



(10) **DE 10 2011 078 722 A1** 2013.01.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 078 722.4**

(22) Anmeldetag: **06.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **10.01.2013**

(51) Int Cl.: **B29C 67/00 (2011.01)**

C04B 35/622 (2011.01)

C08J 3/12 (2011.01)

B22F 3/105 (2011.01)

(71) Anmelder:

Evonik Degussa GmbH, 45128, Essen, DE

(72) Erfinder:

**Diekmann, Wolfgang, 45731, Waltrop, DE;
Baumann, Franz-Erich, Dr., 48249, Dülmen,
DE; Grebe, Maik, 44805, Bochum, DE; Warnke,
Kristiane, 45665, Recklinghausen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Pulver enthaltend mit Polymer beschichtete anorganische Partikel**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Pulver zur Verwendung in einem schichtweise arbeitenden Verfahren zur Herstellung von Formkörpern, bei dem selektiv Bereiche der jeweiligen Pulverschicht durch den Eintrag elektromagnetischer Energie aufgeschmolzen werden, enthaltend Verbundpartikel, die von ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichteten Kernpartikeln dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen. Gegenstand der Erfindung ist weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von Pulvern, wobei ein Polymer unter Einwirkung von Druck und/oder Temperatur zur Erzeugung einer zumindest teilweisen Lösung mit einem Medium enthaltend Lösungsmittel, das das Polymer löst, in Gegenwart von Kernpartikeln in Berührung gebracht wird und anschließend das Polymer aus der zumindest teilweisen Lösung ausgefällt wird, und Erhalten von Verbundpartikeln, die durch ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichtete Kernpartikel dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen, sowie ein Verfahren bereit zur Herstellung von Formkörpern durch ein schichtweise arbeitendes Verfahren unter Verwendung der oben genannten Pulver.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Pulver auf Basis von mit Polymeren beschichteten Füllstoffen, die Vorteile hinsichtlich der Stabilität des Herstellprozesses und der Dichte aufweist, die Verwendung dieses Pulvers in formgebenden Verfahren, sowie Formkörper, hergestellt durch ein schichtweise arbeitendes Verfahren, mit welchem selektiv Bereiche einer Pulverschicht aufgeschmolzen werden, unter Verwendung dieses Pulvers. Nach Abkühlen und Verfestigen der zuvor Schicht für Schicht aufgeschmolzenen Bereiche kann der Formkörper dem Pulverbett entnommen werden. Die erfindungsgemäßen Formteile zeigen außerdem weniger Neigung zum Verzug als herkömmliche Formteile.

[0002] Die zügige Bereitstellung von Prototypen ist eine in der jüngsten Zeit häufig gestellte Aufgabe. Besonders geeignet sind Verfahren, die auf der Basis von pulverförmigen Werkstoffen arbeiten, und bei denen schichtweise durch selektives Aufschmelzen und Verfestigen die gewünschten Strukturen hergestellt werden. Auf Stützkonstruktionen bei Überhängen und Hinterschnitten kann dabei verzichtet werden, da das die aufgeschmolzenen Bereiche umgebende Pulverbett ausreichende Stützwirkung bietet. Ebenso entfällt die Nacharbeit, Stützen zu entfernen. Die Verfahren sind auch für die Herstellung von Kleinserien geeignet.

[0003] Die Selektivität der schichtweise arbeitenden Verfahren kann dabei beispielsweise über den Auftrag von Suszeptoren, Absorbieren, Inhibitoren oder durch Masken oder über fokussierte Energieeinbringung, wie beispielsweise durch einen Laserstrahl, oder über Glasfasern erfolgen. Der Energieeintrag wird über elektromagnetische Strahlung erreicht.

[0004] Ein Verfahren, welches besonders gut für den Zweck des Rapid Prototypings geeignet ist, ist das selektive Laser-Sintern. Bei diesem Verfahren werden Kunststoffpulver in einer Kammer selektiv kurz mit einem Laserstrahl belichtet, wodurch die Pulver-Partikel, die von dem Laserstrahl getroffen werden, schmelzen. Die geschmolzenen Partikel laufen ineinander und erstarren schnell wieder zu einer festen Masse. Durch wiederholtes Belichten von immer neu aufgetragenen Schichten können mit diesem Verfahren dreidimensionale Körper einfach und schnell hergestellt werden.

[0005] Das Verfahren des Laser-Sinterns (Rapid Prototyping) zur Darstellung von Formkörpern aus pulverförmigen Polymeren wird eingehend in den Patentschriften US 6 136 948 und WO 96/06881 beschrieben. Eine Vielzahl von Polymeren und Copolymeren wird für diese Anwendung beansprucht, wie z. B. Polyacetat, Polypropylen, Polyethylen, Ionomere und Polyamid.

[0006] Andere gut geeignete Verfahren sind das SIV-Verfahren, wie in WO 01/38061 beschrieben, oder ein Verfahren wie in EP 1 015 214 beschrieben. Beide Verfahren arbeiten mit einer flächigen Infrarotheizung zum Aufschmelzen des Pulvers. Die Selektivität des Aufschmelzens wird bei ersterem durch die Auftragung eines Inhibitors, beim zweiten Verfahren durch eine Maske erreicht. Ein weiteres Verfahren ist in DE 103 11 438 beschrieben. Bei diesem wird die zum Verschmelzen benötigte Energie durch einen Mikrowellengenerator eingebracht, und die Selektivität wird durch Auftragen eines Suszeptors erreicht.

[0007] Weitere geeignete Verfahren sind solche, die mit einem Absorber arbeiten, der entweder im Pulver enthalten ist, oder der per Inkjet-Verfahren aufgetragen wird wie in DE 10 2004 012 682.8, DE 10 2004 012 683.6 und DE 10 2004 020 452.7 beschrieben.

[0008] Für die genannten Rapid-Prototyping- bzw. Rapid-Manufacturing-Verfahren (RP- oder RM-Verfahren) können pulverförmige Substrate, insbesondere Polymere, vorzugsweise ausgewählt aus Polyester, Polyvinylchlorid, Polyacetat, Polypropylen, Polyethylen, Polystyrol, Polycarbonat, Poly-(N-methylmethacrylimide) (PMMI), Polymethylmethacrylat (PMMA), Ionomer, Polyamid, oder Gemische davon eingesetzt werden.

[0009] In WO 95/11006 wird ein für das Lasersintern geeignetes Polymerpulver beschrieben, das bei der Bestimmung des Schmelzverhaltens durch Differential Scanning Calorimetry bei einer Scanning rate von 10 bis 20°C/min keine Überlappung des Schmelze- und Rekrystallisationspeaks zeigt, einen ebenfalls durch DSC bestimmten Kristallinitätsgrad von 10 bis 90% aufweist, ein zahlenmäßiges Mittel des Molekulargewichts M_n von 30000 bis 500000 hat und dessen Quotient M_w/M_n im Bereich von 1 bis 5 liegt.

[0010] Die DE 197 47 309 beschreibt die Verwendung eines Polyamid-12-Pulvers mit erhöhter Schmelztemperatur und erhöhter Schmelzenthalpie, welches durch Umfällung eines zuvor durch Ringöffnung und anschließende Polykondensation von Laurinlactam hergestellten Polyamids erhalten wird. Es handelt sich dabei um ein Polyamid 12.

[0011] Die DE 10 2004 003 485 beschreibt die Verwendung von Partikeln mit zumindest einer Kavität zur Verwendung in schichtaufbauenden Verfahren. Dabei enthalten alle Partikel zumindest eine Kavität, und die die Kavität enthaltenden Partikeln werden durch den Eintrag elektromagnetischer Energie aufgeschmolzen. Die beschriebenen Pulverteilchen weisen eine Oberflächenschicht mit geringer Stärke auf.

[0012] Die DE 102 27 224 beschreibt ein Granulat für 3D-Binderdruck, das aus mit einer unpolare Außenfläche aufweisenden Oberflächenschicht versehenen Partikeln besteht. Die Oberflächenschicht der beschriebenen Pulverteilchen weist jedoch eine geringe Stärke auf.

[0013] Die oben beschriebenen Pulver werden im Stand der Technik gelegentlich zur Verstärkung mit anderen Partikeln wie z. B. Metallpartikel, Glaspartikel oder TiO_2 -Partikel vermischt. Nachteilig ist hierbei jedoch, dass es bei der Handhabung solcher Pulvermischungen oft zu Entmischungsphänomenen kommt, so dass eine Konstanz der mechanischen Eigenschaften, die mit dem Verstärkungsstoff erreicht werden soll, nicht immer gegeben ist. Die Bereiche, in denen der Anteil an Füllstoff zu hoch ist, werden sehr spröde und damit unbrauchbar, die Bereiche, in denen zu wenig Füllstoff enthalten sind, sind weicher als geplant. Die Entmischung beruht auf der unterschiedlichen Dichte der Polymerpartikel und der Füllstoff und ist tendenziell bei jedem Transport und der Handhabung der Pulvermischung mehr oder weniger evident. Insbesondere wenn im Rapid Manufacturing die Handhabung des Pulvers automatisiert wird, entstehen schwer kontrollierbar abweichende Eigenschaften an den produzierten Bauteilen.

[0014] Die WO 2007/051691 beschreibt Verfahren zur Herstellung von ultrafeinen Pulvern auf Basis von Polyamiden, bei welchem man Polyamide in Gegenwart von anorganischen Partikeln ausfällt, wobei man eine Suspension einsetzt mit im alkoholischen Medium suspendierten anorganischen Partikeln mit einer mittleren Größe der anorganischen Partikel d_{50} im Bereich von 0,001 bis 0,8 μm . Dabei wurden Polyamidfeinpulver erhalten, wobei die anorganischen Partikel aufgrund ihrer geringen Größe gleichmäßig im Verbundteilchen verteilt sind. Ziel dieses Verfahrens war es eine Färbung des Pulvers und des daraus gebildeten Formteils zu erreichen. Die mechanischen Eigenschaften des Formteils blieben durch diese Maßnahme unverändert.

[0015] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es das Problem des Entmischungsphänomens auszuräumen, eine Verbesserung bei der Konstanz der mechanischen Eigenschaften im Formkörper, bevorzugt eine Verstärkung des Formkörpers, Flammresistenz und/oder Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit zu erzielen, die mit dem Verstärkungsstoff erreicht werden sollen.

[0016] Die technische Aufgabe wurde gelöst durch ein Pulver zur Verwendung in einem schichtweise arbeitenden Verfahren zur Herstellung von Formkörpern, bei dem selektiv Bereiche der jeweiligen Pulverschicht durch den Eintrag elektromagnetischer Energie aufgeschmolzen werden, enthaltend Verbundpartikel, die von ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichteten Kernpartikeln dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen. Dabei weisen die Kernpartikel in allen drei Raumrichtungen einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm auf. Dabei können die Abmessungen jeder Raumrichtung unterschiedlich sein. Bevorzugt weisen die Kernpartikel in allen drei Raumrichtungen unabhängig voneinander einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm auf. Die Angabe der Korndurchmesser der Kernpartikel bezieht sich hierbei auf die Partikel, die im zu bildenden Verbundpartikel den Kern darstellen.

[0017] Bei dem schichtweise arbeitenden Verfahren zur Herstellung von Formkörpern handelt es sich vorzugsweise um selektives Laser-Sintern.

[0018] Das Pulver gemäß der vorliegenden Erfindung unterliegt aufgrund der festen Verbindung zwischen Polymer und Füllstoff nicht mehr der Problematik der Entmischung, was zu einer Verbesserung bei der Konstanz der mechanischen Eigenschaften im aus dem Pulver erzeugten Formkörper führt. Da bei dem erfindungsgemäßen Pulver keine Entmischung mehr auftritt, können aus diesem Pulver im Aufbau gleichmäßige Bauteile und Bauteile mit gleichmäßiger Qualität hergestellt werden. Aufgrund der dauerhaft gleichmäßige Zusammensetzung durch den festen Verbund von Polymer und Kernpartikel ist die Recyclebarkeit des Pulvers auch über mehrere Stufen wesentlich verbessert.

[0019] Überraschenderweise wurde nun gefunden, dass sich durch die Verwendung von Kernpartikeln aus einem anorganischen Material mit einem mittleren Korndurchmesser d_{50} von größer 1 bis 70 μm als Verstärkungsstoff, die fest mit dem Polymer verbunden sind (Verbundpartikel), Formkörper durch ein schichtweise arbeitendes Verfahren (bei welchem selektiv Bereiche der jeweiligen Pulverschicht aufgeschmolzen werden),

produzieren lassen, die Vorteile bezüglich der Dichte und Verzugsneigung aufweisen und dabei bessere Eigenschaften bezüglich der Konstanz der Verarbeitung aufweisen als solche aus einem verstärkten Polymerpulver des Standes der Technik. Bevorzugt wurde eine Verstärkung des Formkörpers oder eine Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit, bzw. je nach Art der eingesetzten Kernpartikel auch eine Flammresistenz erreicht.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die mit dem fällbaren Polymer zu beschichtenden Kernpartikel ausgewählt aus der Gruppe Siliziumdioxid, Polyphosphate, Phosphinate, Metallnitride, Halbmetallnitride, Aluminiumnitrid, Bornitrid, Borcarbid, Metalloxide wie z. B. Al_2O_3 , Mischoxide, Spinellen, Metall, Keramik und Mischungen davon. Weiter bevorzugt sind die mit dem fällbaren Polymer zu beschichtenden Kernpartikel ausgewählt aus der Gruppe Siliziumdioxid, Polyphosphate, Phosphinate, Borcarbid, Metalloxide wie z. B. Al_2O_3 , Mischoxide, Spinellen und Mischungen davon. Neben den genannten Kernpartikeln können zudem weitere Füllstoffe oder Füllstoffmischungen im Verbundpartikel vorhanden sein.

[0021] Die jeweiligen Kernpartikel können in folgenden Formen ausgebildet sein: kugelförmig, plättchenförmig oder länglich. Darüber hinaus können die jeweiligen Kernpartikel scharfkantig, abgerundet oder glatt sein. Die genannten Kernpartikel können vor Auftrag des zu fällenden Polymers gegebenenfalls zusätzlich mit Schlichtemitteln beschichtet sein. Im Verbundpartikel stellen diese Kernpartikel den Kern dar. Das Pulver gemäß der vorliegenden Erfindung hat vorzugsweise eine Kern-Hülle-Aufbau.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Beschichtung aus dem gefällten Polymer im Mittel eine Dicke von 1,5 μm oder mehr, bevorzugt 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75 μm oder mehr auf.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weisen die Kernpartikel (Kern des Verbundpartikels) einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 60 μm , bevorzugt von 1 bis 50 μm , vorzugsweise von 1 bis 40 μm , weiter bevorzugt von 1 bis 30 μm , weiterhin bevorzugt von 1 bis 25 μm , besonders bevorzugt von 1 bis 20 μm und ganz besonders bevorzugt von 1 bis 10 μm auf. Geeignete Partikelgrößenverteilungen können durch bekannte Verfahren, z. B. Sieben, Sichten, gewährleistet werden.

[0024] In einer alternativen Ausführungsform weisen die Kernpartikel (Kern des Verbundpartikels) einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 10 bis 60 μm , bevorzugt von 10 bis 50 μm , vorzugsweise von 10 bis 40 μm , weiter bevorzugt von 10 bis 30 μm , weiterhin bevorzugt von 10 bis 25 μm und besonders bevorzugt von 10 bis 20 μm . Auch in dieser bevorzugten Ausführungsform sind die mit dem fällbaren Polymer zu beschichtenden Kernpartikel ausgewählt aus der Gruppe Siliziumdioxid, Polyphosphate, Phosphinate, Aluminiumnitrid, Bornitrid, Borcarbid, Metalloxide wie z. B. Al_2O_3 , Mischoxiden, Spinellen, Metall, Keramik und Mischungen davon.

[0025] Weiterhin ist bevorzugt, dass die Verbundpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 20 bis 150 μm , vorzugsweise von 20 bis 120 μm , bevorzugt von 20 bis 100 μm , weiter bevorzugt von 25 bis 80 μm und besonders bevorzugt von 25 bis 70 μm aufweisen.

[0026] Das Verhältnis des mittleren Korndurchmessers d_{50} der Verbundpartikel zum mittleren Korndurchmesser d_{50} der Kernpartikel beträgt bevorzugt von 1,15 bis 30, vorzugsweise von 1,2 bis 30, weiter bevorzugt 1,5 bis 25; noch weiter bevorzugt 1,5 bis 15, besonders bevorzugt 1,5 bis 12 und besonders ganz besonders bevorzugt 1,5 bis 10.

[0027] Das gewichtsbezogene Verhältnis des Polymers zu den Kernpartikeln bezogen auf die Gesamtheit der Verbundpartikel beträgt bevorzugt von 0,1 bis 30, vorzugsweise von 1,0 bis 20,0 und weiter bevorzugt von 1,3 bis 10,0.

[0028] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das erfindungsgemäße Pulver eine spezifische Oberfläche nach BET im Bereich von 1–60 m^2/g , vorzugsweise 3–50 m^2/g , weiter bevorzugt 3–40 m^2/g ; besonders bevorzugt von 3–30 m^2/g , weiterhin bevorzugt 3–20 m^2/g und ganz besonders bevorzugt von 3–12 m^2/g auf. Weiterhin weist das erfindungsgemäße Pulver eine Schüttdichte SD im Bereich von 120 bis 700 g/l vorzugsweise von 250 bis 450 g/l auf.

[0029] Bei dem fällbaren bzw. gefällten Polymer handelt es sich um ein Polymer, das sich in einem flüssigen Medium enthaltend ein Lösungsmittel lösen lässt, und durch Änderungen von bestimmten Parametern, wie z. B. Temperatur, Druck, Gehalt an Lösungsmittel, Nichtlöser, anti-Lösungsmittel, Fällungsmittel, als vollständig oder teilweise unlöslicher Niederschlag in Form von Flocken, Tröpfchen oder in kristalliner Form ausfällt. Die Art des Lösungsmittels und der Gehalt an Lösungsmittel, sowie die weiteren Parameter, um das entsprechende Polymer zu lösen oder zu fällen, hängen dabei vom Polymer ab.

[0030] Das fällbare Polymer ist vorzugsweise ausgewählt aus Polyolefine, Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polyacetal, Polystyrol, Polyimide, Polysulfone, Poly-(N-methylmethacrylimide) (PMMI), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyvinylidenfluoride (PVDF), Ionomer, Polyetherketone, Polyaryletherketone, Polyamid, Copolyamid oder Mischungen daraus, insbesondere Mischungen aus Homo- und Copolyamid.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform wird das fällbare Polymer zur Beschichtung der Kernpartikel durch Fällung zumindest eines Polyamids des AABB-Types oder durch gemeinsame Fällung zumindest eines Polyamids des AB-Types und zumindest eines Polyamids des AABB-Types erhalten. Dabei sind cogefällte Polyamide bevorzugt, wobei zumindest Polyamid 11 oder Polyamid 12 und zumindest ein Polyamid auf der Basis von PA1010, PA1012, PA1212 oder PA1013 enthalten ist.

[0032] Folgende fällbare Polymere lassen sich beispielsweise nennen: es lassen sich Polyolefine und Polyethylen beispielsweise in Toluol, Xylol bzw. 1,2,4-Trichlorbenzol lösen. Polypropylen lässt sich beispielsweise in Toluol bzw. Xylol lösen. Polyvinylchlorid lässt sich beispielsweise in Aceton lösen. Polyacetal lässt sich beispielsweise in DMF, DMAc bzw. NMP lösen. Polystyrol lässt sich beispielsweise in Toluol lösen. Polyimide lassen sich beispielsweise in NMP lösen. Polysulfone lassen sich beispielsweise in Sulfolan lösen. Poly-(N-methylmethacrylimide) (PMMI) lassen sich beispielsweise in DMAc bzw. NMP lösen. Polymethylmethacrylat (PMMA) lässt sich beispielsweise in Aceton lösen. Polyvinylidenfluoride lassen sich in N-Methylpyrrolidon (NMP), Dimethylformamid (DMF), Dimethylacetamid (DMAc) bzw. Cyclohexanon lösen. Polyetherketone und Polyaryletherketone lassen sich beispielsweise in Diphenylsulfon bzw. in Sulfolan lösen. Polyamide lassen sich in einem alkoholischen Medium lösen, vorzugsweise einem Ethanol-Wasser-Gemisch lösen. Wie oben erläutert müssen ggf. auch Parameter wie z. B. Temperatur und Druck eingestellt werden, um ein gegebenes Polymer zu lösen.

[0033] Nach dem Lösen des betreffenden Polymers wird dieses in Gegenwart der Kernpartikel ausgefällt, um die Kernpartikel mit dem betreffenden ausgefallenen Polymer ganz oder teilweise zu beschichten. Die Fällung des Polymers kann durch Änderung des Druckes, Änderung der Temperatur, Änderung (Verringerung) der Konzentration des Lösungsmittels, und ggf. Zugabe eines Nichtlösers, anti-Lösungsmittels bzw. Fällungsmittels initiiert bzw. beschleunigt werden. Bei amorphen Polymeren, wie Polystyrol, Polysulfone, PMMI, PMMA, Ionomer ist der Zusatz eines Nichtlösers zur Fällung des betreffenden Polymers erforderlich.

[0034] Das fällbare Polymer ist vorzugsweise ein Polyamid, welches pro Carbonamid-Gruppe zumindest 8 Kohlenstoffatome aufweist. Besonders bevorzugt ist das Polymer ein Polyamid, welches 10 oder mehr Kohlenstoffatome pro Carbonamid-Gruppe aufweist. Ganz besonders bevorzugt ist das Polymer ein Polyamid, ausgewählt aus Polyamid 612 (PA612), Polyamid 11 (PA11) und Polyamid 12 (PA12). Der Prozess für die Herstellung für die in den erfindungsgemäßen Sinterpulver einsetzbaren Polyamiden ist allgemein bekannt und kann für die Herstellung von PA12 z. B. den Schriften DE 29 06 647, DE 35 10 687, DE 35 10 691 und DE 44 21 454 entnommen werden. Das benötigte Polyamidgranulat kann von verschiedenen Herstellern bezogen werden, beispielsweise wird Polyamid 12 Granulat von der Evonik Industries AG unter dem Handelsnamen VESTAMID angeboten.

[0035] Besonders bevorzugt handelt es sich bei dem fällbaren Polymer um Polyamid 12.

[0036] Außerdem können die entsprechenden Copolyamide oder Mischungen aus Homo- und Copolyamiden eingesetzt werden, die mindestens 70 Gewichtsprozent der genannten Bausteine enthalten. Als Comonomere können sie demnach 0 bis 30 Gewichtsprozent eines oder mehrerer Comonomere, wie Caprolactam, Hexamethyldiamin, 2-Methyl-pentandiamin(1,5), Octamethyldiamin(1,8), Dodecamethyldiamin, Isophorondiamin, Trimethylhexamethyldiamin, Adipinsäure, Korksäure, Azelainsäure, Sebacinsäure, Dodecandisäure, Aminoundecansäure, enthalten. Die im folgenden als Polyamide bezeichneten genannten Homo- und Copolyamide werden als Granulate oder Schrot eingesetzt, die ein relative Lösungsviskosität zwischen 1,5 und 2,0 (gemessen in 0,5%iger m-Kresollösung bei 25°C nach DIN 53 727), bevorzugt zwischen 1,70 und 1,95, besitzen. Sie können durch Polykondensation, hydrolytische oder acidolytische bzw. aktivierte anionische Polymerisation nach bekannten Verfahren hergestellt werden. Bevorzugt werden unregelmäßige Polyamide mit Endgruppenverhältnissen $\text{NH}_2/\text{COOH} = 40/60$ bis $60/40$ eingesetzt. Es können jedoch zweckmäßig auch geregelte Polyamide eingesetzt werden und zwar bevorzugt solche, bei denen das Endgruppenverhältnis NH_2/COOH 90:10 und 80:20 bzw. 10:90 und 20:80 vorliegt.

[0037] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Dichte der Kernpartikel größer oder nicht mehr als 20%, vorzugsweise nicht mehr als 15%, weiter bevorzugt nicht mehr als 10% und besonders bevorzugt nicht mehr als 5% geringer als die Dichte des für die Fällung des Polymers verwendeten Lösungsmittels.

[0038] Bei der Fällung des Polymers in Anwesenheit der Kernpartikel wird besonders bevorzugt ein Alkanol (beispielsweise: Methanol, Ethanol, Propanol, Butanol), bevorzugt Ethanol als Lösungsmittel verwendet, wobei die Dichte der Kernpartikel größer ist oder nicht mehr als 20%, vorzugsweise nicht mehr als 15%, weiter bevorzugt nicht mehr als 10% und besonders bevorzugt nicht mehr als 5% geringer ist als die Dichte des Alkanols, bevorzugt von Ethanol.

[0039] Das Pulver kann die genannten Verbundpartikel alleine oder zusammen mit weiteren lose dazugemischten (Dry-Blend) Füllstoffen und/oder Hilfsstoffen enthalten. Der Anteil der Verbundpartikel im Pulver beträgt mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 80 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 95 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt mindestens 99 Gew.-%.

[0040] Das erfindungsgemäße Pulver kann außerdem Hilfsstoffe und/oder weitere organische oder anorganische Pigmente aufweisen. Solche Hilfsstoffe können z. B. Rieselhilfsmittel, wie z. B. gefällte und/oder pyrogene Kieselsäuren, sein. Gefällte Kieselsäuren werden zum Beispiel unter dem Produktnamen Aerosil, mit unterschiedlichen Spezifikationen, durch die Evonik Degussa GmbH angeboten. Vorzugsweise weist das erfindungsgemäße Pulver weniger als 3 Gew.-%, vorzugsweise von 0,001 bis 2 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt von 0,025 bis 1 Gew.-% solcher Hilfsstoffe, bezogen auf die Summe der vorhandenen Polymere, auf.

[0041] Zur Verbesserung der Verarbeitungsfähigkeit oder zur weiteren Modifikation des erfindungsgemäßen Pulvers können diesem anorganische Fremdpigmente, wie z. B. Übergangsmetalloxide, Stabilisatoren, wie z. B. Phenole, insbesondere sterisch gehinderte Phenole, Verlaufs- und Rieselhilfsmittel, wie z. B. pyrogene Kieselsäuren, zugegeben werden. Vorzugsweise wird, bezogen auf das Gesamtgewicht an Polymeren im Polymerpulver, so viel dieser Stoffe den Polymeren zugegeben, dass die für das erfindungsgemäße Pulver angegebenen Konzentrationen für Hilfsstoffe eingehalten werden.

[0042] Optimale Eigenschaften bei der Weiterverarbeitung des Pulvers werden erreicht, wenn der Schmelzpunkt des Polymers beim ersten Aufheizen größer ist als beim zweiten Aufheizen, gemessen durch Differentialscanningkalorimetrie (DSC); und wenn die Schmelzenthalpie des Polymers beim ersten Aufheizen um mindestens 50% größer ist als beim zweiten Aufheizen, gemessen durch Differentialscanningkalorimetrie (DSC). Damit weist der Polymeranteil (der Hülle bzw. der Beschichtung) der Verbundpartikel eine höhere Kristallinität auf, im Vergleich zu anderen Pulvern, die durch andere Verfahren als Co-Fällung eines gelösten Polymers mit Partikeln hergestellt werden können. Für das Lasersintern ist insbesondere ein Polyamid 12 geeignet, welches eine Schmelztemperatur von 185 bis 189°C, vorzugsweise von 186 bis 188°C, eine Schmelzenthalpie von 112 +/- 17 kJ/mol, vorzugsweise von 100 bis 125 kJ/mol und eine Erstarrungstemperatur von 138 bis 143°C, vorzugsweise von 140 bis 142°C aufweist.

[0043] Die Erfindung stellt auch ein Verfahren bereit zur Herstellung der oben genannten erfindungsgemäßen Pulver, wobei ein Polymer unter Einwirkung von Druck und/oder Temperatur zur Erzeugung einer zumindest teilweisen Lösung mit einem Medium enthaltend Lösungsmittel, das das Polymer löst, in Gegenwart von Kernpartikeln in Berührung gebracht wird und anschließend das Polymer aus der zumindest teilweisen Lösung ausgefällt wird, und Erhalten von Verbundpartikeln, die durch ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichtete Kernpartikel dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen.

[0044] In einem bevorzugten Verfahren weist die Beschichtung aus dem gefällten Polymer eine Dicke von 1, 5 μm oder mehr, bevorzugt 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 μm oder mehr auf.

[0045] In einem weiteren bevorzugten Verfahren weisen die Kernpartikel (Kern des Verbundpartikels) einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 60 μm , bevorzugt von 1 bis 50 μm , vorzugsweise von 1 bis 40 μm , weiter bevorzugt von 1 bis 30 μm , weiterhin bevorzugt von 1 bis 25 μm , besonders bevorzugt von 1 bis 20 μm und ganz besonders bevorzugt von 1 bis 10 μm auf. Geeignete Partikelgrößenverteilungen können durch bekannte Verfahren, z. B. Sieben, Sichten, gewährleistet werden.

[0046] Dabei ist der Einsatz von anorganischen Kernpartikeln, die in Suspension in dem Lösungsmittel für das fällbare Polymer vorliegen, von besonderer Bedeutung. In einer bevorzugten Verfahrensvariante ist das Verfahren der Erfindung dadurch ausgezeichnet, dass man eine Suspension aus im alkoholischen Medium suspendierten anorganischen Kernpartikeln einsetzt, wobei die Kernpartikel die oben angegebene mittlere Teilchengröße (d_{50}) aufweisen.

[0047] Die durch das Herstellungsverfahren erzeugten Verbundpartikel weisen bevorzugt einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 20 bis 150 μm , vorzugsweise von 20 bis 120 μm , bevorzugt von 20 bis 100 μm , weiter bevorzugt von 25 bis 80 μm und besonders bevorzugt von 25 bis 70 μm auf.

[0048] Die durch das Herstellungsverfahren erzeugten Verbundpartikel weisen bevorzugt ein Verhältnis des mittleren Korndurchmessers d_{50} der Verbundpartikel zum mittleren Korndurchmesser d_{50} der Kernpartikel 1, 15 bis 30, bevorzugt 1,2 bis 30, vorzugsweise von 1,5 bis 25; weiter bevorzugt 1,5 bis 15, weiter bevorzugt 1, 5 bis 12 und besonders bevorzugt 1,5 bis 10 auf.

[0049] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich daraus, dass ggf. ein Arbeitsschritt bei der Herstellung des Pulvers eingespart wird, weil die Mischung von Polymerpartikeln und Hilfs- bzw. Füllpartikeln im Dry Blend nicht mehr notwendig ist.

[0050] In einem bevorzugten Verfahren sind die Kernpartikel ausgewählt aus Siliziumdioxid, Polyphosphate, Phosphinate, Bornitrid, Borcarbid, Metalloxide, Mischoxide, Spinellen, Metall, Keramik. Diese Kernpartikel können je nach Beschaffenheit Vollkugeln, Hohlkugeln, poröse Kugeln darstellen. Die jeweiligen Kernpartikel können in folgenden Formen ausgebildet sein: kugelförmig, plättchenförmig oder länglich. Darüber hinaus können die jeweiligen Kernpartikel scharfkantig, abgerundet oder glatt sein. Die genannten Kernpartikel können vor Auftrag des zu fällenden Polymers gegebenenfalls zusätzlich mit Schlichtemitteln beschichtet sein.

[0051] Das fällbare Polymer ist vorzugsweise ausgewählt aus Polyolefine, Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polyacetal, Polystyrol, Polyimide, Polysulfone, Poly-(N-methylmethacrylimide) (PMMI), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyvinylidenfluoride (PVDF), Ionomer, Polyetherketone, Polyaryletherketone, Polyamid, Copolyamid oder Mischungen daraus, insbesondere Mischungen aus Homo- und Copolyamid.

[0052] In einer weiteren Ausführungsform wird das Polymer zur Beschichtung der Kernpartikel durch Fällung zumindest eines Polyamids des AABB-Typen oder durch gemeinsame Fällung zumindest eines Polyamids des AB-Typen und zumindest eines Polyamid des AABB-Typen erhalten. Dabei sind cogefällte Polyamide bevorzugt, wobei zumindest Polyamid 11 oder Polyamid 12 und zumindest ein Polyamid auf der Basis von PA 1010, PA1012, PA1212 oder PA1013 enthalten ist.

[0053] Die Art des Lösungsmittels und der Gehalt an Lösungsmittel, sowie die weiteren Parameter, um das entsprechende Polymer zu lösen und wieder zu fällen, hängen dabei vom Polymer ab, und sind bereits weiter oben erläutert worden.

[0054] Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf Polymere, die sich im alkoholischen Medium lösen lassen, insbesondere Polyamide. Für die Beschichtung von Kernpartikeln mit Polymeren, für die andere Lösungsmittel verwendet werden oder verwendet werden müssen, müssen die Parameter und Lösungsmittel entsprechend angepasst werden.

[0055] In bevorzugter Ausführungsform zeichnet sich das Verfahren der Erfindung dadurch aus, dass man eine Suspension einsetzt, erhältlich durch Suspendieren der Kernpartikel im Medium enthaltend das Polymer lösende Lösungsmittel, beispielsweise ein alkoholisches Medium, unter Einbringung eines Energieeintrages von größer als 1000 kJ/m^3 . Hierdurch entstehen im Allgemeinen schon sehr brauchbare Suspensionen der Kernpartikel in dem Medium. Der angesprochene Energieeintrag lässt sich durch bekannte Aggregate bewerkstelligen. Geeignete Aggregate können sein: Planetenknetter, RotorStator-Maschinen, Rührwerkkuhlmühle, Walzenstuhl und dergleichen.

[0056] Die für die Erfindung nützlichen Suspensionen werden in einem Medium erzeugt, enthaltend Lösungsmittel die das fällbare Polymer lösen, beispielsweise einem alkoholischen Medium. Im Falle eines alkoholischen Mediums kann es sich hierbei um einen reinen Alkohol, eine Mischung von mehreren Alkoholen oder auch um Alkohole mit einem Gehalt an Wasser oder anderen die erwünschte Umfällung der Polyamide im Wesentlichen nicht nachteilig beeinflussende Substanzen handeln. Das alkoholische Medium der Suspensionen weist bevorzugt einen Gehalt von kleiner als 50 Gew.-% nicht alkoholischer Substanzen (vorzugsweise Wasser), besonders bevorzugt weniger als 30 Gew.-% und besonders zweckmäßig weniger als 10 Gew.-% fremder nicht alkoholischer Substanzen auf. Für die Erfindung in Frage kommen generell alle Arten von Alkoholen oder Gemische davon, die eine Umfällung von Polymeren, vorzugsweise Polyamiden, unter den erwünschten Bedingungen (Druck und Temperatur) zulassen. Im Einzelfall ist es für den Fachmann ohne größeren Aufwand möglich das System an spezielle Erfordernisse anzupassen. Bevorzugt werden für das Verfahren der Erfindung als alkoholisches Medium für die Umfällung des Polyamids und/oder die Suspension der Kernpartikel

ein oder mehrere Alkohole verwendet, die ein Zahlenverhältnis von Sauerstoffatomen zu Kohlenstoffatomen im Bereich von 1:1 bis 1:5 aufweisen.

[0057] Typische Alkohole zur Herstellung der Suspension der Kernpartikel sind solche mit einem Verhältnis von Sauerstoff zu Kohlenstoff von 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 und 1:5, bevorzugt solche mit einem Sauerstoff zu Kohlenstoffverhältnis von 1:2 und 1:3, besonders bevorzugt mit einem Sauerstoff zu Kohlenstoff-Verhältnis von 1:2. Ganz besonders zweckmäßig kommt Ethanol zum Einsatz bei der Herstellung einer Suspension der Kernpartikel sowie bei der Umfällung des fällbaren Polymers, vorzugsweise der Polyamide.

[0058] Wie oben erläutert ist das fällbare Polymer vorzugsweise ausgewählt aus Polyolefine, Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polyacetal, Polystyrol, Polyimide, Polysulfone, Poly-(N-methylmethacrylimide) (PMMI), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyvinylidenflouride (PVDF), Ionomer, Polyetherketone, Polyaryletherketone, Polyamid, Copolyamid oder Mischungen daraus, insbesondere Mischungen aus Homo- und Copolyamid. Das fällbare Polyamid wird in einem entsprechenden Lösungsmittel gelöst, um es zur Beschichtung der Kernpartikel auf der Oberfläche derselben wieder auszufällen.

[0059] Bevorzugt werden als umfällbare Polymere Polyamide eingesetzt. Das fällbare Polymer ist vorzugsweise ein Polyamid, welches pro Carbonamid-Gruppe zumindest 8 Kohlenstoffatome aufweist. Besonders bevorzugt ist das Polymer ein Polyamid, welches 10 oder mehr Kohlenstoffatome pro Carbonamid-Gruppe aufweist. Bevorzugt als Ausgangsmaterial für das Verfahren der Erfindung einsetzbare Polyamide umfassen unter anderem Polyamid 11, Polyamid 12 und Polyamide mit mehr als 12 aliphatisch gebundenen Kohlenstoffatomen pro Carbonamidgruppe, vorzugsweise Polyamid 12. Außerdem können die entsprechenden Copolyamide oder Mischungen aus Homo- und Copolyamiden eingesetzt werden, die mindestens 70 Gewichtsprozent der genannten Bausteine enthalten. Als Comonomere können sie demnach 0 bis 30 Gewichtsprozent eines oder mehrerer Comonomere, wie Caprolactam, Hexamethyldiamin, 2-Methyl-pentandiamin(1,5), Octamethyldiamin(1,8), Dodecamethyldiamin, Isophorondiamin, Trimethylhexamethyldiamin, Adipinsäure, Korksäure, Azelainsäure, Sebacinsäure, Dodecandisäure, Aminoundecansäure, enthalten. Die im folgenden als Polyamide bezeichneten genannten Homo- und Copolyamide werden als Granulate oder Schrot eingesetzt, die eine relative Lösungsviskosität zwischen 1,5 und 2,3 (gemessen in 0,5%iger m-Kresollösung bei 25°C nach DIN 53 727), bevorzugt zwischen 1,55 und 1,95, besitzen. Sie können durch Polykondensation, hydrolytische oder acidolytische bzw. aktivierte anionische Polymerisation nach bekannten Verfahren hergestellt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform werden unregelmäßige Polyamide mit Endgruppenverhältnissen $\text{NH}_2/\text{COOH} = 40/60$ bis $60/40$ eingesetzt. Es können jedoch zweckmäßig auch geregelte Polyamide eingesetzt werden und zwar bevorzugt solche, bei denen das Endgruppenverhältnis NH_2/COOH 90:10 und 80:20 bzw. 10:90 und 20:80 vorliegt.

[0060] Die Lösung der fällbaren Polymere, vorzugsweise der Polyamide, zur Umfällung kann auf alle bekannten Weisen hergestellt werden. Von Vorteil ist eine möglichst vollständige Lösung der fällbaren Polymere, vorzugsweise des Polyamids, im entsprechenden Medium, vorzugsweise einem alkoholischen Medium, in Gegenwart der darin suspendierten Kernpartikel. Die Lösung kann durch Einsatz von Druck und/oder Temperatur gefördert werden. Zweckmäßig geht man so vor, dass man das fällbare Polymer, vorzugsweise das Polyamid, im alkoholischen Medium vorlegt und unter Einwirkung von erhöhter Temperatur über die notwendige Zeit auflöst. Die Suspension der Kernpartikel kann vor, während oder nach dem Auflösen des fällbaren Polymers, vorzugsweise des Polyamids, zugegeben werden. Zweckmäßig wird die Suspension der Kernpartikel zugleich mit dem fällbaren Polymer, vorzugsweise mit dem Polyamid, vorgelegt. Der Auflösungsprozess wird günstiger Weise durch den Einsatz angepasster Rühraggregate unterstützt. Die Ausfällung des fällbaren Polymers, vorzugsweise des Polyamids, kann ebenfalls durch Anwendung von Druck und/oder Temperatur unterstützt werden. So führen vorzugsweise eine Absenkung der Temperatur und/oder Abdestillierung (vorzugsweise unter vermindertem Druck) des Lösungsmittels, d. h. des alkoholischen Mediums, zur Fällung des fällbaren Polymers, vorzugsweise des Polyamids. Es ist jedoch auch möglich, die Fällung durch Zugabe eines anti-Lösungsmittels (Fällungsmittels) zu unterstützen.

[0061] In einem weiteren bevorzugten Verfahren wird nach Bildung der Verbundpartikel eine Nachbehandlung in einem Mischer mit starker Scherung durchgeführt. Dabei liegt die Temperatur besonders bevorzugt oberhalb des Glaspunktes des jeweiligen Polymeren. Diese Maßnahme dient dazu, das Korn abzurunden und die Rieselfähigkeit zu verbessern.

[0062] Die oben genannten Parameter werden wie folgt bestimmt:
Die BET-Oberfläche wurde nach DIN ISO 9277: 2003-05 mit einem Gasadsorptionsgerät der Fa. Micromeritics zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche nach dem BET-Verfahren ermittelt (Micromeritics TriStar 3000

V6.03: V6.03 bezieht sich auf die Softwareversion der Software Win3000). Die BET-Oberfläche wurde mittels Gasadsorption von Stickstoff nach dem diskontinuierlichen volumetrischen Verfahren (DIN ISO 9277:2003-05, Kap 6.3.1.) bestimmt. Hierzu wurden mehrere (sieben) Messpunkte bei Relativdrücken P/P₀ zwischen 0,05 und 0,20 bestimmt. Die Kalibrierung des Totvolumens erfolgte mittels He (Reinheit mind. 4,6 [99,996%] laut Arbeitsanweisung, bzw. mindestens 4,0 [99,99%] laut Norm; dies gilt auch für N₂). Die Proben wurden jeweils 1 Stunde bei Raumtemperatur (21°C) und 16 Stunden bei 80°C unter Vakuum entgast. Die spezifische Oberfläche wurde auf die entgaste Probe bezogen. Die Auswertung erfolgte mittels Mehrpunktbestimmung (DIN ISO 9277:2003-05, Kap 7.2). Die Temperaturwährend der Messung betrug 77 K.

[0063] Die Partikelgröße (Feinheit d₅₀) wurde mittels Laserbeugung bestimmt. Die Messungen wurden mit einem Malvern Mastersizer 2000 durchgeführt. Es handelt sich dabei um eine Trockenmessung. Für die Messung wurden jeweils 20–40 g Pulver mit Hilfe des Scirocco Trockendispergiergeräts zudosiert. Die Rüttelrinne wurde mit einer Zuführrate von 70% betrieben. Der Dispergierluftdruck betrug 3 bar. Bei jeder Messung erfolgte eine Hintergrundmessung (10 Sekunden/10000 Einzelmessungen). Die Messzeit der Probe war 5 Sekunden (5000 Einzelmessungen). Der Brechungsindex, sowie der Blaulichtwert wurden auf 1,52 festgelegt. Zur Auswertung wurde die Mie-Theorie herangezogen.

[0064] Die Schüttdichte ergibt sich gemäß DIN EN ISO 60.

[0065] Der Partikelgehalt wird durch eine Asche/Glührückstandbestimmung nach DIN EN ISO 3451 Teil 1 und Teil 4 bestimmt.

[0066] Eine Bestimmung der Lösungsviskosität erfolgte in 0,5%-iger meta-Kresol Lösung nach ISO 307.

[0067] Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch Verfahren zur Herstellung von Formkörpern durch ein schichtweise arbeitendes Verfahren, bei dem selektiv Bereiche der jeweiligen Pulverschicht durch den Eintrag elektromagnetischer Energie aufgeschmolzen werden, wobei die Selektivität durch die Auftragung von Suszeptoren, Inhibitoren, Absorbieren oder durch Masken erzielt wird, wobei ein Pulver verwendet wird, das Verbundpartikel enthält, die durch ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichtete Kernpartikel dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d₅₀ von 1 bis 70 µm aufweisen.

[0068] Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch Formkörper, die aus dem erfindungsgemäßen Pulver durch das vorgenannte Verfahren erhalten worden sind. Der so hergestellte Formkörper enthält dabei bzw. ein Polymer bzw. Polymere, die vorzugsweise ausgewählt sind aus Polyolefine, Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polyacetal, Polystyrol, Polyimide, Polysulfone, Poly-(N-methylmethacrylimide) (PMMI), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyvinylidenfluoride (PVDF), Ionomer, Polyetherketone, Polyaryletherketone, Polyamid, Copolyamid oder Mischungen daraus, insbesondere Mischungen aus Homo- und Copolyamid. In einer weiteren Ausführungsform ist das Polymer zumindest ein Polyamids des AABB-Types oder eine Mischung zumindest eines Polyamids des AB-Types und zumindest eines Polyamids des AABB-Types. Dabei sind Mischungen von Polyamiden bevorzugt, wobei zumindest Polyamid 11 oder Polyamid 12 und zumindest ein Polyamid auf der Basis von PA1010, PA1012, PA1212 oder PA1013 enthalten ist.

[0069] Vorteile bei diesem Verfahren unter Verwendung des erfindungsgemäßen Pulvers ergeben sich daraus, dass sich das Pulver nicht mehr entmischt, weniger Lunker im Bauteil entstehen, sowie aus der besseren Recyclebarkeit, die Bauteile eine höhere Dichte und eine gleichmäßige Qualität aufweisen, sowie dass eine scharfe Trennung zwischen geschmolzenen und nicht aufgeschmolzenen Bereichen besteht, und dass der Verzug der Bauteile gering ist.

[0070] Die Energie wird durch elektromagnetische Strahlung eingebracht, und die Selektivität wird beispielsweise durch Masken, Auftragung von Inhibitoren, Absorbieren, Suszeptoren oder aber durch eine Fokussierung der Strahlung, beispielsweise durch Laser, eingebracht. Die elektromagnetische Strahlung umfasst den Bereich von 100 nm bis 10 cm, bevorzugt zwischen 400 nm bis 10600 nm oder zwischen 800 und 1060 nm. Die Quelle der Strahlung kann beispielsweise ein Mikrowellengenerator, ein geeigneter Laser, ein Faserlaser, ein Heizstrahler oder eine Lampe sein, aber auch Kombinationen davon. Nach dem Abkühlen aller Schichten kann der Formkörper entnommen werden.

[0071] Die nachfolgenden Beispiele für solche Verfahren dienen der Erläuterung, ohne die Erfindung darauf beschränken zu wollen.

[0072] Die Lasersinterverfahren sind hinlänglich bekannt und beruhen auf dem selektiven Sintern von Polymerpartikeln, wobei Schichten von Polymerpartikeln kurz einem Laserlicht ausgesetzt werden und so die Polymerpartikel, die dem Laserlicht ausgesetzt waren, miteinander verbunden werden. Durch die aufeinander folgende Versinterung von Schichten von Polymerpartikeln werden dreidimensionale Objekte hergestellt. Einzelheiten zum Verfahren des selektiven Laser-Sinterns sind z. B. den Schriften US 6 136 948 und WO 96/06881 zu entnehmen.

[0073] Andere gut geeignete Verfahren sind das SIV-Verfahren, wie es in WO 01/38061 beschrieben wird, oder ein Verfahren wie in EP 1 015 214 beschrieben. Beide Verfahren arbeiten mit einer flächigen Infrarotheizung zum Aufschmelzen des Pulvers.

[0074] Die Selektivität des Aufschmelzens wird bei ersterem durch die Auftragung eines Inhibitors, beim zweiten Verfahren durch eine Maske erreicht. Ein weiteres Verfahren ist in DE 103 11 438 beschrieben. Bei diesem wird die zum Verschmelzen benötigte Energie durch einen Mikrowellengenerator eingebracht, und die Selektivität wird durch Auftragen eines Suszeptors erreicht.

[0075] Weitere geeignete Verfahren sind solche, die mit einem Absorber arbeiten, der entweder im Pulver enthalten ist, oder der per Inkjet-Verfahren aufgetragen wird wie in DE 10 2004 012 682.8, DE 10 2004 012 683.6 und DE 10 2004 020 452.7 beschrieben.

[0076] Die Formkörper, die durch ein schichtweise arbeitendes Verfahren, bei dem selektiv Bereiche aufgeschmolzen werden, hergestellt werden, zeichnen sich dadurch aus, dass sie zumindest ein Polymer sowie einen Verstärkungsstoff, aufweisen und dass dabei die Dichte des Bauteiles gegenüber einem Bauteil hergestellt aus Pulver nach dem Stand der Technik, abgesenkt wird. Weiterhin wird die Verzugsneigung reduziert und eine Verbesserung bei der Reproduzierbarkeit der mechanischen Eigenschaften im Formkörper erzielt.

[0077] Die Formkörper können außerdem Hilfsstoffe (hier gelten die Angaben wie für das Polymerpulver), wie z. B. thermische Stabilisatoren, wie z. B. sterisch gehinderte Phenolderivate, aufweisen. Vorzugsweise weisen die Formkörper weniger als 3 Gew.-%, besonders bevorzugt von 0,001 bis 2 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt von 0,05 bis 1 Gew.-% solcher Hilfsstoffe, bezogen auf die Summe der vorhandenen Polymere, auf.

[0078] Anwendungsgebiete für diese Formkörper sind sowohl im Rapid Prototyping als auch im Rapid Manufacturing zu sehen. Mit letzterem sind durchaus Kleinserien gemeint, also die Herstellung von mehr als einem gleichen Teil, bei dem aber die Produktion mittels eines Spritzgießwerkzeugs nicht wirtschaftlich ist. Beispiele hierfür sind Teile für hochwertige PKW, die nur in kleinen Stückzahlen hergestellt werden, oder Ersatzteile für den Motorsport, bei denen neben den kleinen Stückzahlen auch der Zeitpunkt der Verfügbarkeit eine Rolle spielt. Branchen, in denen die Teile verwendet werden, können die Luft- und Raumfahrtindustrie sein, die Medizintechnik, der Maschinenbau, der Automobilbau, die Sportindustrie, die Haushaltswarenindustrie, Elektroindustrie und Lifestyle.

[0079] Die Erfindung betrifft auch die Verwendung des erfindungsgemäßen Pulvers in einem Verfahren zur Herstellung von Formkörpern durch ein schichtweise arbeitendes Verfahren, bei dem selektiv Bereiche der jeweiligen Pulverschicht durch den Eintrag elektromagnetischer Energie aufgeschmolzen werden, wobei die Selektivität durch die Auftragung von Suszeptoren, Inhibitoren, Absorbieren oder durch Masken erzielt wird, wobei zumindest ein Pulver verwendet wird, das Verbundpartikel enthält, die ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichtet sind, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen.

[0080] Die folgenden Beispiele sollen das erfindungsgemäße Pulver sowie dessen Verwendung beschreiben, ohne die Erfindung auf die Beispiele einzuschränken. Die Messwerte der Schüttdichte wurde mit einer Apparatur nach DIN EN ISO 60 ermittelt.

Beispiele

Beispiel 1: Umfällung von Polyamid 12 (PA12) (nicht erfindungsgemäß)

[0081] 400 kg unregelmäßiges, durch hydrolytische Polymerisation hergestelltes PA12 mit einer relativen Lösungsviskosität von 1.62 und einem Endgruppengehalt von 75 mmol/kg COOH bzw. 69 mmol/kg NH₂ werden mit 2500 l Ethanol, vergällt mit 2-Butanon und 1% Wassergehalt, innerhalb von 5 Stunden in einem 3 m³-Rührkessel (a = 160 cm) auf 145°C gebracht und unter Rühren (Blattrührer, x = 80 cm, Drehzahl = 49 Upm) 1 Stunde

bei dieser Temperatur belassen. Anschließend wurde die Manteltemperatur auf 124°C reduziert und unter kontinuierlichem Abdestillieren des Ethanol mit einer Kühlrate von 25 K/h bei der derselben Rührerdrehzahl die Innentemperatur auf 125°C gebracht. Von diesem Punkt an wurde bei gleicher Kühlrate die Manteltemperatur 2 K–3 K unter der Innentemperatur gehalten. Die Innentemperatur wurde mit gleicher Kühlrate auf 117°C gebracht und dann 60 Minuten konstant gehalten. Danach wurde weiter bei einer Kühlrate von 40 K/h abdestilliert und so die Innentemperatur auf 111°C gebracht wurde. Bei dieser Temperatur setzte die Fällung, erkennbar an der Wärmeentwicklung, ein. Die Destillationsgeschwindigkeit wurde soweit erhöht, dass die Innentemperatur nicht über 111,3°C anstieg. Nach 25 Minuten fiel die Innentemperatur ab, was das Ende der Fällung anzeigte. Durch weiteres Abdestillieren und Kühlung über den Mantel wurde die Temperatur der Suspension auf 45°C gebracht und die Suspension danach in einen Schaufeltrockner überführt. Das Ethanol wurde bei 70°C/400 mbar abdestilliert und der Rückstand anschließend bei 20 mbar/86°C für 3 Stunden nachgetrocknet.

[0082] Es wurde ein gefälltes PA12 mit einem mittleren Korndurchmesser von 55 µm erhalten. Die Schüttdichte betrug 435 g/l.

[0083] Analog dem in Beispiel 1 gezeigten Vorgehen oder nach DE 19708146 wurde ein Pulver mit Partikeln als Kern und einer Hülle aus PA12, PA10.12, PA10.10, PA6.12, PA6.13, PA10.13, PA6.18, PA12.18 hergestellt.

Beispiel 2: Einstufige Umfällung von PA12 mit Partikeln (erfindungsgemäß)

[0084] Es wurde entsprechend Beispiel 1 250–375 kg eines durch hydrolytische Polymerisation hergestelltes PA12 mit einer relativen Lösungsviskosität (η_{rel}) von 1,62 und einem Endgruppengehalt von 75 mmol/kg COOH bzw. 66 mmol/kg NH₂ in Anwesenheit von 162,5–250 kg Partikel mit den in Tabelle 1 dargestellten Kenndaten umgefällt:

Tabelle 1: Kenndaten der verschiedenen in Beispiel 2 verwendeten Kernpartikel:

Partikel	d ₅₀
Al ₂ O ₃ (Martoxid® MN/Y 216)	> 10 µm
Al ₂ O ₃ (Martoxid® DN 206)	5–7 µm
Al ₂ O ₃ (Martoxid® MDLS-6)	3–4 µm
Al ₂ O ₃ (Martoxid® MZS-1)	1,5–1,9 µm
Ammoniumpolyphosphat (Exolit® AP 422)	18,33 µm
Phosphinat (Exolit® OP1230)	11 µm
SiO ₂ (Aeroperl® 300/30)	8 µm
Edelstahlflocken (Novamet® stainless steel flakes)	31 µm
Aluminiumgrieß AS081	28 µm

[0085] In diesem Beispiel wurden die Fällbedingungen gegenüber Beispiel 1 folgendermaßen abgeändert:

Fälltemperatur: 108°C

Fällungszeit: 150 min

Rührerdrehzahl: 39 bis 82 Upm

[0086] Die Charakterisierung (Schüttdichte, Durchmesser und BET-Oberfläche) der gemäß Beispiel 2 hergestellten Pulver wird in Tabelle 2 zusammengefasst. Daneben gibt die Tabelle 2 auch die eingesetzten Mengen an Polyamid, Kernpartikel und Ethanol, sowie die bei dem Verfahren verwendete Rührerdrehzahl an.

Tabelle 2: Charakterisierung der gemäß Beispiel 2 hergestellten Pulver

RD Upm	SD g/L	d50 µm	BET m ² /g	EtOH L	PA kg	Kernpartikel kg
Exolit® AP 422 in PA12/10.13						

77	419	45	6,3	2500	156/156	94
77	425	46	7,2	2500	156/156	94
Exolit® AP 422						
39	529	66	7,4	2500	348	43
39	388	61	11,5	2500	261	87
39	319	56	11,9	2500	243,5	104,5
Exolit® OP 1230						
40	340	42,8	10	2500	313	138
40	403	31,8	4,8	2500	313	213
39	135	69	4,1	2500	348	35
39	370	61	3,4	2500	348	104
Aeroperl® 300/30						
44	321	54,7	31,6	2500	375	44
44	336	49	32	2500	375	44
39	272	42	30,2	2500	348	35
39	296	26	58,4	2500	348	105
Martoxid® MN/Y 216						
53	411	67	4,5	2500	375	44
53	422	65,2	3,3	2500	375	44
Martoxid® MN/Y 216						
39	371	67	5,1	2500	348	87
39	407	67	5,6	2500	348	174
82	340	37	10	2500	348	232
39	423	55	5,7	2500	348	348
Martoxid® DN 206						
39	370	56	6	2500	348	174
Martoxid® MDLS-6						
39	388	43	8,1	2500	348	174
Martoxid® MZS-1						
39	321	36	10,1	2500	348	174
Edelstahl (Stainless Steel Flakes)						
52	312	74	8,3	2500	348	87
52	297	68	8,4	2500	348	150

52	298	63	8,6	2500	348	232
39	327	83	7,3	2500	348	150
65	277	59	10,1	2500	348	150
78	339	66	7,7	2500	348	39
78	352	68	6,4	2500	348	17,5
Aluminiumgrieß						
65	381	57	4,6	3480	348	87,5

RD = Rührerdrehzahl; SD = Schüttdichte

ZITATE ENHALTEN 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 6136948 [0005, 0072]
- WO 96/06881 [0005, 0072]
- WO 01/38061 [0006, 0073]
- EP 1015214 [0006, 0073]
- DE 10311438 [0006, 0074]
- DE 102004012682 [0007, 0075]
- DE 102004012683 [0007, 0075]
- DE 102004020452 [0007, 0075]
- WO 95/11006 [0009]
- DE 19747309 [0010]
- DE 102004003485 [0011]
- DE 10227224 [0012]
- WO 2007/051691 [0014]
- DE 2906647 [0034]
- DE 3510687 [0034]
- DE 3510691 [0034]
- DE 4421454 [0034]
- DE 19708146 [0083]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN 53 727 [0036]
- DIN 53 727 [0059]
- DIN ISO 9277: 2003-05 [0062]
- DIN ISO 9277:2003-05, Kap 6.3.1. [0062]
- DIN ISO 9277:2003-05, Kap 7.2 [0062]
- DIN EN ISO 60 [0064]
- DIN EN ISO 3451 Teil 1 und Teil 4 [0065]
- ISO 307 [0066]
- DIN EN ISO 60 [0080]

Patentansprüche

1. Pulver zur Verwendung in einem schichtweise arbeitenden Verfahren zur Herstellung von Formkörpern, bei dem selektiv Bereiche der jeweiligen Pulverschicht durch den Eintrag elektromagnetischer Energie aufgeschmolzen werden, enthaltend Verbundpartikel, die von ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichteten Kernpartikeln dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen.
2. Das Pulver nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die anorganischen Kernpartikel ausgewählt sind aus der Gruppe Siliziumdioxid, Polyphosphate, Phosphinate, Metallnitride, Halbmetallnitride, Borcarbid, Metalloxide, Mischoxiden, Spinellen, Metall, Keramik.
3. Das Pulver nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung aus dem gefällten Polymer eine Dicke von 1,5 μm oder mehr, bevorzugt 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75 μm oder mehr aufweist.
4. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 60 μm , bevorzugt von 1 bis 50 μm , vorzugsweise von 1 bis 40 μm , weiter bevorzugt von 1 bis 30 μm , weiterhin bevorzugt von 1 bis 25 μm , besonders bevorzugt von 1 bis 20 μm und ganz besonders bevorzugt von 1 bis 10 μm aufweisen.
5. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbundpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 20 bis 150 μm , vorzugsweise von 20 bis 120 μm , bevorzugt von 20 bis 100 μm , weiter bevorzugt von 25 bis 80 μm und besonders bevorzugt von 25 bis 70 μm aufweisen.
6. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis des mittleren Korndurchmessers d_{50} der Verbundpartikel zum mittleren Korndurchmesser d_{50} der Kernpartikel von 1,15 bis 30 beträgt, bevorzugt von 1,2 bis 30 beträgt, vorzugsweise von 1,5 bis 25; bevorzugt 1,5 bis 15, weiter bevorzugt 1,5 bis 12 und besonders bevorzugt 1,5 bis 10.
7. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das gewichtsbezogene Verhältnis des Polymers zu den Kernpartikeln bezogen auf die Gesamtheit der Verbundpartikel von 0,1 bis 30, vorzugsweise von 1,0 bis 20,0 und weiter bevorzugt von 1,3 bis 10,0 beträgt.
8. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das fällbare Polymer ausgewählt ist aus Polyolefine, Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polyacetal, Polystyrol, Polyimide, Polysulfone, Poly-(N-methylmethacrylimide) (PMMI), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyvinylidenfluoride (PVDF), Ionomer, Polyetherketone, Polyaryletherketone, Polyamid, Copolyamid oder Mischungen daraus, insbesondere Mischungen aus Homo- und Copolyamid; bevorzugt Polyamid, besonders bevorzugt Polyamid 11, Polyamid 12 und Polyamide mit mehr als 12 aliphatisch gebundenen Kohlenstoffatomen pro Carboamidgruppe.
9. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichte der Kernpartikel größer ist oder nicht mehr als 20%, vorzugsweise nicht mehr als 15%, weiter bevorzugt nicht mehr als 10% und besonders bevorzugt nicht mehr als 5% geringer ist als die Dichte des für die Fällung des Polymers verwendeten Lösungsmittels.
10. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichte der Kernpartikel größer ist oder nicht mehr als 20%, vorzugsweise nicht mehr als 15%, weiter bevorzugt nicht mehr als 10% und besonders bevorzugt nicht mehr als 5% geringer ist als die Dichte von Ethanol.
11. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil der Verbundpartikel im Pulver mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 80 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 95 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt mindestens 99 Gew.-% beträgt.
12. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmelzpunkt des Polymers beim ersten Aufheizen größer ist als beim zweiten Aufheizen, gemessen durch Differentialscanningkalorimetrie (DSC).

13. Das Pulver nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schmelzenthalpie des Polymers beim ersten Aufheizen um mindestens 50% größer ist als beim zweiten Aufheizen, gemessen durch Differentialscanningkalorimetrie (DSC).

14. Verfahren zur Herstellung von Pulvern, insbesondere wie in irgend einem der Ansprüche 1 bis 13 definiert, wobei ein Polymer unter Einwirkung von Druck und/oder Temperatur zur Erzeugung einer zumindest teilweisen Lösung mit einem Medium enthaltend Lösungsmittel, das das Polymer löst, in Gegenwart von Kernpartikeln in Berührung gebracht wird und anschließend das Polymer aus der zumindest teilweisen Lösung ausgefällt wird, und Erhalten von Verbundpartikeln, die durch ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichtete Kernpartikel dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen.

15. Verfahren zur Herstellung von Formkörpern durch ein schichtweise arbeitendes Verfahren, bei dem selektiv Bereiche der jeweiligen Pulverschicht durch den Eintrag elektromagnetischer Energie aufgeschmolzen werden, wobei die Selektivität durch die Auftragung von Suszeptoren, Inhibitoren, Absorbieren oder durch Masken erzielt wird, wobei ein Pulver nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13 verwendet wird, insbesondere ein Pulver, das Verbundpartikel enthält, die durch ganz oder teilweise mit einem gefällten Polymer beschichtete Kernpartikel dargestellt werden, wobei die Kernpartikel anorganische Kernpartikel sind, ausgenommen Titandioxid, und wobei die anorganischen Kernpartikel einen mittleren Korndurchmesser d_{50} von 1 bis 70 μm aufweisen.

16. Verwendung des Pulvers gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 13 in einem Verfahren gemäß Anspruch 15.

17. Formkörper, der durch das Verfahren nach Anspruch 15 unter Verwendung des Pulvers nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 13 erhalten worden ist.

18. Pulver erhältlich nach einem Verfahren gemäß Anspruch 14.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen