



(10) **DE 10 2019 202 660 A1** 2020.08.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 202 660.5**

(22) Anmeldetag: **27.02.2019**

(43) Offenlegungstag: **27.08.2020**

(51) Int Cl.: **B29C 64/25 (2017.01)**

B29C 64/364 (2017.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

B33Y 40/00 (2020.01)

(71) Anmelder:
AIRBUS Operations GmbH, 21129 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**isarpatent - Patent- und Rechtsanwälte Behnisch
Barth Charles Hassa Peckmann & Partner mbB,
80801 München, DE**

(72) Erfinder:
**Born, Johannes, 21129 Hamburg, DE; Fastert,
Claus, 21129 Hamburg, DE; Driezen, Jorne, 21129
Hamburg, DE**

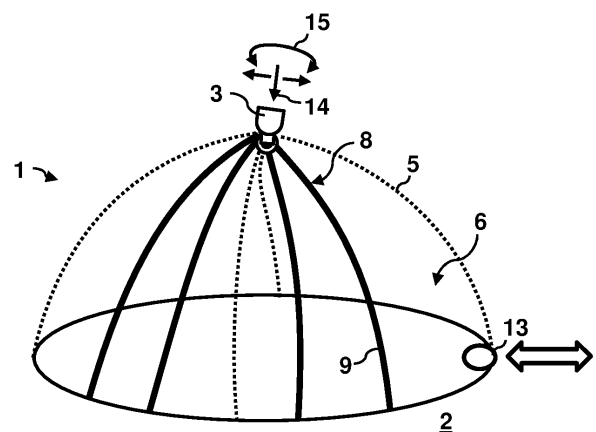
(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2004 / 0 104 515 A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **3D-Druckvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine 3D-Druckvorrichtung umfasst eine Druckunterlage; einen beweglichen Druckkopf, welcher dazu ausgebildet ist, ein Bauteil additiv aus Modelliermaterial auf der Druckunterlage zu fertigen; eine flexible Druckraumabdeckung, welche die Druckunterlage von dem Druckkopf ausgehend derart überspannt, dass ein geschlossener Druckraum zwischen dem Druckkopf und der Druckunterlage gebildet wird, wobei eine Druckdüse des Druckkopfs zum Applizieren des Modelliermaterials in den Druckraum hineinragt; und eine Tragestruktur, welche flexible Tragstäbe umfasst, die von dem Druckkopf zu der Druckunterlage verlaufen und die die Druckraumabdeckung über der Druckunterlage halten.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine 3D-Druckvorrichtung.

[0002] Bei generativen bzw. additiven Fertigungsverfahren, auch allgemein als „3D-Druckverfahren“ bezeichnet, werden ausgehend von einem digitalisierten geometrischen Modell eines Objekts ein oder mehrere Ausgangsmaterialien sequentiell in Lagen übereinandergeschichtet und ausgehärtet. So wird beispielsweise bei der Schmelzschichtung (englisch: „Fused Deposition Modeling“, FDM, oder „Fused Filament Fabrication“) ein Bauteil schichtweise aus einem Modelliermaterial, beispielsweise einem Kunststoff oder einem Metall, aufgebaut, indem das Modelliermaterial bandförmig oder drahtförmig bereitgestellt, durch Erwärmung verflüssigt und mittels Extrudieren aus einer Düse auf eine Druckunterlage aufgebracht wird, wodurch sich nach Abkühlung ein festes, zusammenhängendes Bauteil ergibt. 3D-Drucken bietet außergewöhnliche Designfreiheit und erlaubt es unter anderem Objekte mit überschaubarem Aufwand herzustellen, welche mit herkömmlichen Methoden nicht oder nur unter erheblichem Aufwand herstellbar wären. Aus diesem Grund sind 3D-Druckverfahren derzeit weit verbreitet im Industriedesign, in der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrtindustrie oder generell in der industriellen Produktentwicklung, in der eine ressourceneffiziente Prozesskette zur bedarfsgerechten Klein- und Großserienfertigung individualisierter Bauteile eingesetzt wird.

[0003] Heutige extrusionsbasierte 3D-Druckvorrichtungen („3D-Drucker“) weisen meist kartesische oder deltakinematische Antriebssysteme mit offener Druckumgebung oder geschlossener Druckkammer auf. Im Fall von 3D-Druckern mit geschlossener Druck-/Baukammer können Materialien mit relativ hohen Schmelztemperaturen (> 300°C) sowie teilkristalline Materialien verwendet werden, die besondere Temperaturbedingungen während des Druckprozesses erfordern. In diesem Fall kann die Druckumgebung zudem beispielsweise hinsichtlich Luftfeuchtigkeit, Druck, Zusammensetzung usw. auf spezifische Bedürfnisse zugeschnitten werden.

[0004] In der wissenschaftlichen Forschung und der technologischen Entwicklung werden in jüngerer Zeit robotergestützte 3D-Druckansätze verfolgt, bei welchen Industrieroboter zum Einsatz kommen. In diesem Fall wird für gewöhnlich mit einer offenen Druckumgebung gearbeitet, was eine Konditionierung hinsichtlich Temperatur, Druck usw. außerordentlich erschwert. Grundsätzlich wäre es zwar möglich, den gesamten maschinellen Aufbau aus Roboter und 3D-Drucker zu umschließen. Allerdings würde es einen erheblichen Aufwand bedeuten, die empfindliche Elektronik des Roboters und des 3D-Druckers bei erhöhten Temperaturen von 200°C oder 300°C oder

mehr zu schützen, um die Funktionalität der Kinematik zu gewährleisten.

[0005] Die Druckschrift US 2015/0217514 A1 beschreibt eine 3D-Druckvorrichtung mit einer sterilen Produktionsumgebung. Hierbei wird eine geschlossene Kammer mit sterilen ziehharmonikaartig gefalteten Seitenwänden vorgesehen, die groß genug ist, um das hergestellte Objekt aufzunehmen. Zwei Druckdüsen für die Materialabscheidung durchdringen ein Paar von Ventilen auf der Oberseite der Kammer, um Luft und Partikel vom Eintritt in die Kammer abzuhalten. Die Druckdüsen sind hierbei horizontal sowie in einer vertikalen Richtung relativ zu dem Objekt beweglich ausgebildet, wobei die Kammer beim Bilden des Objekts in die vertikale Richtung expandiert. Die Kammer ist hierbei über Seitenwandgurte abgespannt, um zu verhindern, dass die Kammer das zu fertigende Objekt berührt.

[0006] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, flexiblere Lösungen für 3D-Druckvorrichtungen mit einem geschlossenen Druckraum zu finden, insbesondere für robotergestützte Anwendungen.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine 3D-Druckvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0008] Demgemäß ist eine 3D-Druckvorrichtung vorgesehen. Die 3D-Druckvorrichtung umfasst eine Druckunterlage; einen beweglichen Druckkopf, welcher dazu ausgebildet ist, ein Bauteil additiv aus Modelliermaterial auf der Druckunterlage zu fertigen; eine flexible Druckraumabdeckung, welche die Druckunterlage von dem Druckkopf ausgehend derart überspannt, dass ein geschlossener Druckraum zwischen dem Druckkopf und der Druckunterlage gebildet wird, wobei eine Druckdüse des Druckkopfs zum Applizieren des Modelliermaterials in den Druckraum hineinragt; und eine Tragestruktur, welche flexible Tragstäbe umfasst, die von dem Druckkopf zu der Druckunterlage verlaufen und die die Druckraumabdeckung über der Druckunterlage halten.

[0009] Eine der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, ein flexibles, größen- und formvariables, dabei aber dennoch geschlossenes Druckvolumen zwischen einem beweglichen Druckkopf und einer Druckunterlage zu schaffen, welches einer Bewegung des Druckkopfes gewissermaßen „folgt“. Hierzu erstreckt sich von dem Druckkopf zu der Druckunterlage ein flexibler Aufbau aus einer Druckraumabdeckung, die von einer Tragkonstruktion gehalten wird. Die Druckraumabdeckung dient hierbei dazu, den geschlossenen Druckraum zu definieren, d.h. sie deckt die Druckunterlage im Sinne einer Haube ab. Die Tragestruktur auf der anderen Seite stützt diese Druckraumabdeckung, ähnlich

wie Zeltstangen eine Zeltplane halten, und sorgt dafür, dass die Druckraumabdeckung über der Druckunterlage gehalten und stabilisiert wird. Insbesondere kann so verhindert werden, dass die Druckraumabdeckung in Kontakt mit der Druckunterlage und dem darauf befindlichen gedruckten Erzeugnis bzw. dem Extrudat gelangt. Die Tragestruktur weist hierzu Tragstäbe auf, welche aufgrund ihrer Flexibilität der Bewegung des Druckkopfes zu einem gewissen Maß folgen können. Bei einer Bewegung des Druckkopfes, z.B. einer Translation und/oder einer Rotation, werden sowohl die Druckraumabdeckung als auch die Tragestruktur an dem Druckkopf mitgezogen, wodurch sich der Druckraum verformt. Hierbei ist aufgrund der Flexibilität der Abdeckung jederzeit sichergestellt, dass der Druckraum geschlossen bleibt. Der Druckraum ist somit konditionierbar, d.h. er kann beispielsweise erhitzt werden, mit einem Gas gefüllt werden, evakuiert werden, ein Feuchtigkeitswert innerhalb des Druckraums kann verändert werden, etc. Das Druckvolumen kann somit unter anderem gegenüber einer Kontamination abgeschottet werden. Auf der anderen Seite können empfindliche Komponenten der 3D-Druckvorrichtung, z.B. Elektronik des Druckkopfes und/oder ein Roboteraufbau, außerhalb des Druckraums in einer unkonditionierten Umgebung verbleiben, sodass diese nicht gegenüber den Bedingungen innerhalb des Druckraums geschützt werden müssen, z.B. gegenüber einer erhöhten Temperatur. Lediglich diejenigen Bereiche des Druckkopfes können in den Druckraum ragen, welche unmittelbar zum Ablegen von Modelliermaterial benötigt werden, d.h. insbesondere eine oder mehrere Druckdüsen. Die Druckdüse(n) kann(können) ferner dazu ausgebildet sein, nicht nur Modelliermaterial sondern darüber hinaus Stützmaterial zu applizieren, welches zum Abstützen des abgelegten Modelliermaterials bzw. des gedruckten Bauteils dienen kann.

[0010] 3D-Druckverfahren sind insbesondere vorteilhaft, da sie die Herstellung von dreidimensionalen Komponenten in urformenden Verfahren ermöglichen, ohne spezielle, auf die äußere Form der Komponenten abgestimmte Fertigungswerkzeuge zu benötigen. Dadurch werden hocheffiziente, Material sparende und Zeit sparende Herstellungsprozesse für Bauteile und Komponenten ermöglicht. Besonders vorteilhaft sind derartige 3D-Druckverfahren im Luft- und Raumfahrtbereich, da dort sehr viele verschiedene, auf spezielle Einsatzzwecke abgestimmte Bauteile eingesetzt werden, die in solchen 3D-Druckverfahren mit geringen Kosten, geringer Fertigungsverlaufzeit und mit geringer Komplexität in den für die Herstellung benötigten Fertigungsanlagen herstellbar sind.

[0011] 3D-Druckverfahren im Sinne der vorliegenden Anmeldung umfassen alle generativen bzw. additiven Fertigungsverfahren, bei welchen auf der Basis von geometrischen Modellen Objekte vordefinier-

ter Form aus formlosen Materialien wie Flüssigkeiten und Pulvern oder formneutralen Halbzeugen wie etwa band- oder drahtförmigem Material mittels chemischer und/oder physikalischer Prozesse in einem speziellen generativen Fertigungssystem hergestellt werden. 3D-Druckverfahren im Sinne der vorliegenden Anmeldung verwenden dabei additive Prozesse, bei denen das Ausgangsmaterial schichtweise in vorgegebenen Formen sequentiell aufgebaut wird. Unter anderem umfassen 3D-Druckverfahren im Sinne der Erfindung Schmelzschichtung (FDM), selektives Lasersintern (SLS), selektives Laserschmelzen (SLM) und ähnliche Verfahren. Die vorliegende Erfindung ist besonders relevant für additive Fertigungsverfahren mit hohen Druckraten und (faser-)verstärkten Verbundmaterialien.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren.

[0013] Gemäß einer Weiterbildung kann die Druckraumabdeckung eine zumindest einlagige Folie umfassen. Die Druckraumabdeckung kann somit besonders einfach gewicht- und kostensparend ausgestaltet werden. Bei Verwendung einer Folie kann die Druckraumabdeckung und damit das Gesamtsystem besonders einfach für beliebige Größen skaliert werden. Eine Begrenzung entsteht lediglich durch die maximal mögliche Foliengröße. Allerdings können einzelne Folien zu größeren Abschnitten verklebt und/oder verschweißt werden. Beispielsweise kann die Folie aus einem Kunststoff gefertigt sein, z.B. Polyimid oder Silikon. Ebenso kann die Folie jedoch mit zwei oder mehr Lagen beispielsweise als Verbundfolie ausgebildet sein. Alternativ oder zusätzlich zu Kunststoff können weitere Materialien wie Metall vorgesehen sein. Das Folienmaterial kann dahingehend ausgewählt werden, welche Bedingungen in dem Druckraum vorgesehen sind. Beispielsweise kann ein besonders hitzebeständiges und/oder reißfestes Material verwendet werden.

[0014] Gemäß einer Weiterbildung kann die Druckraumabdeckung eine doppelagige Folie umfassen. Die doppelagige Folie kann einen befüllbaren Zwischenraum aufweisen. Eine derartige doppelagige Folie kann beispielsweise als isolierende Schicht dienen, wobei der Zwischenraum mit einem Isolationsmedium gefüllt und/oder aufgeblasen werden kann.

[0015] Gemäß einer Weiterbildung kann die Druckraumabdeckung mit einem wiederholt lösbaren Verschlussband an dem Druckkopf und/oder der Druckunterlage befestigt sein. Als Verschlussband können hierbei sämtliche dem Fachmann bekannte und für den Anwendungszweck geeignete Lösungen verwendet werden, z.B. Klettbänder, magnetische Bänder, Reißverschlüsse usw. Die Druckraumabdeckung

ist somit schnell und einfach von dem Druckkopf und/oder der Druckunterlage lösbar.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung kann die Druckraumabdeckung über ein wiederholt lösbares Verschlussband offenbar ist. Das Verschlussband kann hierbei entlang der Druckraumabdeckung von dem Druckkopf zu der Druckunterlage verlaufen. Es kann somit schnell auf den Druckraum zugegriffen werden, indem eine Öffnung mit dem Verschlussband geschaffen wird.

[0017] Gemäß einer Weiterbildung kann der Druckkopf einen Befestigungsring aufweisen, in dem die Tragstäbe gelagert sind. Beispielsweise können umlaufende Bohrungen in dem Befestigungsring vorgesehen sein, in die die Tragstäbe einfach einsteckbar sind. Entsprechende Bohrungen könne zudem auch in der Druckunterlage vorgesehen sein. Alternativ können die Tragstäbe jedoch auch anderweitig an dem Druckkopf und/oder der Druckunterlage befestigt bzw. gelagert werden.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung kann die Druckraumabdeckung an dem Befestigungsring befestigt sein. Beispielsweise kann die Druckraumabdeckung über ein Klebeband an den Befestigungsring geklebt sein. Alternativ oder zusätzlich können wiederholt lösbare Verschlussbänder zur Befestigung genutzt werden. Prinzipiell ist es in weiteren Ausgestaltungen ebenso vorgesehen, die Druckraumabdeckung anderweitig an dem Druckkopf zu befestigen, z.B. ohne Bereitstellung eines speziellen Befestigungsringes.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung kann die Druckraumabdeckung einen steuerbaren Gasdurchlass aufweisen, über welchen ein Innendruck des Druckraums gegenüber einem Umgebungsdruck der 3D-Druckvorrichtung einstellbar ist. Beispielsweise können ein oder mehrere Ventile an der Druckraumabdeckung vorgesehen sein, um Luft und/oder anderes Gas in die Druckraumabdeckung hinein und wieder hinaus zu leiten. Auf diese Weise kann beispielsweise ein (leichter) Überdruck innerhalb des Druckraums gegenüber der Umgebung der 3D-Druckvorrichtung erzeugt werden. Derart kann das Volumen, die Form und die Stabilität der Druckraumabdeckung geregelt werden.

[0020] Gemäß einer Weiterbildung kann der Druckkopf entlang zumindest einer Translationsachse und/oder entlang zumindest einer Rotationsachse beweglich ausgebildet sein. Beispielsweise kann der Druckkopf entlang der drei üblichen Translationsachsen beweglich sein, d.h. in drei senkrecht aufeinander stehenden Raumrichtungen. Alternativ oder zusätzlich kann der Druckkopf jedoch auch um eine oder mehrere Rotationsrichtungen drehbar ausgebildet sein, um eine möglichst hohe Flexibilität bei der Ablage der Modelliermaterials zu erzielen.

[0021] Gemäß einer Weiterbildung kann der Druckkopf als Endeffektor eines Industrieroboters ausgebildet sein. Der Industrieroboter kann hierbei überwiegend außerhalb des Druckraums angeordnet sein, insbesondere kann der Industrieroboter außerhalb des Druckraums stehen und lediglich mit einem Abschnitt des Druckkopfs in den Druckraum hineinragen, z.B. mit einer Druckdüse des Druckkopfs. Empfindliche Komponenten des Industrieroboters können somit außerhalb des konditionierbaren Druckraums verbleiben und müssen nicht gegen die dort herrschenden Bedingungen geschützt werden, z.B. gegen hohe Temperaturen.

[0022] Gemäß einer Weiterbildung kann die Druckunterlage eine Oberfläche einer Luftfahrzeugstruktur bilden. Beispielsweise kann derart direkt auf einer Oberfläche einer Tragfläche, eines Rumpfes oder einer anderen Struktur eines Luftfahrzeugs, insbesondere eines Passagierflugzeugs, gedruckt werden, was diesen Ansatz besonders effizient macht. Insbesondere ist es aufgrund der vorliegenden Erfindung nicht notwendig das gesamte Bauteil zu umschließen, sondern lediglich denjenigen Bereich der Oberfläche mit der Druckraumabdeckung abzuschließen, auf den additiv gefertigt werden soll. Konsequenterweise unterliegt somit auch der übrige Bereich der Oberfläche bzw. des Fahrzeugs nicht den besonderen Bedingungen des Druckraums, wie z.B. einer erhöhten Temperatur. Natürlich kann die Druckunterlage ebenso eine Oberfläche eines beliebigen anderen Bauteils bilden, z.B. eines Land- oder Wasserfahrzeugs.

[0023] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

[0024] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

Fig. 1 schematische perspektivische Schnittansicht einer 3D-Druckvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 schematische perspektivische Schnittansicht einer 3D-Druckvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 3 und **Fig. 4** schematische perspektivische Detailansichten der 3D-Druckvorrichtung aus **Fig. 1**;

Fig. 5 schematische perspektivische Schnittansicht mit vergrößerten einzelnen Details der 3D-Druckvorrichtung aus **Fig. 1**;

Fig. 6 und **Fig. 7** schematische perspektivische Detailansichten einer 3D-Druckvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 8 schematische perspektivische Schnittansicht mit vergrößerten einzelnen Details der 3D-Druckvorrichtung aus **Fig. 6** und **Fig. 7**;

Fig. 9 schematische perspektivische Schnittansicht einer 3D-Druckvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

[0025] Die beiliegenden Figuren sollen ein weiteres Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung vermitteln. Sie veranschaulichen Ausführungsformen und dienen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erklärung von Prinzipien und Konzepten der Erfindung. Andere Ausführungsformen und viele der genannten Vorteile ergeben sich im Hinblick auf die Zeichnungen. Die Elemente der Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander gezeigt.

[0026] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche, funktionsgleiche und gleich wirkende Elemente, Merkmale und Komponenten - sofern nichts anderes ausgeführt ist - jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0027] **Fig. 1** zeigt eine schematische perspektivische Schnittansicht einer 3D-Druckvorrichtung 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Verschiedene Detailansichten der 3D-Druckvorrichtung 1 werden in den **Fig. 3** bis **Fig. 5** abgebildet.

[0028] Die 3D-Druckvorrichtung 1 umfasst eine Druckunterlage 2, auf der ein Bauteil aus Modelliermaterial gefertigt wird. Beispielsweise kann das Modelliermaterial ein oder mehrere Kunststoffe, Metallmaterialien, Keramikmaterialien und/oder Verbundmaterialien umfassen, z.B. faserverstärkten Kunststoff. Bei der Druckunterlage 2 kann es sich beispielsweise um eine Druckplattform handeln, wie sie üblicherweise bei der additiven Fertigung verwendet wird, z.B. ein Tisch, eine Platte oder dergleichen. Alternativ kann die Druckunterlage 2 jedoch ebenso die Oberfläche eines Bauteils bzw. einer Struktur darstellen. Beispielsweise hierzu zeigt **Fig. 2** eine Ausführungsform, in welcher die Druckunterlage 2 eine Oberfläche einer Luftfahrzeugstruktur 17 ist, z.B. eine Oberfläche eines Flugzeugrumpfes und/oder eines Flugzeugflügels. In diesem Fall wird das Bauteil direkt auf der Oberfläche der Luftfahrzeugstruktur 17 gefertigt.

[0029] Die 3D-Druckvorrichtung 1 umfasst weiterhin einen beweglichen Druckkopf 3, welcher dazu ausgebildet ist, das Bauteil 4 additiv aus dem Modellierma-

terial auf der Druckunterlage 2 zu fertigen. Der Druckkopf 3 kann beispielsweise als FDM-Druckkopf mit drei oder mehr Bewegungsachsen ausgebildet sein, z.B. mit einer 5-Achs-Kinematik mit drei translatorischen und zwei rotatorischen Freiheitsgraden bzw. Achsen. Der Druckkopf 3 kann somit dazu ausgebildet sein, das Modelliermaterial in band- und/oder drahtförmiger Form von einer Materialzufuhr zu erhalten. Das Modelliermaterial wird erhitzt, dadurch fließfähig gemacht und anschließend durch eine oder mehrere Druckdüsen 7 des Druckkopfes 3 appliziert (vgl. **Fig. 5** oben). Beispielsweise sind in **Fig. 3** und **Fig. 4** eine Translationsachse 14 und eine Rotationsachse 15 gekennzeichnet. Darüber hinaus kann Support/Stütz-Material über die Druckdüsen 7 appliziert werden.

[0030] In den gezeigten Ausführungsformen ist der Druckkopf 3 insbesondere als Endeffektor eines Industrieroboters 16 ausgebildet, d.h. der Druckkopf 3 kann mittels Steuerung durch den Industrieroboter 16 in unterschiedliche Positionen und Ausrichtungen über der Druckunterlage 2 bzw. dem darauf befindlichen gedruckten Erzeugnis bzw. dem Extrudat verbracht werden.

[0031] Die 3D-Druckvorrichtung 1 umfasst weiterhin eine flexible Druckraumabdeckung 5, welche die Druckunterlage 2 von dem Druckkopf 3 ausgehend derart überspannt, dass ein geschlossener Druckraum 6 zwischen dem Druckkopf 3 und der Druckunterlage 2 gebildet wird. Hierbei ragt die Druckdüse 7 des Druckkopfes 3 zum Applizieren des Modelliermaterials in den Druckraum 6 hinein (vgl. **Fig. 5**). Die Druckraumabdeckung 5 bildet somit eine Art geschlossener Haube oder Kuppel über der Druckunterlage 2. Bei der Druckraumabdeckung 5 kann es sich beispielsweise um eine einlagige oder mehrmalige Folie aus hitzebeständigem Kunststoffen wie beispielsweise Polyimid (z.B. Kapton), Silikon oder dergleichen handeln. Die Druckraumabdeckung 5 kann ferner zumindest einen Zwischenraum 10 zwischen mehreren Folienlagen aufweisen, wie es beispielhaft rechts oben in **Fig. 5** schematisch angedeutet ist. Dieser Zwischenraum 10 kann mit einem Gasdurchlass, z.B. einem Ventil 19, gekoppelt sein. Derart kann der Zwischenraum 10 beispielsweise mit einem Isoliergas gefüllt bzw. aufgeblasen werden.

[0032] In der beispielhaften Ausgestaltung gemäß **Fig. 1** und **Fig. 3** bis **Fig. 5** ist die Druckraumabdeckung 5 über Klebebänder 18 sowohl an dem Druckkopf 3 als auch an der Druckunterlage 2 befestigt (vgl. **Fig. 5** oben und rechts). Prinzipiell können hierbei Techniken zur Anwendung kommen, wie sie beispielsweise von Vakuumaufbauten bei der Herstellung von Faserverbundbauteilen bekannt sind.

[0033] Aufgrund der flexiblen Ausgestaltung der Druckraumabdeckung 5 als Folie wird diese bei Be-

wegung des Druckkopfes **3** gewissermaßen mitgezogen, wodurch sich die Form des Druckraumes **6** ändert. **Fig. 3** und **Fig. 4** zeigen hierzu zwei Beispiele, wobei der Druckkopf **3** sich in **Fig. 4** nahe an der Druckunterlage **2** befindet und in **Fig. 3** eine maximale vertikale Entfernung von der Druckunterlage **2** hat, d.h. der Druckraum **6** sein maximal mögliches Volumen besitzt. In **Fig. 4** erhält die Druckraumabdeckung **5** somit eine eingedrückte bzw. eingefaltete Gestalt.

[0034] Um zu verhindern, dass die Druckraumabdeckung **5** mit der Druckunterlage **2** und/oder dem Extrudat bzw. dem bereits gedruckten Bauteil in Berührung kommt, umfasst die 3D-Druckvorrichtung **1** ferner innerhalb der Druckraumabdeckung **5** eine Tragestruktur **8** aus flexiblen Tragstäben **9**. Konkret verlaufen die Tragstäbe hierbei von dem Druckkopf **3** zu der Druckunterlage **2** und stützen bzw. halten die Druckraumabdeckung **5** über der Druckunterlage **2**. Grundsätzlich erinnert dieser Aufbau hierbei an ein Zelt, bei welchem eine Zeltplane auf einem Skelett aus Stäben aufliegt. Bei den vorliegenden Tragstäben **9** können somit auch vergleichbare Materialien bzw. Ausgestaltungen zum Einsatz kommen, z.B. halbstarre Zeltstäbe aus Metall und/oder Kunststoff, faserverstärkte Kunststoffstäbe, einfache Kunststoffstangen usw. Die Tragstäbe **9** können beispielsweise in den Druckkopf **3** und die Druckunterlage **2** eingesteckt sein, z.B. über speziell hierzu vorgesehene Bohrungen, oder anderweitig lösbar oder unlösbar an dem Druckkopf **3** und der Druckunterlage **2** befestigt sein. Ferner können die Tragstäbe **9** mit der Druckraumabdeckung **5** fest oder elastisch verbunden sein, z.B. über Laschen, Klebeverbindungen, Bänder usw.

[0035] Aufgrund der flexiblen Ausgestaltung der Tragstäbe **9** folgt die Tragestruktur **8** somit zusammen mit der Druckraumabdeckung **5** in einem gewissen Rahmen einer Bewegung des Druckkopfes **3**. Die Stäbe **9** können jedoch derart steif ausgebildet werden, dass eine Berührung der Druckunterlage **2** bzw. des gedruckten Bauteils unabhängig von der Position des Druckkopfes **3** verhindert wird.

[0036] Die Druckraumabdeckung **5** weist ferner einen steuerbaren Gasdurchlass **13** auf, über welchen ein Innendruck des Druckraums **6** gegenüber einem Umgebungsdruck der 3D-Druckvorrichtung **1** einstellbar ist (vgl. **Fig. 3**). Der Gasdurchlass **13** kann beispielsweise ein oder mehrere Ventile aufweisen bzw. als ein Ventil ausgebildet sein. Hierdurch kann der Druckraum **6** mit der darüber befindliche Druckraumabdeckung **5** samt Tragestruktur **8** gewissermaßen aufgeblasen werden, um die Druckraumabdeckung **5** zusätzlich zu stabilisieren. In **Fig. 3** und **Fig. 4** kann somit in Kombination mit einer entsprechenden Bewegung des Druckkopfes **3** auch der Innendruck des Druckraums **6** geregelt werden. In einer besonders einfachen Ausführungsform kann beispielsweise hei-

ße Luft über den Gasdurchlass **13** in den Druckraum **6** gepumpt werden und/oder Luft ausgelassen werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Luft bzw. ein Gas in dem Druckraum **6** über Heizvorrichtungen aufgeheizt werden.

[0037] Im Ergebnis wird somit ein geschlossener Druckraum **6** zwischen dem Druckkopf **3** und der Druckunterlage **2** geschaffen, der nun entsprechend der jeweiligen Anwendung konditioniert werden kann, z.B. hinsichtlich Temperatur, Druck, Feuchtigkeit, Luft-/Gaszusammensetzung usw. Der Druckraum **6** passt sich aufgrund der Kopplung an den Druckkopf **3** jederzeit an die Bewegung desselben an. Hierbei ragt lediglich die Druckdüse **7** des Druckkopfes **3** in den Druckraum **6** hinein. Dies bedeutet, dass auch lediglich dieser Abschnitt des Druckkopfes **3** robust bzw. resistent gegenüber den in dem Druckraum **6** herrschenden Bedingungen ausgebildet werden muss, z.B. gegenüber einer erhöhten Temperatur. Empfindliche elektronische oder andere Komponenten des Industrieroboters **16** bzw. des Druckkopfes **3** können hingegen außerhalb des Druckraums **6** verbleiben. Es wird somit eine besonders flexible und einfache Lösung für eine robotergestützte 3D-Druckvorrichtung mit einem geschlossenen Druckraum **6** bereitgestellt. Im Fall der Ausführung in **Fig. 2** kann zudem gezielt lediglich ein bestimmter Teilabschnitt einer Luftfahrzeugoberfläche abgedeckt werden. Der übrige Teil des Luftfahrzeugs wird somit von dem additiven Prozess nicht direkt beeinflusst.

[0038] **Fig. 6** bis **Fig. 8** zeigen verschiedene Ansichten einer 3D-Druckvorrichtung **1** gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Grundsätzlich weist die 3D-Druckvorrichtung **1** einen ähnlichen Aufbau zu den 3D-Druckvorrichtungen **1** aus **Fig. 1** bis **Fig. 5** auf.

[0039] Anders als dort ist die Druckraumabdeckung **5** hier jedoch über wiederholt lösbare Verschlussbänder **11** an der Druckunterlage **2** als auch an dem Druckkopf **3** befestigt, sodass die Druckraumabdeckung **5** jederzeit schnell (de-)montierbar bzw. öffenbar/schließbar ist. Auf der Druckunterlage **2** ist hierzu ein umlaufendes Verbindungsstück **21** vorgesehen, an welchem eines der Verschlussbänder **11** befestigt ist (vgl. **Fig. 8** rechts unten). Ferner weist der Druckkopf **3** einen Befestigungsring **12** auf (vgl. **Fig. 8** oben), an dem wiederum ein weiteres der Verschlussbänder **11** befestigt ist. Der Befestigungsring **12** weist ferner Bohrungen **20** für die Lagerung der Tragstäbe **9** auf (vgl. **Fig. 8** oben). Entsprechende Lager können natürlich ebenso in der Druckunterlage **2** vorgesehen sein (nicht abgebildet). Ein drittes Verschlussband **11** verläuft an der Druckraumabdeckung **5** von dem Druckkopf **3** zu der Druckunterlage **2** und kann dazu genutzt werden, die Druckraumabdeckung **5** jederzeit schnell und einfach zu öffnen, ohne diese hierzu von dem Druckkopf **3** oder der Druck-

unterlage **2** lösen zu müssen. Bei den Verschlussbändern **11** kann es sich beispielsweise um Klettbander, Magnetbänder, Reißverschlüsse oder dergleichen handeln.

[0040] Ferner sind zwei Gasdurchlässe **13** in der Druckraumabdeckung **5** eingebracht, z.B. ein Einlassventil und ein Auslassventil. Über die beiden Gasdurchlässe **13** kann beispielsweise ein Durchlauf erhitzter Luft realisiert werden, welche an einem der beiden Gasdurchlässe **13** eingelassen und an dem entsprechend anderen Gasdurchlass **13** wieder ausgelassen werden kann, z.B. zur Druckregulierung des Druckraums **6**, ggf. in Verbindung mit einer Steuerung der Bewegung des Druckkopfs **3**.

[0041] Fig. 9 zeigt eine schematische perspektivische Schnittansicht einer 3D-Druckvorrichtung 1 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Ebenso wie die Ausführungen in Fig. 1 bis Fig. 8 weist auch diese 3D-Druckvorrichtung 1 einen Industrieroboter **16** auf, dessen Endeffektor als Druckkopf **3** ausgebildet ist. Der Industrieroboter **16** wird über eine Roboter-Steuerungseinrichtung **22** gesteuert, wohingegen der Druckkopf **3** von einer speziellen Druckkopf-Steuerungseinrichtung **23** übernommen wird. Aus einer Modelliermaterialzufuhr **24** wird band- oder drahtförmiges Modelliermaterial zu dem Druckkopf **3** geleitet, erhitzt und schließlich über eine Druckdüse **7** des Druckkopfs **3** appliziert, um ein Bauteil **4** schichtweise auf einer Druckunterlage **2** zu errichten. Ebenso wie die Ausführungen der Fig. 1 bis Fig. 8 weist auch diese 3D-Druckvorrichtung 1 eine flexible Druckraumabdeckung **5** und eine Tragestruktur **8** mit flexiblen Tragstäben **9** auf (letztere sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt). Die Druckraumabdeckung **5** ist sowohl an der Druckunterlage **2** als auch an dem Druckkopf **3** befestigt und überspannt derart einen Druckraum **6**, wobei lediglich die Druckdüse **7** des Druckkopfes **3** in den Druckraum **6** hineinragt, während sich die übrigen Komponenten des Industrieroboters **16** außerhalb des Druckraums **6** befinden. Die konkrete Befestigung der Druckraumabdeckung **5** kann hierbei ähnlich wie in Fig. 6 bis Fig. 8 über Verschlussbänder **11** erfolgen (nicht abgebildet). Der Druckkopf **3** weist hierzu erneut einen Befestigungsring **12** auf.

[0042] Die 3D-Druckvorrichtung 1 umfasst auf der Druckunterlage **2** ferner eine Heizeinrichtung **26**, z.B. eine Heizplatte, wie sie aus dem Bereich der additiven Fertigung bekannt ist, auf der sich wiederum die als eigentliche Druckplattform dienende Druckplatte **27** befindet, z.B. eine Glasplatte. Die Druckplatte **27** und die Heizeinrichtung **26** werden über eine Evakuierungseinrichtung **25** an die Druckunterlage **2** gezogen und dort fixiert. Die Heizeinrichtung **26** kann hierbei in der üblichen Art und Weise ausgebildet sein, um das gedruckte Bauteil **4** möglichst gleichmäßig zu

erwärmen, sodass sich bei der Abkühlung und Aushärtung des Bauteils keine Verformung einstellt.

[0043] Ferner weist die 3D-Druckvorrichtung 1 zwei Gasdurchlässe **13** auf, wobei beispielhaft eine Heißluftquelle **27** an einem der Gasdurchlässe **13** eingezeichnet ist (z.B. ein Heißluftfön). Durch Einblasen heißer Luft an diesem Gasdurchlass **13** kann die Druckraumabdeckung **5** und somit das Volumen des Druckraums **6** reguliert werden. Der andere Gasdurchlass **13** kann als Ablassventil fungieren, über welches Luft (bzw. Gas) gegebenenfalls abgelassen werden kann.

[0044] Die Roboter-Steuerungseinrichtung **22** und die Druckkopf-Steuerungseinrichtung **23** regeln die Bewegung des Industrieroboters **16** bzw. des Druckkopfes **3**, wobei der Druckkopf **3** zur schichtweisen Fertigung des Bauteils **4** über die Druckunterlage **2** bewegt wird. Ähnlich wie in den vorhergehenden Ausführungsformen kann der Druckkopf **3** hierzu entlang mehrerer Translations- und Rotationsachsen bewegt werden. Gleichzeitig kann eine Konditionierung des Druckraums **6** von den Steuerungseinrichtungen **22**, **23** geregelt werden, z.B. hinsichtlich Temperatur, Druck usw. Hierzu können ferner entsprechende Sensoren in der 3D-Druckvorrichtung 1 vorgesehen sein, z.B. Temperatursensoren, Drucksensoren usw., die mit den Steuerungseinrichtungen **22**, **23** in Kommunikation stehen. Ggf. kann jederzeit durch Öffnen der Verschlussbänder **11** auf den Druckraum **6** zugegriffen werden, z.B. im Falle einer Fehlfunktion der 3D-Druckvorrichtung 1.

[0045] Der geschlossene Druckraum **6** zwischen dem Druckkopf **3** und der Druckunterlage **2** kann entsprechend der jeweiligen Anwendung konditioniert werden kann, z.B. hinsichtlich Temperatur, Druck, Feuchtigkeit, Luft-/Gaszusammensetzung usw. Der Druckraum **6** passt sich entsprechend zu den vorherigen Ausführungsformen ebenso an die Bewegung des Druckkopfes **3** an. Empfindliche elektronische oder andere Komponenten des Industrieroboters **16** bzw. des Druckkopfes **3** sind außerhalb des Druckraums **6** angeordnet und müssen nicht gegenüber den Bedingungen innerhalb des Druckraums **6** geschützt werden. Gleichzeitig sorgt die Tragestruktur **8** in Verbindung mit dem geregelten Innendruck dafür, dass die Druckraumabdeckung **5** nicht mit dem bereits gedruckten Bauteil **4** in Berührung kommt.

[0046] In der vorangegangenen detaillierten Beschreibung sind verschiedene Merkmale zur Verbesserung der Stringenz der Darstellung in einem oder mehreren Beispielen zusammengefasst worden. Es sollte dabei jedoch klar sein, dass die obige Beschreibung lediglich illustrativer, keinesfalls jedoch beschränkender Natur ist. Sie dient der Abdeckung aller Alternativen, Modifikationen und Äquivalente der verschiedenen Merkmale und Ausführungsbeispiele.

Viele andere Beispiele werden dem Fachmann aufgrund seiner fachlichen Kenntnisse in Anbetracht der obigen Beschreibung sofort und unmittelbar klar sein.

[0047] Die Ausführungsbeispiele wurden ausgewählt und beschrieben, um die der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipien und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis bestmöglich darstellen zu können. Dadurch können Fachleute die Erfindung und ihre verschiedenen Ausführungsbeispiele in Bezug auf den beabsichtigten Einsatzzweck optimal modifizieren und nutzen. In den Ansprüchen sowie der Beschreibung werden die Begriffe „beinhaltend“ und „aufweisend“ als neutralsprachliche Begrifflichkeiten für die entsprechenden Begriffe „umfassend“ verwendet.

[0048] Weiterhin soll eine Verwendung der Begriffe „ein“, „einer“ und „eine“ eine Mehrzahl derartig beschriebener Merkmale und Komponenten nicht grundsätzlich ausschließen.

- 25** Evakuierungseinrichtung
- 26** Heizeinrichtung
- 27** Druckplatte
- 28** Heißluftquelle

Bezugszeichenliste

- 1** 3D-Druckvorrichtung
- 2** Druckunterlage
- 3** Druckkopf
- 4** Bauteil
- 5** Druckraumabdeckung
- 6** Druckraum
- 7** Druckdüse
- 8** Tragestruktur
- 9** Tragstäbe
- 10** Zwischenraum
- 11** Verschlussband
- 12** Befestigungsring
- 13** Gasdurchlass
- 14** Translationsachse
- 15** Rotationsachse
- 16** Industrieroboter
- 17** Luftfahrzeugstruktur
- 18** Klebeband
- 19** Ventil
- 20** Bohrung
- 21** Verbindungsstück
- 22** Roboter-Steuerungseinrichtung
- 23** Druckkopf-Steuerungseinrichtung
- 24** Modelliermaterialzufuhr

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2015/0217514 A1 [0005]

Patentansprüche

1. 3D-Druckvorrichtung (1), mit:
 einer Druckunterlage (2);
 einem beweglichen Druckkopf (3), welcher dazu ausgebildet ist, ein Bauteil (4) additiv aus Modelliermaterial auf der Druckunterlage (2) zu fertigen;
 einer flexiblen Druckraumabdeckung (5), welche die Druckunterlage (2) von dem Druckkopf (3) ausgehend derart überspannt, dass ein geschlossener Druckraum (6) zwischen dem Druckkopf (3) und der Druckunterlage (2) gebildet wird, wobei eine Druckdüse (7) des Druckkopfs (3) zum Applizieren des Modelliermaterials in den Druckraum (6) hineinragt; und
 einer Tragestruktur (8), welche flexible Tragstäbe (9) umfasst, die von dem Druckkopf (3) zu der Druckunterlage (2) verlaufen und die die Druckraumabdeckung (5) über der Druckunterlage (2) halten.

2. 3D-Druckvorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Druckraumabdeckung (5) eine zumindest einlagige Folie umfasst.

3. 3D-Druckvorrichtung (1) nach Anspruch 2, wobei die Druckraumabdeckung (5) eine doppelagige Folie umfasst, welche einen befüllbaren Zwischenraum (10) aufweist.

4. 3D-Druckvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Druckraumabdeckung (5) mit einem wiederholt lösbaren Verschlussband (11) an dem Druckkopf (3) und/oder der Druckunterlage (2) befestigt ist.

5. 3D-Druckvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Druckraumabdeckung (5) über ein wiederholt lösbares Verschlussband (11) öffenbar ist, wobei das Verschlussband (11) entlang der Druckraumabdeckung (5) von dem Druckkopf (3) zu der Druckunterlage (2) verläuft.

6. 3D-Druckvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Druckkopf (3) einen Befestigungsring (12) aufweist, in dem die Tragstäbe (9) gelagert sind.

7. 3D-Druckvorrichtung (1) nach Anspruch 6, wobei die Druckraumabdeckung (5) an dem Befestigungsring (12) befestigt ist.

8. 3D-Druckvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Druckraumabdeckung (5) einen steuerbaren Gasdurchlass (13) aufweist, über welchen ein Innendruck des Druckraums (6) gegenüber einem Umgebungsdruck der 3D-Druckvorrichtung (1) einstellbar ist.

9. 3D-Druckvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Druckkopf (3) entlang zumindest einer Translationsachse (14) und/oder ent-

lang zumindest einer Rotationsachse (15) beweglich ausgebildet ist.

10. 3D-Druckvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Druckkopf (3) als Endeffektor eines Industrieroboters (16) ausgebildet ist.

11. 3D-Druckvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Druckunterlage (2) eine Oberfläche einer Luftfahrzeugstruktur (17) bildet.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

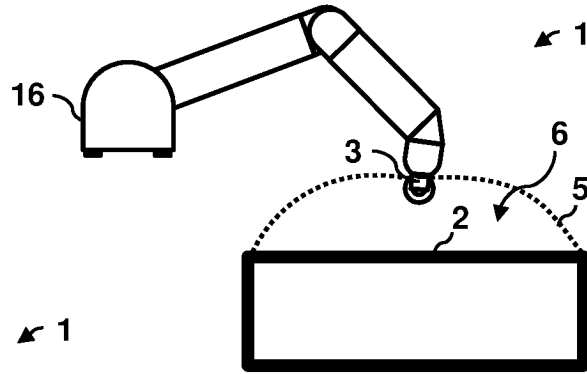


Fig. 2

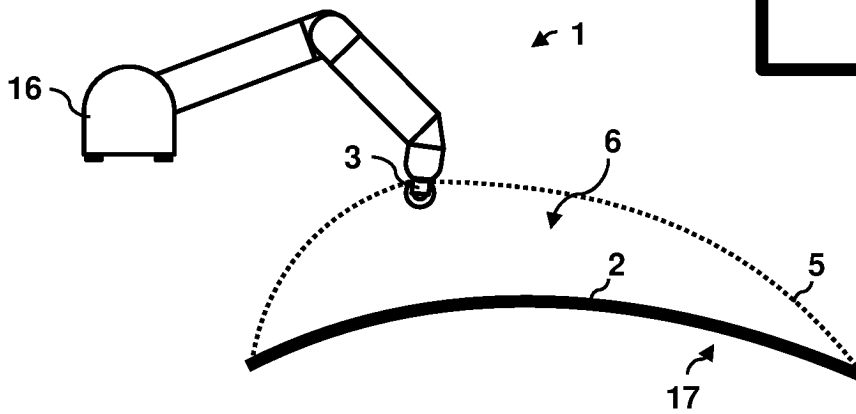


Fig. 4

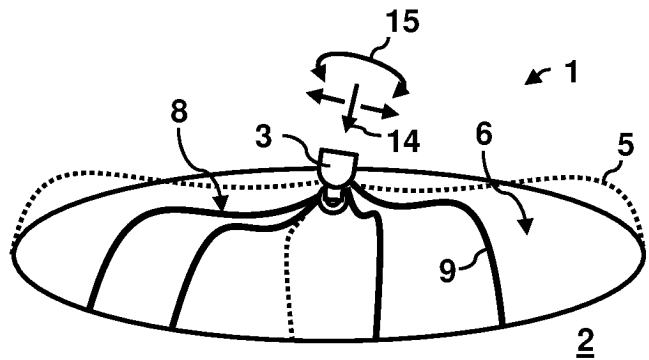
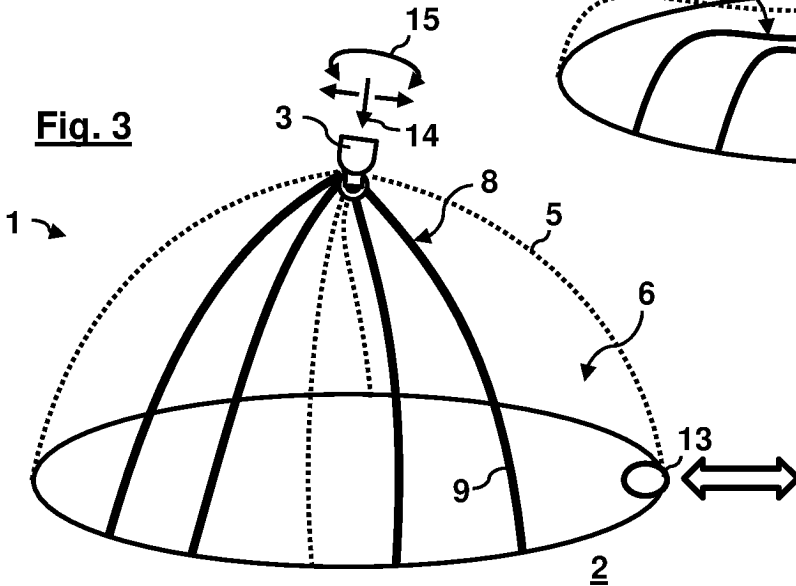


Fig. 3



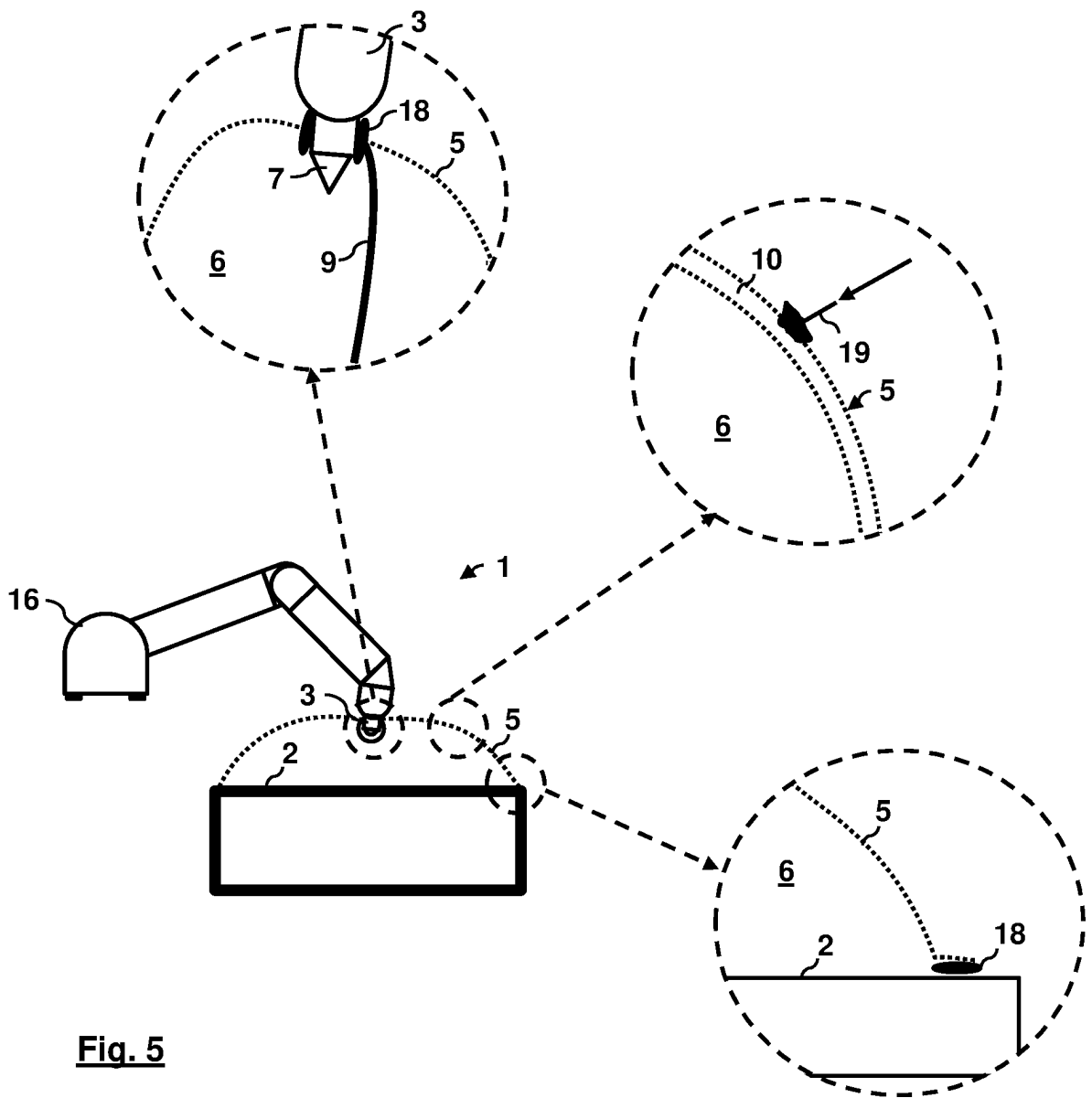


Fig. 5

Fig. 6

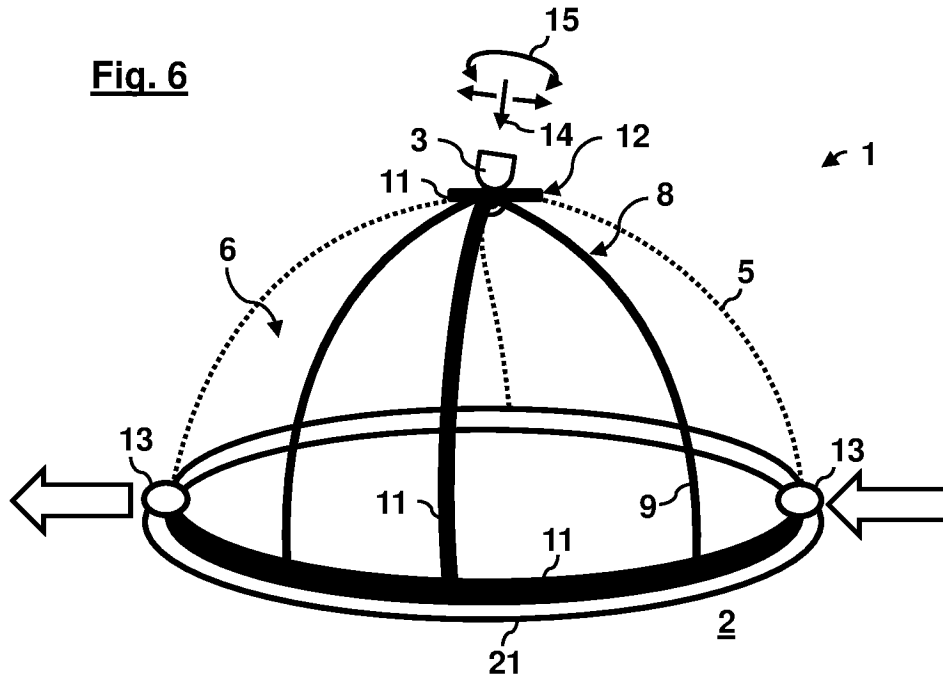
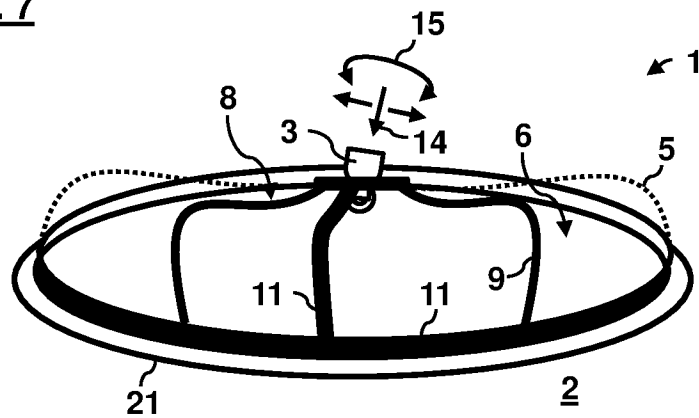


Fig. 7



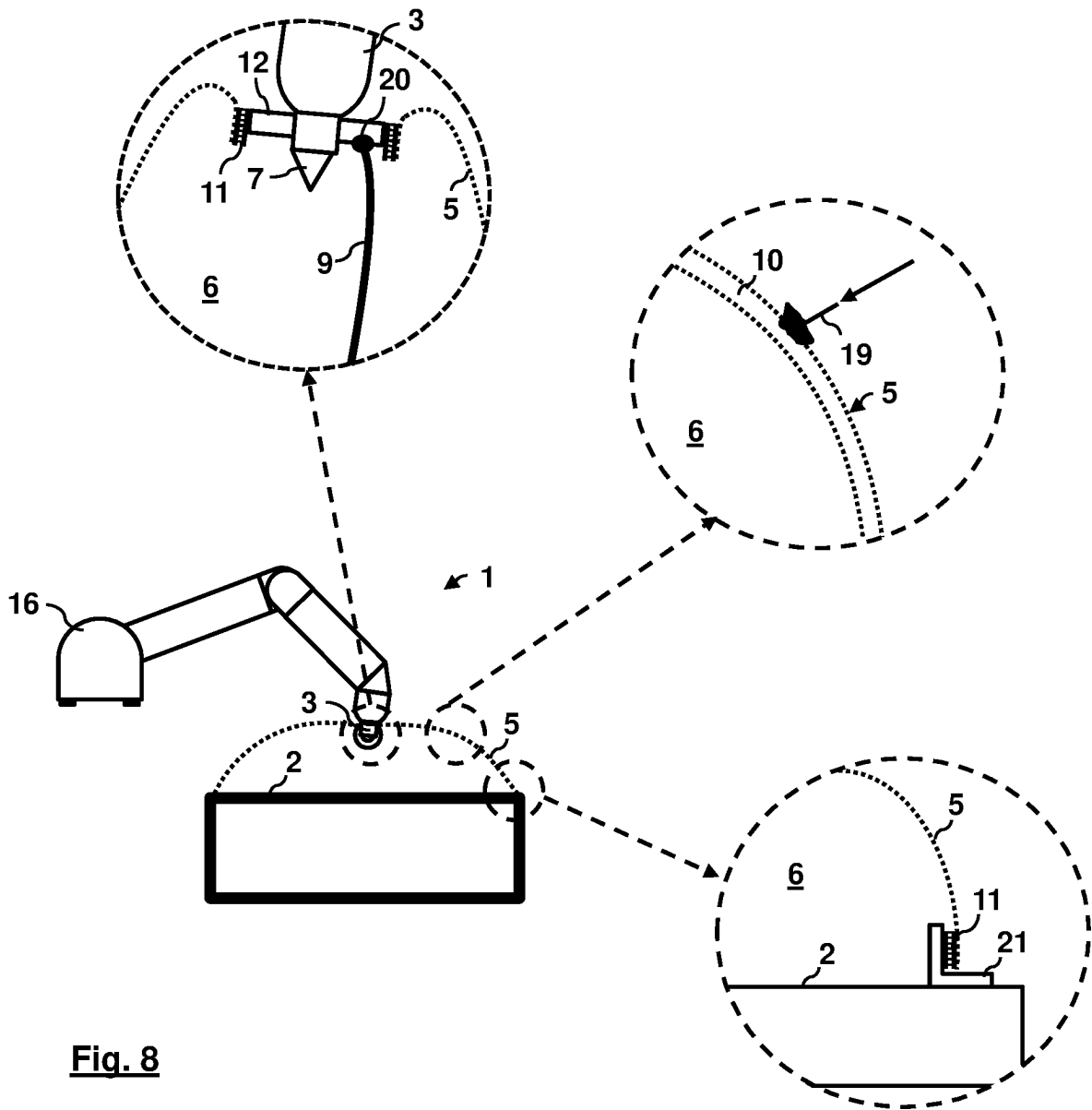


Fig. 8

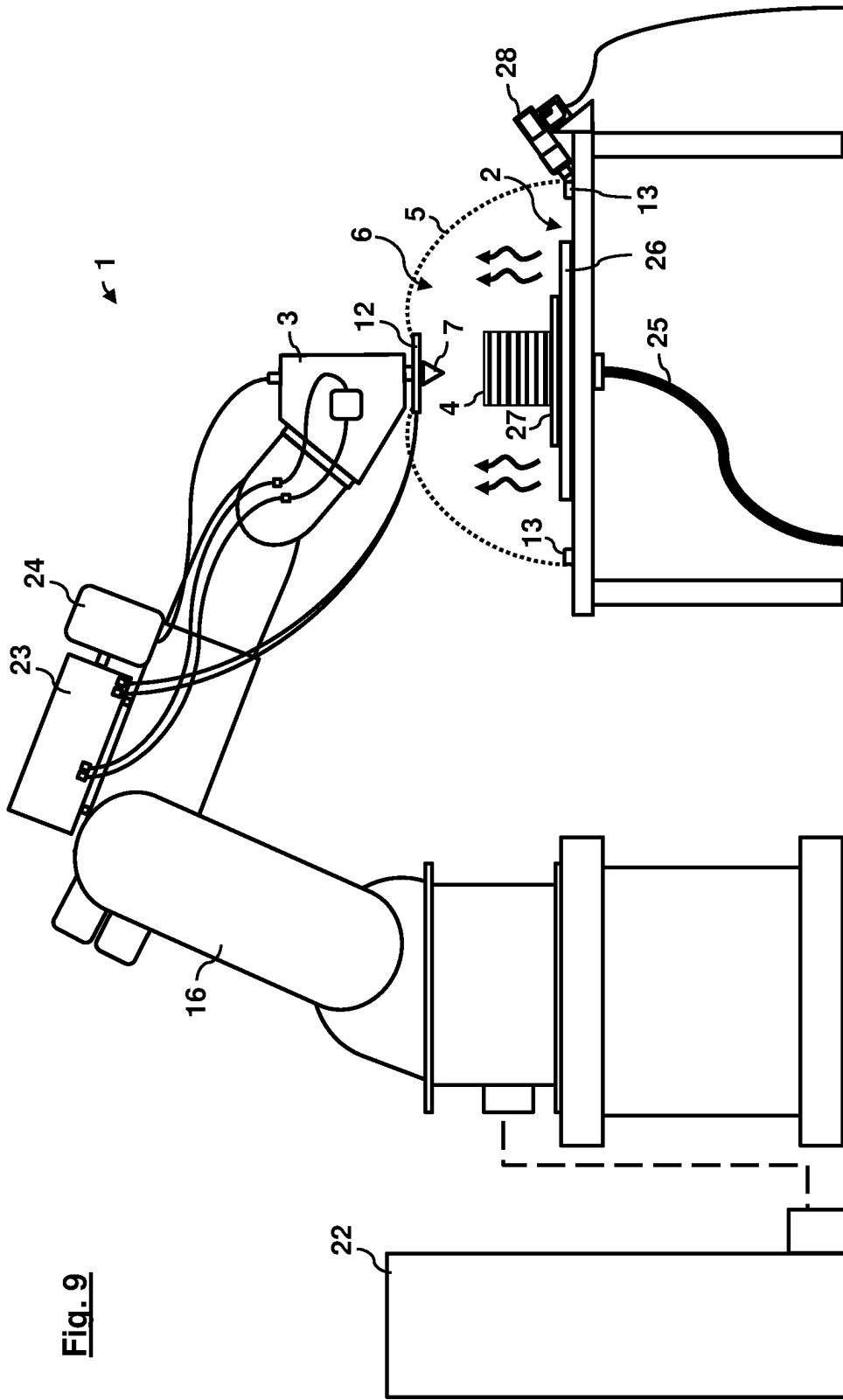


Fig. 9