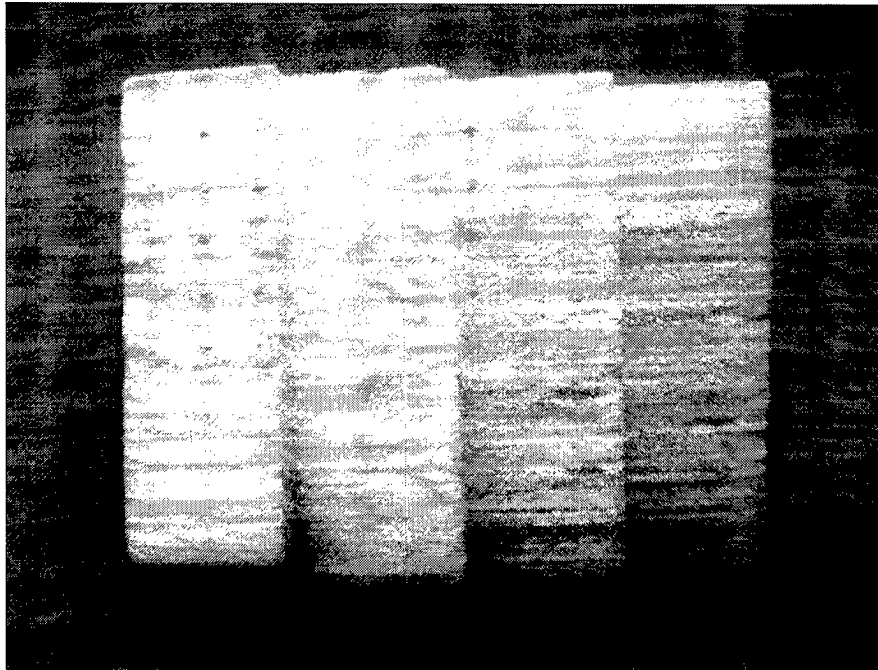


Fig. 3

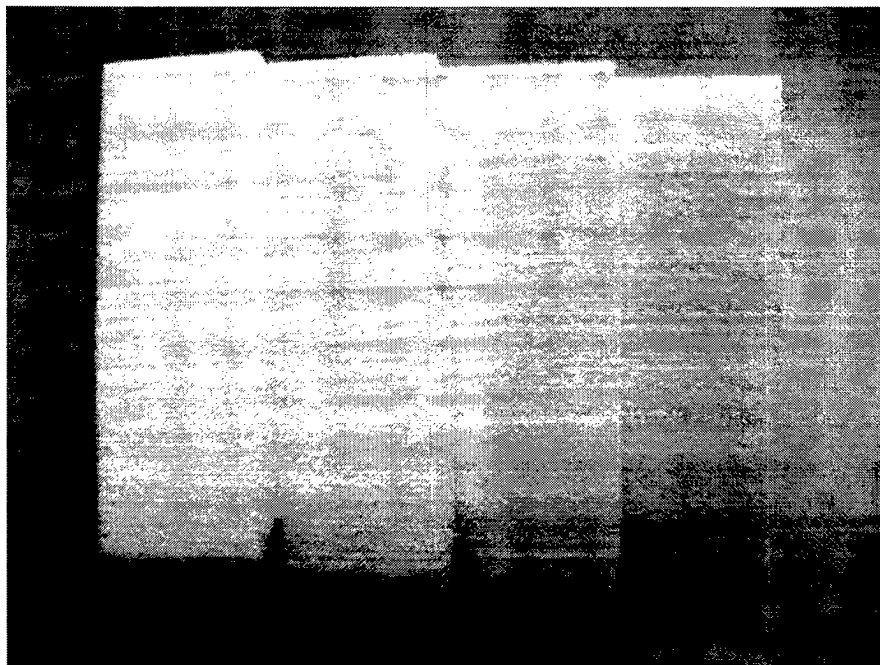


Fig. 4