



(10) **DE 10 2022 212 566 A1** 2024.05.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 212 566.5**

(22) Anmeldetag: **24.11.2022**

(43) Offenlegungstag: **29.05.2024**

(51) Int Cl.: **G05B 19/4097** (2006.01)

G06F 30/00 (2020.01)

B29C 64/386 (2017.01)

B33Y 50/00 (2015.01)

(71) Anmelder:
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

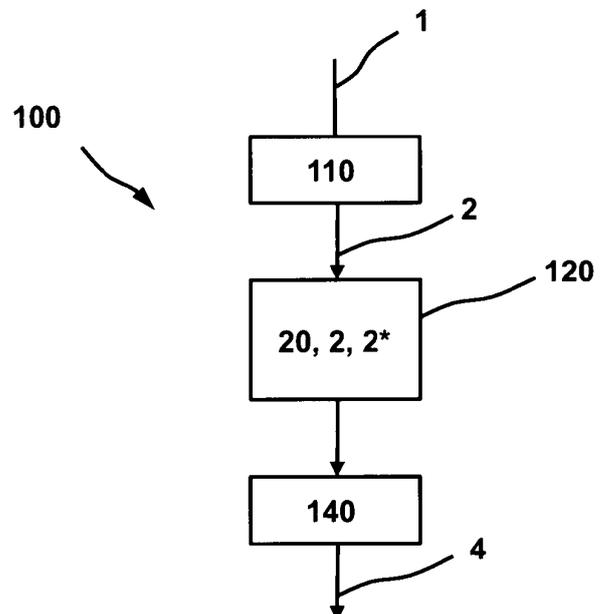
(72) Erfinder:
Jahnle, Hendrik, 71397 Leutenbach, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erstellung eines Fertigungsplans für die additive Fertigung eines Objekts mittels 3D-Druck**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zur Erstellung eines Fertigungsplans (4) für die additive Fertigung eines Objekts (1) mittels 3D-Druck zumindest mit den Schritten:

- Bereitstellung (110) eines dreidimensionalen Modells (2) des herzustellenden Objekts (1);
- Darstellung (120) des dreidimensionalen Modells (2) auf einer Benutzeroberfläche (20), wobei Teilbereiche (2*) des dreidimensionalen Modells (2) selektierbar sind mit dem Ziel, Prozessparameter derart zu verändern (140), dass der Fertigungsplan (4) verbessert wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für die additive Fertigung von Objekten mittels 3D-Druck aus beliebigen Ausgangsmaterialien, wie beispielsweise Kunststoffen oder Metallen.

Stand der Technik

[0002] Bei der additiven Fertigung von Objekten mittels 3D-Druck wird ein dreidimensionales Modell des Objekts üblicherweise mit einem sogenannten Slicer in einen konkreten Fertigungsplan für das Objekt übersetzt. Dieser Fertigungsplan wird vom 3D-Drucker unmittelbar verstanden und ausgeführt. Im Slicer lässt sich eine Vielzahl von Parametern einstellen. Beispielsweise lässt sich auswählen, welches Ausgangsmaterial verwendet werden soll, mit welchem Füllungsgrad Hohlräume im Inneren des Objekts ausgefüllt werden, auf welche Temperatur das Ausgangsmaterial erwärmt wird oder mit welcher Geschwindigkeit ein Druckkopf, der das Material dem Objekt hinzufügt, bewegt wird.

[0003] Die DE 10 2016 222 552 A1 offenbart ein 3D-Druckverfahren, bei dem gezielt Einfluss auf die Endfestigkeit des Bauteils genommen werden kann.

[0004] Die DE 10 2020 208 175 A1 offenbart ein Verfahren zur Erstellung eines Fertigungsplans für die additive Fertigung eines Objekts mittels 3D-Druck, wobei ein dreidimensionales Modell des herzustellenden Objekts bereitgestellt wird.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Im Rahmen der Erfindung wurde ein Verfahren zur Erstellung eines Fertigungsplans für die additive Fertigung eines Objekts mittels 3D-Druck entwickelt.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erstellung eines Fertigungsplans für die additive Fertigung eines Objekts mittels 3D-Druck umfasst zumindest folgende Schritte. Die Bereitstellung eines dreidimensionalen Modells des herzustellenden Objekts und die Darstellung des dreidimensionalen Modells auf einer Benutzeroberfläche, wobei Teilbereiche des dreidimensionalen Modells selektierbar sind mit dem Ziel, Prozessparameter derart zu verändern, dass der Fertigungsplan verbessert wird.

[0007] Der Herstellungsprozess eines Objekts mittels 3D-Druck ist durch eine Vielzahl von Parametern charakterisiert, die alle einen Einfluss auf die Endfestigkeit des Objekts haben können und auch zum Teil miteinander wechselwirken. Die Erstellung eines Fertigungsplans war somit bislang ein Prozess, der in hohem Maße durch Erfahrungswissen geprägt war und in der Regel vorab festgelegt wurden.

[0008] Die Darstellung des dreidimensionalen Modells auf einer Benutzeroberfläche, wobei Teilbereiche des dreidimensionalen Modells selektierbar sind mit dem Ziel, Prozessparameter derart zu verändern, dass der Fertigungsplan verbessert wird, ermöglicht in vorteilhafter Weise eine direkte Auswahl von Teilbereichen und eine individuelle Anpassung der notwendigen Prozessparameter zum Drucken.

[0009] In der Regel dient eine Software, die sogenannte Slicer-Software als Vermittler zwischen einem 3D-Modell und dem 3D-Drucker. Die Software bereitet dabei das 3D-Modell für den Druckprozess vor, wobei verschiedene Parameter eingestellt werden können (beispielsweise: Extrusionsgeschwindigkeit, Druckkopfgeschwindigkeit, Temperatur, Wanddicke, Füllparameter usw.). Die Darstellung des dreidimensionalen Modells mit selektierbaren Teilbereichen ermöglicht es in vorteilhafter Weise Einstellungen bzgl. der oben genannten Parameter am Modell vorzunehmen, was in herkömmlichen Anwendungen nicht möglich ist.

[0010] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Verbesserung der Bedienung, bzw. User-Experience erreicht und eine schnelle Steuerung der Slicer-Software gewährleistet

Nach der Bereitstellung, bzw. dem Import des dreidimensionalen Modells des herzustellenden Objekts und der Darstellung des dreidimensionalen Modells auf der Benutzeroberfläche, können die einzelnen Bereiche individuell angepasst werden. Der Bediener kann dabei durch einfaches Klicken den gewünschten Bereich auswählen. Anschließend öffnet sich beispielsweise ein Pop-Up Fenster, welches das individuelle Einstellen ermöglicht. Eine Alternative zum Pop-Up Fenster wäre beispielsweise eine Auswahltabelle am Rand des Programmes, in der die Parameter geändert und angepasst werden können. Dadurch wird eine intuitive Bedienung erreicht und das Konfigurieren von Bauteilen für den Bediener erleichtert.

[0011] Die Verbesserung des Fertigungsplans wird durch die Einstellung, bzw. Veränderung verschiedener Prozessparameter erreicht. Diese umfassen beispielsweise die Layerhöhe, die Linienbreite, die Supportlinienbreite, die Fülllinienbreite, die Druckkopfgeschwindigkeit usw.

Die Darstellung des dreidimensionalen Modells auf der Benutzeroberfläche ermöglicht es zudem, verschiedene Schichten, bzw. die sogenannten Layer des Objekts, bzw. des Produktes zu betrachten, um sich beispielsweise das Befüllen, bzw. das sogenannte Filling des Bauteils anschauen zu können. Diese Funktion wird beispielsweise durch einen Schieberegler, den sogenannten Slider an der Seite der Benutzeroberfläche ermöglicht, bei dem unterschiedliche Layer, bzw. Layerzahlen auswählbar

sind. Eine interaktive Bearbeitung des Produkts durch den Benutzer wird dadurch in vorteilhafter Weise erreicht.

[0012] Die direkte Auswahl von Teilbereichen, wie beispielsweise Kanten am Bauteil, ermöglicht es in vorteilhafter Weise die Geschwindigkeit des Druckkopfs individuell an die Teilbereiche anzupassen, um einen optimalen Druck zu erreichen.

[0013] Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich die Parameter individuell anzupassen, um die Genauigkeit und Qualität des Bauteils zu erhöhen.

[0014] In einer Weiterbildung wird die Veränderung des Fertigungsplans zusätzlich auf das Ziel gerichtet, die Herstellungskosten des Objekts, und/oder die Druckzeit für die Herstellung des Objekts, zu optimieren.

[0015] Die Veränderung des Fertigungsplans kann viele Facetten umfassen. Besonders wichtige Parameter sind der Belegungsgrad mindestens eines gemäß dem dreidimensionalen Modell vorgesehenen Hohlraums im Objekt sowie die Ausgestaltung stabilisierender Strukturen in einem solchen Hohlraum. Die maximale Festigkeit des Objekts wird dann erreicht, wenn das Objekt durchgehend aus Massivmaterial besteht und keine Hohlräume mehr enthält. Dies ist jedoch häufig nicht praktikabel, da die Herstellung des Objekts dann viel zu lange dauert oder das Objekt zu schwer oder zu teuer wird. Durch einen verminderten Belegungsgrad kann sehr viel Material und auch entsprechend viel Druckzeit eingespart werden. Insbesondere können beispielsweise stabilisierende Strukturen in einem oder mehreren Hohlräumen gezielt so orientiert werden, dass sie gerade gegen die vorgegebene mechanische Beanspruchung besonders stabil sind. So sind beispielsweise Säulen oder Wände besonders widerstandsfähig gegen Druck, der genau von „oben“ auf die Säule bzw. Wand wirkt, aber weniger widerstandsfähig gegen seitliche Scherung.

[0016] Ein weiterer wichtiger Parameter ist die lokale Materialzusammensetzung im Objekt, insbesondere bei 3D-Druckern, die an einem bestimmten Ort wahlweise eines von mehreren Materialien dem Objekt hinzufügen können. Beispielsweise kann dann an verschiedenen Orten jeweils das Material verwendet werden, das die am jeweiligen Ort zu erwartende Beanspruchung besonders gut aufnehmen kann. Es können auch beispielsweise Hohlräume mit stabilisierenden Stoffen aufgefüllt werden.

[0017] Ein Kompromiss zwischen der Festigkeit einerseits und der Druckzeit andererseits lässt sich insbesondere einstellen über

- eine Kraft, mit der Material aus einer Düse ausgegeben und dem Objekt hinzugefügt wird, und/oder

- eine Temperatur, bei der Material dem Objekt hinzugefügt wird, und/oder

- eine Schichtdicke, mit der das Material schichtweise aufgetragen wird, und/oder

- eine Verschubgeschwindigkeit eines Druckkopfes, aus dem das Material austritt.

[0018] Je größer die Kraft ist, mit der Material aus der Düse ausgegeben wird, desto mehr Material kann pro Zeiteinheit ausgegeben werden und desto schneller läuft der Druck ab. Auf der anderen Seite kann das Material durch eine große Krafteinwirkung verändert werden und an Festigkeit verlieren. Beispielsweise können durch die Krafteinwirkung Polymerketten eines als Ausgangsmaterial verwendeten Kunststoffes unterbrochen werden.

[0019] Eine höhere Temperatur des Materials kann dazu führen, dass pro Zeiteinheit mehr von dem Material aufgeschmolzen werden kann und der Druck wiederum schneller voranschreitet. Dafür kann sich das Material bei höherer Temperatur chemisch verändern und so wiederum an Festigkeit verlieren.

[0020] Die Schichtdicke, mit der das Material schichtweise aufgetragen wird, entscheidet über die Anzahl der für das Objekt insgesamt benötigten Schichten und damit auch über die nötige Druckzeit. Je dicker die Schichten sind, desto schneller läuft der Druck. Dünnere Schichten erlauben es hingegen, filigrane Strukturen genauer herzustellen, und haften besser aufeinander, was die Festigkeit des Objekts insgesamt erhöht.

[0021] Die mögliche Verschubgeschwindigkeit des Druckkopfes wiederum hängt unter anderem davon ab, wieviel Material pro Zeiteinheit geliefert werden kann und wie groß die Anforderungen an die Genauigkeit sind. Bei einer geringeren Verschubgeschwindigkeit kann auch die Haftung von nacheinander auf das Objekt aufgetragenen Schichten besser sein.

[0022] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur additiven Fertigung eines Objekts mittels 3D-Druck. Bei diesem Verfahren wird ein dreidimensionales Modell des Objekts aus mindestens einer vorgegebenen Konstruktionsvorschrift für das Objekt ermittelt, und/oder aus einer Vielzahl von Fotografien einer dreidimensionalen Vorlage für das Objekt photogrammetrisch errechnet.

[0023] Basierend auf diesem dreidimensionalen Modell wird ein Fertigungsplan für die Fertigung des Objekts mit dem zuvor beschriebenen Verfahren

erstellt. Der Fertigungsplan wird einem 3D-Drucker zugeführt. Das Objekt wird von dem 3D-Drucker anhand des Fertigungsplans erstellt.

[0024] Auf diese Weise kann die Gesamtzeit, die vom Erstellen der Konstruktionsvorschrift, bzw. vom Anfertigen der Fotografien, bis zur Fertigstellung des Objekts benötigt wird, deutlich vermindert werden. Insbesondere kann die Wahrscheinlichkeit, dass das Objekt erfolgreich hergestellt werden und auch seine ihm zugedachte Funktion erfüllen kann, erhöht werden, so dass der Zeit- und Kostenaufwand für Fehlversuche entfällt.

[0025] Das Verfahren zur Erstellung des Fertigungsplans kann insbesondere computerimplementiert sein. Die Erfindung bezieht sich daher auch auf ein Computerprogramm mit maschinenlesbaren Anweisungen, die, wenn sie auf einem oder mehreren Computern ausgeführt werden, den oder die Computer dazu veranlassen, das Verfahren zur Erstellung des Fertigungsplans auszuführen.

[0026] Das Computerprogramm kann einen Programmcode zur Konfiguration des Bauteils umfassen, wobei beispielsweise folgende Parameter zur Berechnung bereitgestellt werden: Layerhöhe, Linienbreite, Supportlinienbreite, Fülllinienbreite, Druckkopfgeschwindigkeit und Kräfte, die auf das Bauteil einwirken. Das Computerprogramm kann dadurch das optimale Verhältnis zwischen Liniendicke, Linienwinkel, Füllmethode usw. berechnen, so dass der Druckprozess optimal ausgeführt werden kann.

[0027] Ebenso bezieht sich die Erfindung auch auf einen maschinenlesbaren Datenträger oder ein Downloadprodukt mit dem Computerprogramm. Ein Downloadprodukt ist ein über ein Datennetzwerk übertragbares, d.h. von einem Benutzer des Datennetzwerks downloadbares, digitales Produkt, das beispielsweise in einem Online-Shop zum sofortigen Download feilgeboten werden kann.

[0028] Weiterhin kann ein Computer mit dem Computerprogramm, mit dem maschinenlesbaren Datenträger bzw. mit dem Downloadprodukt ausgerüstet sein.

[0029] Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren näher dargestellt.

Ausführungsbeispiele

[0030] Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens 100 und

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens 200;

[0031] **Fig. 1** ist ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens 100. In Schritt 110 wird ein dreidimensionales Modell 2 des herzustellenden Objekts 1 bereitgestellt. In Schritt 120 wird das dreidimensionale Modell 2 auf einer Benutzeroberfläche 20 dargestellt, wobei Teilbereiche 2* des dreidimensionalen Modells 2 selektierbar sind. Die selektierbaren Teilbereiche 2* des dreidimensionalen Modells 2 verfolgen das Ziel, Prozessparameter im Schritt 140 derart zu verändern, dass der Fertigungsplan 4 verbessert wird. Durch die Veränderung 140 werden die Herstellungskosten des Objekts 1, und/oder die Druckzeit für die Herstellung des Objekts 1 optimiert.

[0032] **Fig. 2** ist ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens 200. In Schritt 210 wird ein dreidimensionales Modell 2 des Objekts 1 aus mindestens einer vorgegebenen Konstruktionsvorschrift für das Objekt 1 ermittelt, und/oder aus einer Vielzahl von Fotografien einer dreidimensionalen Vorlage für das Objekt 1 photogrammetrisch errechnet. In Schritt 220 wird basierend auf dem dreidimensionalen Modell 2 ein Fertigungsplan 4 für die Fertigung des Objekts 1 mit dem zuvor beschriebenen Verfahren 100 erstellt. In Schritt 230 wird der Fertigungsplan 4 einem 3D-Drucker 6 zugeführt. Das Objekt 1 wird in Schritt 240 von dem 3D-Drucker 6 anhand des Fertigungsplans 4 erstellt.

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 102016222552 A1 [0003]
- DE 102020208175 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur Erstellung eines Fertigungsplans (4) für die additive Fertigung eines Objekts (1) mittels 3D-Druck zumindest mit den Schritten:

- Bereitstellung (110) eines dreidimensionalen Modells (2) des herzustellenden Objekts (1);
- Darstellung (120) des dreidimensionalen Modells (2) auf einer Benutzeroberfläche (20), wobei Teilbereiche (2*) des dreidimensionalen Modells (2) selektierbar sind mit dem Ziel, Prozessparameter derart zu verändern (140), dass der Fertigungsplan (4) verbessert wird.

2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, wobei die Veränderung (140) zusätzlich auf das Ziel gerichtet wird, die Herstellungskosten des Objekts (1), und/oder die Druckzeit für die Herstellung des Objekts (1), zu optimieren.

3. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Veränderung (140) des Fertigungsplans (4) beinhaltet,

- den Belegungsgrad mindestens eines gemäß dem dreidimensionalen Modell vorgesehenen Hohlraums im Objekt (1), und/oder
- die Ausgestaltung stabilisierender Strukturen in einem solchen Hohlraum, und/oder
- eine lokale Materialzusammensetzung im Objekt (1), und/oder
- eine Kraft, mit der Material aus einer Düse ausgegeben und dem Objekt (1) hinzugefügt wird, und/oder
- eine Temperatur, bei der Material dem Objekt (1) hinzugefügt wird, und/oder
- eine Schichtdicke, mit der das Material schichtweise aufgetragen wird, und/oder
- eine Verschubgeschwindigkeit eines Druckkopfes, aus dem das Material austritt, zu variieren.

4. Verfahren (200) zur additiven Fertigung eines Objekts (1) mittels 3D-Druck mit den Schritten:

- ein dreidimensionales Modell (2) des Objekts (1) wird aus mindestens einer vorgegebenen Konstruktionsvorschrift für das Objekt (1) ermittelt, und/oder aus einer Vielzahl von Fotografien einer dreidimensionalen Vorlage für das Objekt (1) photogrammetrisch errechnet (210);
- basierend auf dem dreidimensionalen Modell (2) wird ein Fertigungsplan (4) für die Fertigung des Objekts (1) mit dem Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 erstellt (220);
- der Fertigungsplan (4) wird einem 3D-Drucker (6) zugeführt (230);
- das Objekt (1) wird von dem 3D-Drucker (6) anhand des Fertigungsplans (4) erstellt (240).

5. Computerprogramm, enthaltend maschinenlesbare Anweisungen, die, wenn sie auf einem

oder mehreren Computern ausgeführt werden, den oder die Computer dazu veranlassen, das Verfahren (100) nach einem der Ansprüche[°]1 bis 3 auszuführen.

6. Maschinenlesbarer Datenträger oder Downloadprodukt mit dem Computerprogramm nach Anspruch 5.

7. Computer mit dem Computerprogramm nach Anspruch 5, und/oder mit dem maschinenlesbaren Datenträger und/oder Downloadprodukt nach Anspruch[°]6.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

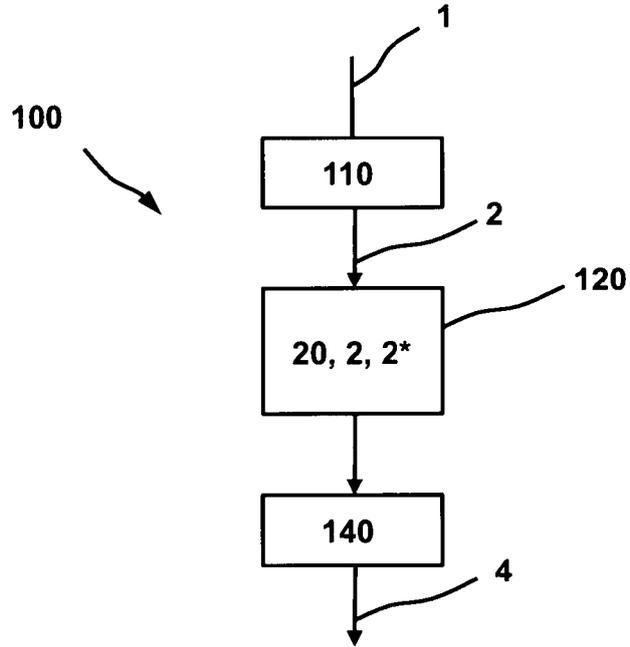


Fig. 2

