

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50241/2020
(22) Anmeldetag: 24.03.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2022

(51) Int. Cl.: **B22F 3/11** (2006.01)
B22F 3/105 (2006.01)
B33Y 50/02 (2015.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
G05B 19/19 (2006.01)
G05B 19/4099 (2006.01)
B29C 64/153 (2017.01)
B29C 64/393 (2017.01)
G06F 111/00 (2020.01)
G06F 113/10 (2020.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2018172080 A1
EP 3376412 A1
WO 2019091086 A1
CN 110834095 A

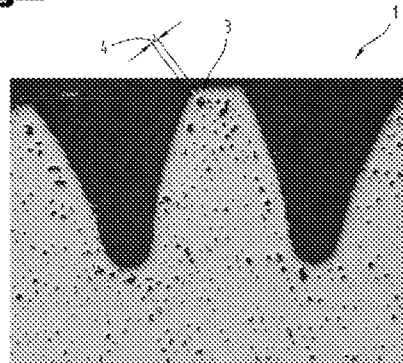
(73) Patentinhaber:
Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Bauteils

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Bauteils (1) mittels eines additiven Herstellungsverfahrens umfassend die Schritte: Bereitstellen eines metallischen Pulvers aus Pulverpartikeln in einer Vorrichtung zur additiven Herstellung des Bauteils (1); Bereitstellen eines Datensatzes für die volllichte Ausführung des Bauteils (1) oder eine Ausführung des Bauteils (1), die eine Porosität aufweist; reitstellen eines Datensatzes mit Prozessparametern zur Steuerung der Vorrichtung; sukzessives Ausbilden von übereinander liegenden Schichten aus den Pulverpartikeln der Geometrie des Bauteils (1) entsprechend; Einbringen von Energie in jede aufgebraute Schicht, um die Pulverpartikel miteinander zu verbinden; wobei die Einbringung der Energie über den Datensatz mit den Prozessparametern zur Steuerung der Vorrichtung so gesteuert wird, dass mit dem Datensatz für den volllichteten Bauteil (1) ein Bauteil (1) erzeugt wird, der zumindest in Bereichen Poren (3) aufweist, oder so gesteuert wird, dass mit dem Datensatz für den die Porosität aufweisenden Bauteil (1) ein Bauteil (1) erzeugt wird, der eine höhere Porosität aufweist, als dies dem Datensatz entspricht. Es wird ein Pulver eingesetzt, das nicht-sphärische Pulverpartikel (5) aufweist.

Fig.2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Bauteils mittels eines additiven Herstellungsverfahrens umfassen die Schritte:

- Bereitstellen eines metallischen Pulvers aus Pulverpartikeln in einer Vorrichtung zur additiven Herstellung des Bauteils;
- Bereitstellen eines Datensatzes für die volllichte Ausführung des Bauteils oder eine Ausführung des Bauteils, die eine Porosität aufweist;
- Bereitstellen eines Datensatzes mit Prozessparametern zur Steuerung der Vorrichtung;
- Sukzessives Ausbilden von übereinander liegenden Schichten aus den Pulverpartikeln der Geometrie des Bauteils entsprechend;
- Einbringen von Energie in jede aufgebraute Schicht, um die Pulverpartikel miteinander zu verbinden.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung ein metallisches Bauteil umfassend einen dreidimensionalen Bauteilkörper, der mittels eines additiven Herstellungsverfahrens hergestellt ist, wobei der Bauteilkörper zumindest bereichsweise Poren aufweist.

[0003] Zur Großserienfertigung von Bauteilen mit komplexer Geometrie hat sich in der Autozulieferindustrie die Sintertechnik etabliert. Daneben sind immer aber auch Verfahren beschrieben worden, die unter dem Begriff additive Herstellungsverfahren bekannt sind. Im Wesentlichen handelt es sich dabei vereinfacht ausgedrückt um 3D-Druckverfahren. Ursprünglich nur für die Prototypenfertigung eingesetzt, finden diese Verfahren mittlerweile auch schon Einzug in die Kleinserienfertigung.

[0004] Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus der DE 10 2018 203 151 A1 bekannt. Diese Druckschrift beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von einem dreidimensionalen Bauteil umfassend die folgenden Schritte: Herstellen eines Körpers aus einem ersten pulverförmigen Material mittels metallischem 3D-Druck, welcher zumindest teilweise eine Hohlstruktur aufweist, wobei der Körper zumindest eine Öffnung in der Hohlstruktur aufweist, insbesondere an einer wenig belasteten Stelle des zu fertigenden dreidimensionalen Bauteils; Entfernen des überschüssigen ersten pulverförmigen Materials aus der Hohlstruktur des Körpers über die zumindest eine Öffnung in der Hohlstruktur und anschließend entweder Auffüllen der Hohlstruktur des Körpers mit einem zweiten pulverförmigen Material; Nachverdichten des zweiten pulverförmigen Materials mittels einer Rüttelvorrichtung; Entfernen von Zusatzmittel, welches während des metallischen 3D-Drucks eingesetzt wird; Sintern des Körpers aus erstem Material mit dem pulverförmigen zweiten Material, sodass das dreidimensionale Bauteil hergestellt wird; Entnahme des fertigen dreidimensionalen Bauteils; oder Entfernen von Zusatzmittel, welches während des metallischen 3D-Drucks eingesetzt wird; Sintern des Körpers aus erstem Material mit einer ersten Sintereinstellung; Auffüllen der Hohlstruktur des Körpers mit einem zweiten pulverförmigen Material; Nachverdichten des zweiten Materials mittels einer Rüttelvorrichtung; Sintern des Körpers aus erstem Material mit dem pulverförmigen zweiten Material mit einer zweiten Sintereinstellung, sodass das dreidimensionale Bauteil hergestellt wird; Entnahme des fertigen dreidimensionalen Bauteils.

[0005] Die WO 2018/172080 A1 beschreibt ein computergestütztes Verfahren zur Generierung eines Steuerdatensatzes für eine generative Schichtbauvorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts mittels derselben, wobei die Herstellung die Schritte Aufbau des Objekts Schicht auf Schicht und gesteuertes Richten von Strahlung mindestens einer Strahlungsquelle durch eine Eintragungseinrichtung auf einem Objektquerschnitt entsprechende Bereiche einer Schicht eines Aufbaumaterials aufweist, wobei die Eintragungseinrichtung dazu ausgebildet ist, eine Mehrzahl von Strahlbündeln auf unterschiedliche Regionen einer aufgetragenen Schicht zu richten, wobei jedes der Strahlbündel dort, wo es auf die Schicht auftrifft, auf das Aufbaumaterial einwirkt, insbesondere so, dass dieses verfestigt wird. Das Verfahren zur Generierung eines Steuerdatensatzes weist einen ersten Schritt des Zugriffs auf einen Schichtdatensatzes auf, der ein Datenmodell einer während der Herstellung selektiv zu verfestigenden Aufbaumaterialschicht aufweist, wobei in dem Datenmodell einem Objektquerschnitt entsprechende Stellen gekenn-

zeichnet sind, an denen eine Verfestigung des Aufbaumaterials stattfinden soll. In einem zweiten Schritt wird der Schichtdatensatz derart abgeändert, dass für zumindest einen Abschnitt des Objektquerschnitts in Abhängigkeit von Vorgaben für eine Qualität des Abschnitts und/oder eine Fertigungszeit des Objekts festgelegt wird, mit welcher Anzahl von Strahlbündeln das Aufbaumaterial innerhalb dieses Abschnitts zu verfestigen ist. In einem dritten Schritt wird der abgeänderte Schichtdatensatz als Steuerdatensatz für die generative Schichtbauvorrichtung bereitgestellt.

[0006] Aus der EP 3 376 412 A1 ist ein Verfahren zum Erstellen eines Geometriedatensatzes für ein additiv herzustellendes Werkstück bekannt, bei dem ein Konstruktionsprogramm zum Einsatz kommt, das über eine erste Schnittstelle einen Materialdatensatz abrufen, der in einem Materialdatenpool abgespeichert ist, wobei der Materialdatensatz die Eigenschaften des additiv herzustellenden Materials enthält und wobei zur Herstellung dieser Eigenschaften nötige Fertigungsparameter mindestens eines additiven Fertigungsprozesses in dem Materialdatenpool mit dem Materialdatensatz verknüpft sind, die Eigenschaften des herzustellenden Materials in dem Geometriedatensatz einem dreidimensionalen Bereich des Werkstücks zuordnet und den Geometriedatensatz an einer zweiten Schnittstelle zur Verfügung stellt.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Herstellkosten von dreidimensionalen (metallischen) Bauteilen mit einem additiven Herstellungsverfahren zu reduzieren.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, dass die Einbringung der Energie über den Datensatz mit den Prozessparametern zur Steuerung der Vorrichtung so gesteuert wird, dass mit dem Datensatz für den volllichten Bauteil ein Bauteil erzeugt wird, der zumindest in Bereichen Poren aufweist oder so gesteuert wird, dass mit dem Datensatz für den die Porosität aufweisenden Bauteil ein Bauteil erzeugt wird, der eine höhere Porosität aufweist, als dies dem Datensatz entspricht, und wobei ein Pulver eingesetzt wird, das nicht-sphärische Pulverpartikel aufweist.

[0009] Weiter wird die Aufgabe mit dem eingangs genannten metallischen Bauteil dadurch gelöst, dass der Bauteilkörper aus einem Pulver hergestellt ist, das nicht-sphärische Pulverpartikel (5) aufweist.

[0010] In Abkehr von der bisher üblichen Verfahrensweise, dass mittels additiver Herstellverfahren hergestellte Bauteile entsprechend der CAD-Daten, die zur Herstellung verwendet werden, volllicht hergestellt werden, werden mit der Erfindung durch eine entsprechende Abänderung der Verfahrensparameter Bauteile erzeugt, die zumindest in Bereichen Poren aufweisen. Das Verfahren wird also bewusst, d.h. kontrolliert, „mangelhaft“ ausgeführt. Dies wiederum erlaubt einen schnelleren Aufbau des Bauteils, womit die Herstellzeit und auch der Energieaufwand für die Herstellung des Bauteils reduziert werden können. Überraschenderweise konnte dabei festgestellt werden, dass die mit dem Verfahren nach der Erfindung hergestellten Bauteile nur geringfügig schlechtere mechanische Eigenschaften haben, als volllicht hergestellte Bauteile. Die nach diesem Verfahren hergestellten Bauteile weisen zudem ein geringeres Gewicht auf, womit entsprechende Vorteile bei deren Einbau in Kraftfahrzeugen erreicht werden, wie beispielsweise ein geringerer Energieverbrauch beim Betrieb der Kraftfahrzeuge, geringer Massenträgheitsverluste, etc.

[0011] Es wird ein Pulver eingesetzt, das nicht-sphärische Pulverpartikel aufweist. Damit kann erreicht werden, dass durch „Verhakung“ einzelner, nicht-sphärischer Partikel das Auffüllen von Pulver-Zwischenräumen durch kleinere Partikel verhindert wird und daher anhand der geringeren Schüttdichte die Herstellung poröser Strukturen gefördert wird.

[0012] Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass als metallisches Pulver ein wasserverdüstes Pulver eingesetzt wird. Normalerweise wird in additiven Herstellungsverfahren ein gasverdüstes Pulver eingesetzt, da gasverdüstes Pulver herstellungsbedingt gleichmäßigere Pulverkörner (Pulverkornformen) aufweisen. Nachdem mit dem Verfahren nach der Erfindung bewusst nicht volllichte Strukturen erzeugt werden, ist es auch möglich, wasserverdüstes Pulver einzusetzen. Damit können die Herstellkosten der Bauteile weiter gesenkt werden, da wasserverdüstes Pulver günstiger in der Anschaffung sind. Zudem kann damit die

Porosität der Bauteile weiter erhöht werden.

[0013] Zur weiteren Verstärkung der vorgenannten Effekte kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass ein metallisches Pulver eingesetzt wird, dass Pulverpartikel von Kornfraktionen gemäß DIN ISO 4497 im Bereich von 1 µm - 250 µm aufweist.

[0014] Dabei kann gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung dazu vorgesehen sein, dass das Pulver Pulverpartikel aus einer Kornfraktion oder zumindest zwei verschiedenen Kornfraktionen aufweist, wobei die Kornfraktion ausgewählt ist oder die beiden Kornfraktionen ausgewählt sind aus fünf Kornfraktionen, wobei eine erste Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 1 µm bis 45 µm aufweist, eine zweite Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 45 µm bis 90 µm, eine dritte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 90 µm bis 150 µm, eine vierte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 150 µm bis 200 µm und eine fünfte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 200 µm bis 250 µm aufweist. Es ist damit einfacher möglich, die Porosität des hergestellten Bauteils in einer gewünschten Größenordnung einzustellen.

[0015] Bevorzugt werden dazu nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung Pulver eingesetzt, bei denen der Anteil jeder der ersten bis fünften Kornfraktion zwischen 2 Gew.-% und 75 Gew.-% beträgt, mit der Maßgabe, dass sich die Anteile der eingesetzten Kornfraktionen zu 100 Gew.-% summieren.

[0016] Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass durch Zuweisung von unterschiedlichen Prozessparametersätzen zu verschiedenen, vordefinierbaren Bereichen des Bauteils ein Bauteil mit mehreren, zueinander unterschiedlichen Porositäten hergestellt wird. Es ist damit möglich, Bauteile gezielt mit in Bereichen niedriger Porosität oder einer Volldichte herzustellen, in denen eine höhere mechanische Festigkeit benötigt wird, und/oder in Bereichen mit einer höheren Porosität zu erzeugen, um das Gewicht des Bauteils zu reduzieren oder um eine funktionale Porosität herzustellen, beispielsweise um Flüssigkeiten, wie z.B. ein Öl, einzulagern, durchzuleiten oder durch eine Flüssigkeit die Temperatur des Bauteils zu regulieren.

[0017] Dabei kann gemäß einer speziellen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass durch die Zuweisung unterschiedlicher Prozessparametersätze zu verschiedenen, vordefinierbaren Bereichen des Bauteils das Bauteil mit einer dichteren Randschicht hergestellt wird. Es ist damit möglich, eine Randschichtverdichtung, wie sie beispielsweise bei Sinterbauteilen durch Walzen erzeugt wird, auch mit einem additiven Herstellungsverfahren in nur einem Verfahrensschritt, also ohne Werkzeugeinsatz oder Werkzeugwechsel, bereitzustellen.

[0018] Bevorzugt wird gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung für den Energieeintrag ein Laserstrahl oder ein Elektronenstrahl verwendet, da damit die gezielte Einstellung bzw. Veränderung der Porosität des Bauteils einfacher durchgeführt werden kann.

[0019] Dabei kann zur weiteren Verstärkung der vorgenannten Effekte gemäß weiteren Ausführungsvarianten vorgesehen sein,

- dass der Laserstrahl oder der Elektronenstrahl mit einem Hatchabstand zwischen 0,08 mm und 0,5 mm, insbesondere zwischen 0,08 mm und 0,23 mm, die jeweilige Pulverschicht überstreicht, und/oder
- dass der Laserstrahl oder der Elektronenstrahl mit einer Scangeschwindigkeit von 500 mm/s bis 1.800 mm/s die jeweilige Pulverschicht überstreicht; oder
- dass der Laserstrahl oder der Elektronenstrahl mit einer Scangeschwindigkeit von 3200 mm/s bis 5200 mm/s die jeweilige Pulverschicht überstreicht.

[0020] Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Bauteilkörper zumindest in Bereichen eine Porosität zwischen 1 % und 35 % aufweist. Bei einer Porosität von über 35 % werden die Unterschiede hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften zu volldichten Bauteilen relativ groß, womit die Herstellung von Strukturbauteilen problematischer wird.

[0021] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren

näher erläutert.

[0022] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0023] Fig. 1 ein Bauteil;

[0024] Fig. 2 einen Ausschnitt aus einer ersten Ausführungsvariante des Bauteils nach Fig. 1;

[0025] Fig. 3 einen Ausschnitt aus einer ersten Ausführungsvariante des Bauteils nach Fig. 1;

[0026] Fig. 4 Pulverpartikel zur Herstellung des Bauteils.

[0027] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0028] Weiter sei einführend festgehalten, dass die Angabe von Normen immer die jeweils letztgültige Version der jeweiligen Norm meint, sofern nicht etwas anderes angegeben ist.

[0029] Fig. 1 zeigt ein Bauteil 1. Das Bauteil 1 umfasst einen dreidimensionalen Bauteilkörper 2.

[0030] Der Bauteilkörper 2 umfasst bevorzugt einen metallischen Werkstoff oder besteht daraus. Es ist aber auch möglich, für den Bauteilkörper 2 zumindest teilweise einen anderen Werkstoff, wie beispielsweise einen polymeren Kunststoff, einzusetzen. Es ist weiter möglich, dass das Bauteil 1 aus zumindest zwei verschiedenen metallischen Werkstoffen oder polymeren Kunststoffen besteht bzw. diese aufweist.

[0031] Das Bauteil 1 nach Fig. 1 ist als Zahnrad ausgebildet. Die Erfindung ist aber nicht auf Zahnräder als Bauteile 1 beschränkt. Das Bauteil 1 kann beispielsweise auch eine Schiebemuffe, ein Synchronring, eine Pleuelstange, ein Lagerdeckel für eine geteilte Lageranordnung, ein Lagerelement, ein Getriebebauteile, etc., sein. Generell kann das Bauteil 1 ein Strukturbauteile sein, aber auch ein Bauteil für eine funktionelle Anwendung einer porösen Struktur, wie bspw. ein Filter, eine poröse Heiz-, Kühl- und/oder Schmierstruktur.

[0032] Das Bauteil 1 ist mittels eines additiven Herstellungsverfahrens hergestellt. Beispielsweise kann das Bauteil 1 mittels Powder Bed Fusion, wie Laser Powder Bed Fusion bzw. Electron beam Powder Bed Fusion hergestellt werden. Es sei in diesem Zusammenhang die Begriffe Selective Laser-Sintering (SLS) oder Selective Laser-Melting (SLM) oder Selective Heat Sintering (SHS) oder Electron Beam-Melting (EBM) genannt.

[0033] Nachdem diese Verfahren an sich bekannt sind, sei (zur Vermeidung von Wiederholungen) zu weiteren Einzelheiten dazu auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0034] Wie insbesondere aus den Fig. 2 und 3 zu ersehen ist, die jeweils Ausschnitte aus verschiedenen Ausführungsvarianten des Zahnrades nach Fig.1 im Bereich der Stirnverzahnung zeigen, weist der Bauteilkörper 2 Poren 3 auf.

[0035] Durch die Poren 3 weist der Bauteil 1 eine Porosität auf. Diese ist zumindest in Teilbereichen oder Abschnitten bzw. Segmenten des Bauteils 1 ausgebildet. Beispielsweise kann der Bauteil 1 die Poren 3 nur im Bereich der Stirnverzahnung bzw. der Randzone oder nur im Bereich seines Kerns, der unterhalb der Randzone ausgebildet ist, aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass der gesamte Bauteil 1 diese Porosität aufweist. Zudem ist es möglich, dass das Bauteil mit einem Porositätsgradienten ausgebildet ist, wobei beispielsweise die Porosität von der Randzone in Richtung des Kerns abnimmt oder zunimmt.

[0036] Generell kann die Porosität ausgewählt sein aus einem Bereich von 0 % bis 55 %, mit der Maßgabe, dass eine Porosität von 0% nur in vordefinierbaren Bereichen des Bauteils 1 vorhanden ist. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung weist der Bauteil 1 jedoch zumindest in Bereichen eine Porosität zwischen 1 % und 35 %, insbesondere zwischen 5 % und

15 % auf.

[0037] Die Porosität wird so bestimmt, dass die Dichte des Bauteils 1 gemäß DIN EN ISO 2738 ermittelt und aus diesem ermittelten Wert bezogen auf die Dichte des entsprechenden vollverdichteten Materials die Porosität errechnet wird. Lokal unterschiedliche Porositäten werden optisch bestimmt.

[0038] Die Poren 3 können eine Länge von 5 µm bis 2500 µm und eine Breite von 1 µm bis 1200 µm haben. Die Feret Durchmesser der Poren 3 können einen Wert zwischen 5 µm und 2000 µm aufweisen. Der Äquivalenzkreisdurchmesser kann im Bereich von 5 µm bis 1500 µm liegen.

[0039] Zur Herstellung des zumindest teilweise, insbesondere zur Gänze, metallischen dreidimensionalen Bauteils 1 wird vorerst der zumindest eine, insbesondere metallische, Werkstoff bereitgestellt. Der zumindest eine Werkstoff ist als Pulver mit Pulverpartikel 5 ausgebildet, wie dies Fig. 4 zeigt, die eine Elektronenmikroskopaufnahme eines Pulvers zeigt.

[0040] Das Pulver wird mittels einer herkömmlichen Vorrichtung (insbesondere einem 3D-Drucker) zur additiven Herstellung von Bauteilen verarbeitet. Diese Vorrichtung weist zumindest einen Datenspeicher auf bzw. ist dieser Vorrichtung zum Betrieb zumindest ein Datenspeicher zugeordnet. In diesem zumindest einen Datenspeicher wird ein erster Datensatz (CAD-Daten) für die Herstellung des Bauteils 1 bereitgestellt. Dieser Datensatz umfasst dabei Daten betreffend die Geometrie.

[0041] Weiter wird in diesem Datenspeicher ein zweiter Datensatz mit Prozessparametern zur Steuerung der Vorrichtung bereitgestellt. Mit den Prozessparametern wird beispielsweise die Druckgeschwindigkeit bzw. die Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Schichten ausgebildet werden, festgelegt.

[0042] Durch das Abarbeiten der einzelnen Programmschritte, mit denen die Vorrichtung betrieben wird, werden die einzelnen Schichten zum Aufbau des Bauteils 1 sukzessive übereinander hergestellt bzw. generell das Bauteil 1 hergestellt.

[0043] Üblicherweise wird mit diesem Datensatz die Vorrichtung so gesteuert, dass ein vollverdichtetes Bauteil hergestellt wird, also ein Bauteil, das abgesehen von Fehlstellen keine Poren aufweist. Mit anderen Worten werden die einzelnen Schichten des Bauteils, die sukzessive aufeinander abgeschieden werden, durch Energieeintrag so weit aufgeschmolzen, dass vorhandene Hohlräume zwischen den Pulverpartikeln mit der Schmelze ausgefüllt werden.

[0044] In Abkehr von dieser aus dem Stand der Technik bekannten Vorgangsweise wird die Vorrichtung mit den Prozessparametern so betrieben, dass das Bauteil 1 die Porosität mit den Poren 3 aufweist.

[0045] Dabei kann durch eine Veränderung von z.B. der Geschwindigkeit, mit der die Einrichtung für die Energieeinbringung in die jeweils abgeschiedene Schicht, die die Vorrichtung zur additiven Herstellung des Bauteils 1 aufweist, also beispielsweise der Laser, über die Schicht bewegt wird oder die von dieser Einrichtung abgegebenen Leistung, oder den sogenannten Hatchabstand oder die Schichtdicke der abgeschiedenen Schicht, etc., die Porosität des Bauteils 1 hergestellt werden. Die genannten Prozessparameter können auch als Belichtungsparameter bezeichnet werden.

[0046] Es werden also im Rahmen der Erfindung bewusst die Prozessparameter so abgeändert, dass aus dem ersten Datensatz für das vollverdichtete Bauteil kein vollverdichtetes Bauteil hergestellt wird. Anders ausgedrückt wird das Verfahren zur Herstellung eines vollverdichteten, dem ersten Datensatz entsprechenden Bauteils 1 bewusst mangelhaft ausgeführt.

[0047] Der voranstehend genannte Hatchabstand bezeichnet bekannterweise den Abstand der Belichtungslinien voneinander in waagrechtlicher Richtung.

[0048] Mit der Einrichtung für die Energieeinbringung in die jeweils abgeschiedene Schicht werden die Pulverpartikel 5 innerhalb einer Schicht und mit der unmittelbar darunterliegenden Schicht verbunden, insbesondere in dem die Pulverpartikel 5 zumindest oberflächlich angeschmolzen

werden.

[0049] Bevorzugt wird für den Energieeintrag ein Laserstrahl oder ein Elektronenstrahl verwendet.

[0050] Bevorzugte Prozessparameter (also insbesondere genannten Belichtungsparameter) sind:

[0051] Hatchabstand: zwischen 0,08 mm und 0,23 mm

[0052] Scangeschwindigkeit, mit der Laserstrahl oder der Elektronenstrahl über die abgelegten Pulverpartikel 5 bewegt wird: 800 mm/s bis 1300 mm/s oder 3200 mm/s bis 5200 mm/s

[0053] Laserleistung: von 100 Watt bis 1000 Watt

[0054] Insbesondere werden diese Prozessparameter zur Herstellung von Schichtdicken zwischen 40 µm und 80 µm, beispielsweise von 40 µm bis 50 µm, angewandt.

[0055] Insbesondere bei einem größeren bzw. großen Hatchabstand und einer schnellen Scangeschwindigkeit kann nicht genügend Energie eingebracht werden, um ein Voxel voll dicht zu verschmelzen. Je größer der Hatchabstand wird und/oder die Scangeschwindigkeit wird, desto größer werden die Poren 3 und/oder die Anzahl der Poren 3.

[0056] Zur Erzeugung der porigen bzw. porösen Struktur im Bauteil 1 werden nicht-sphärische Pulverpartikel 5 eingesetzt, wie diese beispielsweise aus Fig. 4 ersichtlich sind. Insbesondere werden gemäß einer weiteren Ausführungsvariante als Pulver sogenannte wasserverdünsten Pulver eingesetzt, da diese im Vergleich zu gasverdünsten Pulvern normalerweise herstellungsbedingt nicht-sphärische Pulverpartikel 5 aufweisen.

[0057] Prinzipiell kann das eingesetzte Pulver Pulverpartikel 5 unterschiedlichster Größe aufweisen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung werden jedoch Pulver eingesetzt, die Pulverpartikel 5 von Kornfraktionen gemäß DIN ISO 4497 im Bereich von 1 µm bis 250 µm, oder im Bereich von 1 µm bis 150 µm, insbesondere zwischen 20 µm und 63 µm, aufweisen.

[0058] Dabei kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass das Pulver Pulverpartikel 5 aus zumindest zwei verschiedenen Kornfraktionen aufweist, wobei die beiden Kornfraktionen ausgewählt sind aus fünf Kornfraktionen, wobei eine erste Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 0 µm bis 45 µm aufweist, eine zweite Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 45 µm bis 90 µm, eine dritte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 90 µm bis 150 µm, eine vierte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 150 µm bis 200 µm und eine fünfte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 200 µm bis 250 µm aufweist.

[0059] Der Anteil jeder der ersten bis fünften Kornfraktion kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung zwischen 2 Gew.-% und 75 Gew.-% betragen, mit der Maßgabe, dass sich die Anteile der eingesetzten Kornfraktionen zu 100 Gew.-% summieren.

[0060] Es kann im Rahmen der Erfindung aber auch ein Pulver verwendet werden, das Pulverpartikel 5 aus nur einer dieser genannten Kornfraktionen aufweist, also zu 100 Gew.-% aus dieser Kornfraktion besteht.

[0061] Das metallische Pulver kann ein Reinmetallpulver oder eine Legierungspulver oder eine Pulvermischung aus verschiedenen metallischen Pulvern (Reinmetalle und/oder Legierungen) sein. Beispielsweise kann das Pulver ein Eisenpulver oder ein Eisenlegierungspulver oder ein Titanpulver oder eine Titanlegierungspulver oder ein Aluminiumpulver oder ein Aluminiumlegierungspulver sein.

[0062] Wie bereits voranstehend ausgeführt, kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass durch Zuweisung von unterschiedlichen Prozessparametersätzen zu verschiedenen, vordefinierbaren Bereichen oder Abschnitten oder Segmenten des Bauteils ein Bauteil 1 mit unterschiedlichen Porositäten hergestellt wird, d.h. ein Bauteil 1, das Bereiche mit zueinander verschiedenen Porositäten aufweist.

[0063] Gemäß einer Ausführungsvariante dazu kann vorgesehen sein, dass durch die Zuweisung der unterschiedlicher Prozessparametersätze zu verschiedenen, vordefinierbaren Bereichen oder Abschnitten oder Segmenten des Bauteils 1 das Bauteil 1 mit einer dichteren Randschicht hergestellt wird.

[0064] Es ist mit der Erfindung möglich Bauteile 1 mit höheren Aufbaurate als beim volldichten 3D Druck üblich herzustellen.

[0065] Im Zuge von Versuchen konnten bei volldichter Ausführung des gedruckten Volumens Bauraten von ca. $10 \text{ cm}^3 \text{ pro h}$ erreicht werden. Mit dem Verfahren nach der Erfindung konnte diese auf $20 \text{ cm}^3 \text{ pro h}$ - $50 \text{ cm}^3 \text{ pro h}$ bzw. auch noch weiter erhöht werden. Indem beispielsweise eine Schichtdicke von $50 \mu\text{m}$, ein Hatchabstand von $0,23 \text{ mm}$ und eine Scangeschwindigkeit von 1300 m/ gewählt wird, kann eine Baurate von $53,82 \text{ cm}^3 \text{ pro h}$ bei einer Porosität von 27% erreicht werden.

[0066] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus das Bauteil 1 nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt ist.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Bauteil
- 2 Bauteilkörper
- 3 Pore
- 4 Durchmesser
- 5 Pulverpartikel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Bauteils (1) mittels eines additiven Herstellungsverfahrens umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen eines metallischen Pulvers aus Pulverpartikeln in einer Vorrichtung zur additiven Herstellung des Bauteils (1);
 - Bereitstellen eines Datensatzes für die volllichte Ausführung des Bauteils (1) oder eine Ausführung des Bauteils (1), die eine Porosität aufweist;
 - Bereitstellen eines Datensatzes mit Prozessparametern zur Steuerung der Vorrichtung;
 - sukzessives Ausbilden von übereinander liegenden Schichten aus den Pulverpartikeln der Geometrie des Bauteils (1) entsprechend;
 - Einbringen von Energie in jede aufgebrachte Schicht, um die Pulverpartikel miteinander zu verbinden;**dadurch gekennzeichnet**, dass die Einbringung der Energie über den Datensatz mit den Prozessparametern zur Steuerung der Vorrichtung so gesteuert wird, dass mit dem Datensatz für den volllichteten Bauteil (1) ein Bauteil (1) erzeugt wird, der zumindest in Bereichen Poren (3) aufweist, oder so gesteuert wird, dass mit dem Datensatz für den die Porosität aufweisenden Bauteil (1) ein Bauteil (1) erzeugt wird, der eine höhere Porosität aufweist, als dies dem Datensatz entspricht, und dass ein Pulver eingesetzt wird, das nicht-sphärische Pulverpartikel (5) aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als metallisches Pulver ein wasserverdüstes Pulver eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein metallisches Pulver eingesetzt wird, das Pulverpartikel (5) von Kornfraktionen gemäß DIN ISO 4497 im Bereich von 1 µm - 250 µm aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pulver Pulverpartikel (5) aus zumindest zwei verschiedenen Kornfraktionen aufweist, wobei die beiden Kornfraktionen ausgewählt sind aus fünf Kornfraktionen, wobei eine erste Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 1 µm bis 45 µm aufweist, eine zweite Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 45 µm bis 90 µm, eine dritte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 90 µm bis 150 µm, eine vierte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 150 µm bis 200 µm und eine fünfte Kornfraktion Pulverkörner im Bereich von 200 µm bis 250 µm aufweist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil jeder der ersten bis fünften Kornfraktion zwischen 2 Gew.-% und 75 Gew.-% beträgt, mit der Maßgabe, dass sich die Anteile der eingesetzten Kornfraktionen zu 100 Gew.-% summieren.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch Zuweisung von unterschiedlichen Prozessparametersätzen zu verschiedenen, vordefinierbaren Bereichen des Bauteils (1) ein Bauteil (1) mit unterschiedlichen Porositäten hergestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Zuweisung unterschiedlicher Prozessparametersätze zu verschiedenen, vordefinierbaren Bereichen des Bauteils (1) das Bauteil (1) mit einer dichteren Randschicht hergestellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Energieeintrag ein Laserstrahl oder ein Elektronenstrahl verwendet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laserstrahl oder der Elektronenstrahl mit einem Hatchabstand zwischen 0,08 mm und 0,29 mm die jeweilige Pulverschicht überstreicht.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laserstrahl oder der Elektronenstrahl mit einer Scangeschwindigkeit von 800 mm/s bis 1300 mm/s die jeweilige Pulverschicht überstreicht.

11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laserstrahl oder der Elektronenstrahl mit einer Scangeschwindigkeit von 3200 mm/s bis 5200 mm/s die jeweilige Pulverschicht überstreicht.
12. Metallisches Bauteil (1) umfassend einen dreidimensionalen Bauteilkörper (2), der mittels eines additiven Herstellungsverfahrens hergestellt ist, wobei der Bauteilkörper (2) zumindest bereichsweise Poren (3) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bauteilkörper (2) aus einem Pulver hergestellt ist, das nicht-sphärische Pulverpartikel (5) aufweist.
13. Bauteil (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser aus einem wasserverdünnten metallischen Pulver hergestellt ist.
14. Bauteil (1) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bauteilkörper (2) zumindest in Bereichen eine Porosität zwischen 1 % und 35 % aufweist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig.1

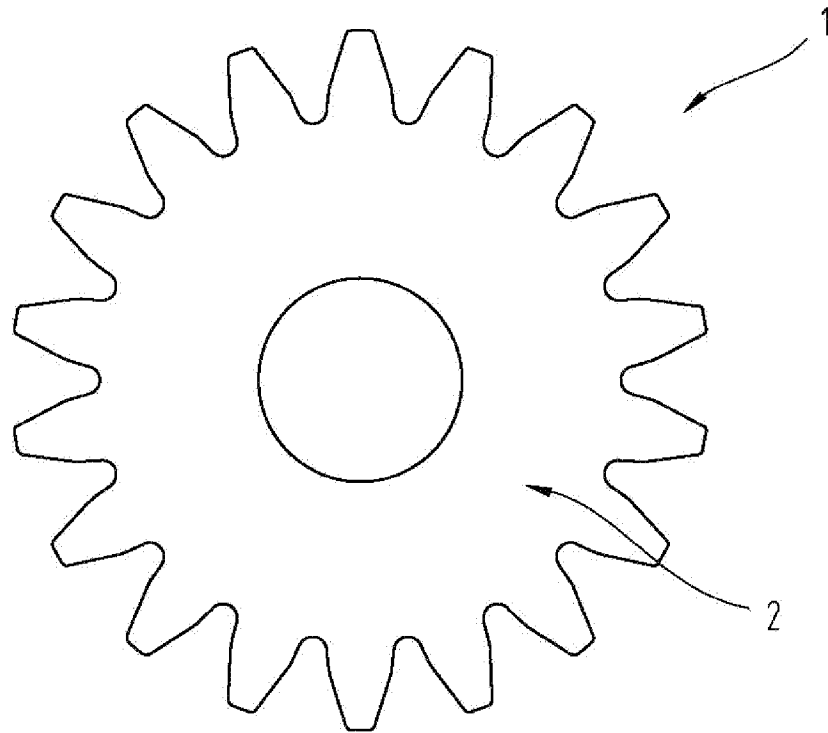


Fig.2

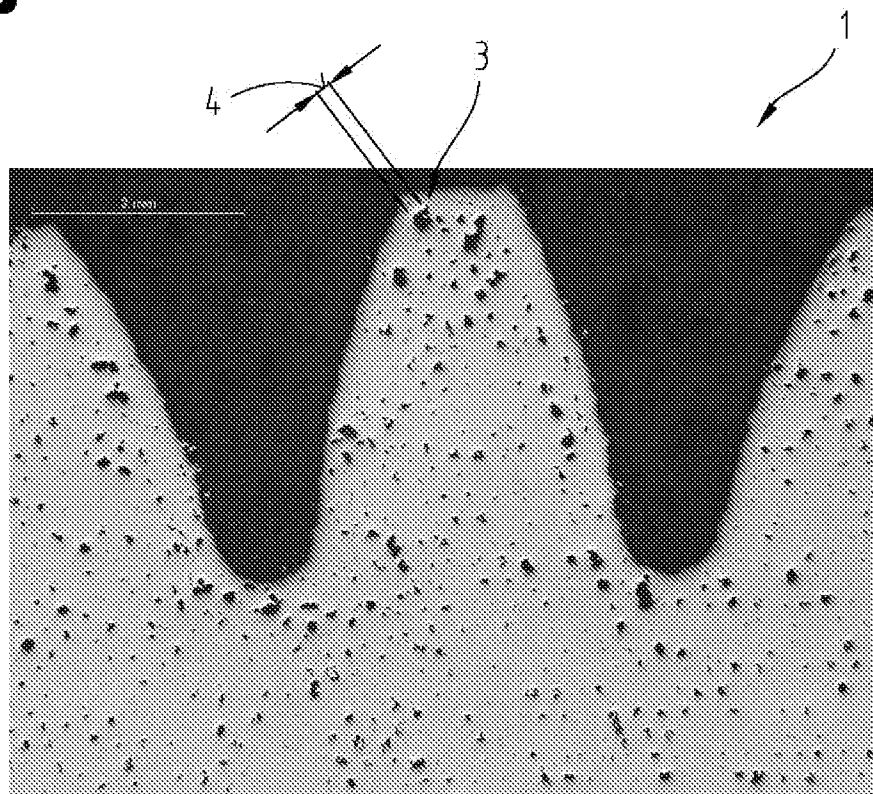


Fig.3

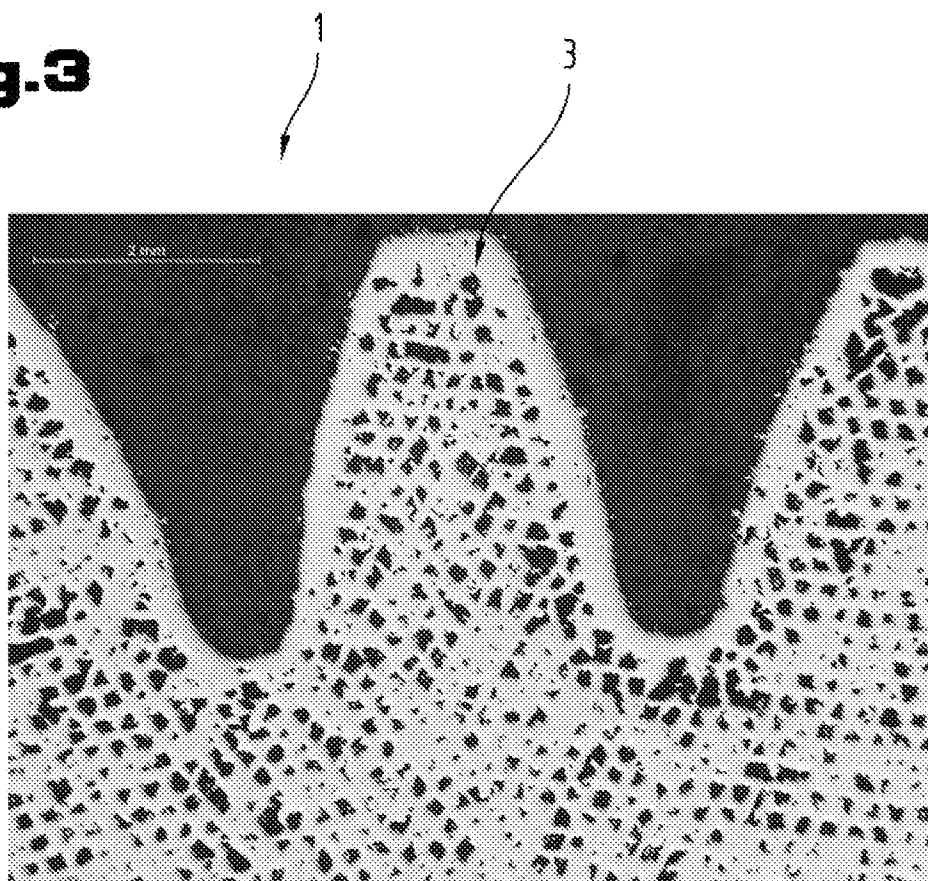


Fig.4

