

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50249/2020
 (22) Anmeldetag: 25.03.2020
 (45) Veröffentlicht am: 15.06.2022

(51) Int. Cl.: B29C 64/20 (2017.01)
 B29C 64/307 (2017.01)
 B29C 64/321 (2017.01)
 B33Y 40/00 (2020.01)
 B33Y 40/10 (2020.01)
 B29C 70/16 (2006.01)

(30) Priorität:
 26.03.2019 DE 102019107664.1 beansprucht.
 (56) Entgegenhaltungen:
 EP 3004435 B1
 EP 3442774 A1
 CN 108943710 A
 WO 2016073409 A1
 CN 104786510 A
 US 2015165676 A1
 US 5936861 A

(73) Patentinhaber:
 aps Automatisierte Produktions Systeme
 Ges.m.b.H.
 6973 Höchst (AT)
 (72) Erfinder:
 Ropele Philipp
 6971 Hard (AT)
 Zudrell Werner
 6890 Lustenau (AT)
 Lechner Bernd
 6973 Höchst (AT)
 Gasser Manfred
 6973 Höchst (AT)

(74) Vertreter:
 Gibler & Poth Patentanwälte KG
 1010 Wien (AT)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ADDITIVEN HERSTELLUNG VON HOCHFESTEN BAUTEILEN

(57) Verfahren zur additiven Herstellung von hochfesten Bauteilen nach dem 2D- oder 3D-Druckverfahren, bei dem eine Endlosfaser (2), die mindestens einen axialen Faserstrang umfasst, in einer Beschichtungsmaschine (3) vorzugsweise hohlraumfrei mit einem wärmeschmelzbaren Kunststoff eines Matrixmaterials getränkt wird, und danach über eine Fördereinheit (6) durch eine Schneidvorrichtung (9) und danach durch eine Heizzone mit mindestens einem Heizelement (15) geführt wird, in deren Bereich das wärmeschmelzbare Matrixmaterial auf eine Temperatur über der Schmelztemperatur des Matrixmaterials gebracht wird, um das Matrixmaterial mindestens teilweise innerhalb des Filaments zu schmelzen, um danach die so beschichtete Endlosfaser (22) auf einer Ablagefläche mit weiteren, dort abgelegten, beschichteten Endlosfasern im Schmelzverbund zu einem 2D- oder 3D-Körper zu verbinden, wobei die Förderstrecke stromabwärts der Fördereinheit (6) und stromaufwärts der Heizzone (15a) gekühlt wird.

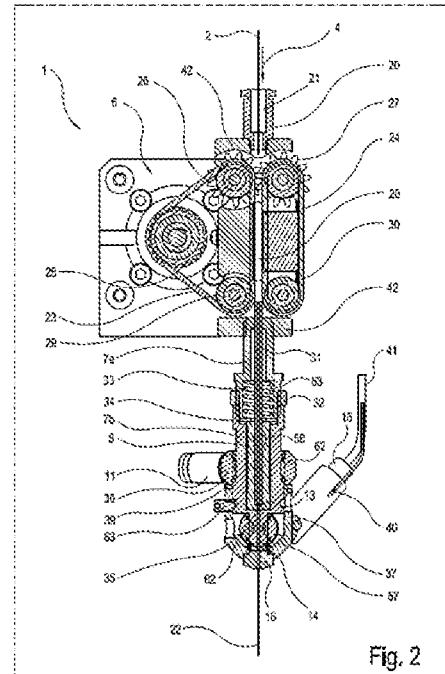


Fig. 2

Beschreibung

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ADDITIVEN HERSTELLUNG VON HOCHFESTEN BAUTEILEN

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur additiven Herstellung von hochfesten Bauteilen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Ein solches Verfahren ist beispielsweise mit dem Gegenstand der EP 3 004 435 B1 bekannt geworden. Bei diesen bekannten Verfahren wird ein ungeschmolzenes faserverstärktes Verbundfilament, das mindestens einen axialen Faserstrang umfasst, der sich innerhalb eines Matrixmaterials des Filaments erstreckt, mit einer bestimmten Zufürgeschwindigkeit erwärmt, wobei die Temperatur über der Schmelztemperatur des Matrixmaterials liegt, um das Matrixmaterial mindestens teilweise innerhalb des Filaments zu schmelzen. Daraus wird ein kunststoffgetränkter Filamentfaden erzeugt, der den weiteren Verarbeitungsschritten nach der EP 3 004 435 B1 unterworfen wird.

[0002] Die EP 3442774 A1 zeigt einen Druckkopf und eine Druckkopfanordnung für den dreidimensionalen Druck, welche auch in der Fused Filament Fabrication-Technologie angewendet werden.

[0003] Die CN 108943710 A zeigt eine 3D-Druckdüse mit einer Kühlvorrichtung für den 3D-Druck, wobei die Druckdüse einen für den 3D-Drucker verwendeten Sprühkopf und eine Kühlwasserleitung umfasst.

[0004] Der so vorbereitete Filamentfaden wird im Bereich einer Förderstrecke abgeschnitten und als abgeschnittener Faden einer nachgeschalteten Heizzone zugeführt, wo das Kunststoffmaterial aufgeschmolzen wird und der Faden in einen teigigen Zustand gebracht wird, sodass er über eine Abgabedüse und eine Umlenklippe auf einem Werkstück oder einer Oberfläche abgelegt werden kann und danach aushärtet.

[0005] Nachteil dieser Anordnung ist, dass das mit Kunststoff getränkte Filament in einem längeren axialen Bereich nicht knickungsfrei gerade geführt werden kann, weil es an Führungsmitteln fehlt. Das Material ist in einem relativ weichen teigigen und plastischen Zustand, so dass bei der Verarbeitung des Materials die Gefahr besteht, dass sich das Material in der Vorschubstrecke und auch in der Düse aufstaut, abknickt und zu unwiderruflichen Verstopfungen der gesamten Förderstrecke führt.

[0006] Weiterer Nachteil ist, dass ein gesteuerter Schneidvorgang nicht möglich ist, weil die Abschneidvorrichtung bereits schon den erwärmten Faden abschneiden soll, was mit Schwierigkeiten im Bereich der Schneidestation verbunden ist.

[0007] Auch jenseits der Schneidestation zeigt diese Druckschrift keine Kühlung, um einen bereits schon erwärmten und in einen teigigen Zustand versetzten Faden mindestens teilweise wieder abzukühlen. Damit ist der Nachteil verbunden, dass der Faden nicht genau geführt werden kann, sodass er zum Ausknicken neigt und dass seine weitere Verarbeitung schwierig ist.

[0008] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung nach dem Gegenstand der EP 3 004 435 B1 so weiterzubilden, dass eine betriebssichere Verarbeitung eines mit Kunststoffmaterial getränkten Filamentfadens betriebssicher möglich ist.

[0009] Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist die Erfindung durch die technische Lehre des Anspruches 1 gekennzeichnet.

[0010] Bevorzugtes Verfahrensmerkmal der Erfindung ist, dass ausgehend von der eingangsseitigen Einführhülse stromabwärts der Förderstrecke für den Axialtransport einer Endlosfaser oder einer Langfaser oder einer Mediumfaser oder einer Kurzfaser bis zur Düse, eine Kontaktkühlung vorhanden ist, die bevorzugt als am Umfang angeordnete Ringkühlung ausgebildet ist und die vorzugsweise mit einem flüssigen Kühlmedium arbeitet.

[0011] Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird es bevorzugt, wenn das flüssige Kühlmedium Wasser oder eine mit Wasser vergleichbare Flüssigkeit ist und sich die Temperatur des

Kühlmediums im Bereich zwischen 30 und 10 Grad Celsius bewegt.

[0012] Der hier angegebene Kühlmitteltemperaturbereich ist lediglich für die vorliegende Anmeldung bevorzugt, denn es wird bevorzugt, dass die gesamte Zuführstrecke, in der die mit Kunststoff getränkte Endlosfaser geführt wird, unterhalb der Raumtemperatur gekühlt wird, um durch diese Vorkühlung dafür zu sorgen, dass die mit Kunststoff getränkte Endlosfaser, die noch nicht angeschmolzen ist, eine bestimmte Vorsteifigkeit erhält, die eine vereinfachte Verarbeitung (Führungsstabilität und Schnittfestigkeit) gestattet.

[0013] Damit können Vorteile gegenüber dem Stand der Technik erzielt werden, denn je tiefer die Kühltemperatur ist, desto steifer wird die mit Kunststoff getränkte Endlosfaser und desto besser erfolgt die Förderung im Längsförderrohr, womit die Prozesssicherheit erhöht wird.

[0014] Es war bisher aus dem Stand der Technik nicht bekannt, die ungeschnittene und mit Kunststoff getränkte, jedoch noch ungefähr auf Raumtemperatur befindliche Endlosfaser auf eine größere Steifigkeit zu bringen, die bei Raumtemperatur nicht vorhanden wäre.

[0015] Damit wird der Vorteil erzielt, dass ein unerwünschter Wärmerückfluss vom düsenseitig angeordneten Heizelement rückwärts in die Förderstrecke für die Förderung der Endlosfaser vermieden wird, weil in diesem Bereich mindestens eine bevorzugt jedoch zwei Kühlstrecken angeordnet sind, welche einen rückwärts entgegen der Förderrichtung gerichteten Wärmerückfluss vermeiden, um so zu gewährleisten, dass sich die Endlosfaser nicht unerwünscht vor dem Eilaufen in das Heizelement erwärmt, damit vorzeitig erweicht und damit nur noch schwer förderbar ist.

[0016] Aus diesem Grund reicht es auch aus, wenn das Kühlmittel etwa die Temperatur der Raumtemperatur oder unterhalb der Raumtemperatur hat, weil auch bereits schon bei Raumtemperatur ein Wärmerückfluss von dem Heizelement, welches etwa auf eine Temperatur von 300 °C aufgeheizt ist, rückwärts in die Förderstrecke vermieden wird.

[0017] Es handelt sich demnach um eine spezielle Art einer Wärmeisolation bzw. einer Sperre für einen Wärmerückfluss, der erfindungsgemäß durch ein, zwei oder mehrere im axialen Abstand nacheinander angeordnete Kühlstrecken erreicht wird.

[0018] In einer Weiterbildung der Erfindung ist es im Übrigen vorgesehen, dass hinter dem Heizelement in Richtung auf die Förderstrecke rückwärts noch zusätzlich eine Wärmeisolation in der Art einer Scheibe vorhanden ist, sodass dadurch zusätzlich ein vermehrter Wärmerückfluss in die dahinter geschaltete Kühlstrecke vermieden wird.

[0019] Nach einem weiteren bevorzugten Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schneidkante zum Abschneiden der Endlosfaser, die in diesem Bereich noch nicht erwärmt ist, im Bereich zwischen zwei im Abstand voneinander angeordneten Kühlstrecken angeordnet ist und die abzuschneidende Endlosfaser vor dem Schnitt mindestens eine Kühlstrecke durchlaufen hat und daher schon auf eine bestimmte erhöhte Steifigkeit gebracht wurde, um so eine besseren Schnitt zu erzielen.

[0020] Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung handelt es sich um eine miniaturisierte Anordnung, bei der die vorher beschriebenen Elemente auf engem Raum zusammengefasst sind, weil beispielsweise nach einem weiteren Merkmal der Erfindung vorgesehen ist, dass der Schneidantrieb für die Schneidvorrichtung und der Vorschubantrieb für den Vorschub der Endlosfaser von ein und dem gleichen Antrieb gespeist werden.

[0021] Dabei treibt eine Motor-Getriebeeinheit beide Einheiten an, sodass keine getrennten Antriebe benötigt werden und die gesamte Anordnung weiter miniaturisiert werden kann.

[0022] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist es im Übrigen vorgesehen, dass eine in Umfangsrichtung drehbar angetriebene Exzenterorschneidvorrichtung vorhanden ist, obwohl die Erfindung hierauf nicht beschränkt ist.

[0023] In einer bevorzugten Ausgestaltung handelt es sich um eine Exzenterwelle, die in einem Trägerrohr gelagert und dort drehbar angetrieben ist. Von besonderem Vorteil ist, dass die kunst-

stoffgetränkte Endlosfaser koaxial durch die axiale Bohrung der Exzenterwelle längs geführt ist, wodurch ein besonders hoher Raumgewinn erzielt wird, weil eine raumgreifende, außerhalb des Gehäuses angeordnete Schneidvorrichtung vermieden wird. Die axiale Bohrung der Exzenterwelle dient dadurch als axiale Führungsstrecke für den Faden in diesem Bereich.

[0024] Die Erfindung ist jedoch auf eine solche Ausführung nicht beschränkt. In einer anderen Ausgestaltung kann es vorgesehen sein, dass eine außerhalb des Gehäuses und der Förderstrecke liegende Schneidklinge verwendet wird, welche die Endlosfaser in radialer Richtung abschneidet, was jedoch mit einem höheren Raumbedarf verbunden ist, wie dies beispielsweise aus der EP 3 004 435 B1 bekannt ist.

[0025] Die Anordnung einer Exzentrerschneidwelle zum Antrieb der Schneidkanten, die am vorderen axialen Ende angeordnet sind, hat den weiteren Vorteil, dass die Endlosfaser koaxial durch den Innenraum der Exzentrerschneidwelle geführt werden kann und somit in allen radialen Richtungen geführt ist und nicht ausweichen kann, was bei einer radialen Schneidklinge, die radial bewegbar ist, nicht der Fall ist.

[0026] Die Erfindung ist nicht auf eine einzige universelle Antriebseinheit, bestehend aus Motor und Getriebe, für den gleichzeitigen Antrieb der Schneidvorrichtung und der Fördervorrichtung beschränkt. Selbstverständlich kann es in einer anderen Ausgestaltung auch vorgesehen sein, für jede der Einheiten eine getrennte Antriebseinheit anzugeben.

[0027] Mit dem hier geschilderten Verfahren wird das Problem beherrscht, in welcher Form der Kunststoff und das Verstärkungsmaterial hier „Endlosfaser“ zugeführt wird, um dann auf das Bau teil aufgebracht zu werden. Bei Endlosfasern kann nicht einfach wie beim Standard FFF-Verfahren an beliebigen Punkten der Druckvorgang unterbrochen werden, um am gewünschten (entfernten) Punkt weiter zu drucken. Bei der Verarbeitung von Endlosfasern muss exakt geschnitten werden, bevor an einem beliebigen anderen Punkt/Ort weiter gedruckt wird.

[0028] Die Erfindung bezieht sich auf demnach ein Verfahren und eine Anordnung für das AM (additive manufacturing) zur Herstellung von hoch- bzw. höchstfesten Bauteilen, unter Einsatz von mit Endlosfasern verstärkten Kunststoffen und/oder mit Kurzfasern gefüllte Kunststoffe, die mit Endlosfasern verstärkt sind.

[0029] Für den exakten Schneidvorgang wird hier eine „inline-Schneidvorrichtung“ vorgeschlagen, die ohne zusätzlichen Antrieb auskommt. Es wird lediglich ein Materialvorschubmotor mit speziellen Abtriebselementen eingesetzt, die auch den Schneidvorgang ermöglichen.

[0030] Außerdem ist ein exakter Vorschub (präzise Vorschublängen) für hochwertige Druckergebnisse erforderlich. Hierbei wird ein neuartiger Doppel-Raupenvorschub vorgeschlagen. Damit ist gemeint, dass das zu fördernde Filament besonders schonend im Förderspalt gefördert wird, der von zwei raupenartigen Bandtrums gebildet ist.

[0031] Mit diesem System können alle gebräuchlichen Fasern (Textil- oder Kunststoff- oder Glas- oder Carbon-) aber auch Kunststoffe verarbeitet werden. Dies können sowohl natürliche Fasern als auch Kunstfasern sein. Dasselbe gilt für die verwendete Matrix-Zusammensetzung. Es handelt sich dabei bevorzugt um wärmeschmelzbare Werkstoffe.

[0032] Nach einem bevorzugten weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die Förderstrecke aus zwei einander gegenüber liegenden Bandtrums besteht, die zwischen sich einen in axialer Richtung sich erstreckenden Förderspalt bilden, durch welchen die kunststoffgetränkte Endlosfaser über eine längere axiale Länge geführt wird.

[0033] In einer bevorzugten Ausgestaltung wird für die Fördereinheit eine Förderlänge im Bereich zwischen 20 bis 40 mm vorgesehen, was für eine ausgezeichnete Geradführung der Endlosfaser im Bereich dieser Förderstrecke sorgt.

[0034] Bei zwei einander gegenüber liegende Walzen, wie sie aus der Druckschrift EP 3 004 435 B1 bekannt sind, wird keine ausreichende Längsführung erreicht, weil die Kontaktflächen in der Förderstrecke stark verkürzt sind. Bei der Erfindung ergeben sich Kontaktflächen für die Förderung der Endlosfaser, die sich über die gesamte axiale Förderstrecke der Fördereinheit erstrecken.

cken.

[0035] Durch die Bandförderung des Endlosfilaments über zwei sich in axialer Richtung erstreckende Förderbänder ergibt sich der weitere Vorteil, dass die Endlosfaser nicht beschädigt wird, weil sie nicht zusammengepresst oder geknickt wird, wie es bei gegenüber liegenden Förderwalzen nach der EP 3 004 435 B1 der Fall sein könnte.

[0036] Der Erfindungsgegenstand der vorliegenden Erfindung ergibt sich nicht nur aus dem Ge- genstand der einzelnen Patentansprüche, sondern auch aus der Kombination der einzelnen Pa- tentansprüche untereinander.

[0037] Alle in den Unterlagen, einschließlich der Zusammenfassung offenbarten Angaben und Merkmale, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellte räumliche Ausbildung, könnten als erfindungswesentlich beansprucht werden, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind. Die Verwendung der Begriffe „wesentlich“ oder „erfindungsge- mäß“ oder „erfindungswesentlich“ ist subjektiv und impliziert nicht, dass die so benannten Merk- male zwangsläufig Bestandteil eines oder mehrerer Patentansprüche sein müssen.

[0038] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellen- den Zeichnungen näher erläutert. Hierbei gehen aus den Zeichnungen und ihrer Beschreibung weitere erfindungswesentliche Merkmale und Vorteile der Erfindung hervor.

[0039] Es zeigen:

[0040] Figur 1: schematische Darstellung der Anordnung nach der Erfindung

[0041] Figur 2: ein Längsschnitt durch eine maschinentechnische Ausführung der Vorrichtung

[0042] Figur 3: der um 90 ° gedrehte Schnitt im Vergleich zur Figur 2

[0043] Figur 4: die Seitenansicht der Anordnung nach Figur 2

[0044] Figur 5: eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung gemäß der Figuren 2 bis 4

[0045] In Figur 1 ist schematisiert der Aufbau eines 3D-Druckers 1 nach der Erfindung dargestellt, wobei im Bereich einer Beschichtungsmaschine 3, die außerhalb der eigentlichen Vorrichtung des 3D-Druckers 1 angeordnet ist, ein Kunststoffmaterial zugeführt wird, welches auf die in Pfeil- richtung 4 in die Beschichtungsmaschine 3 eingeführten Endlosfaser 2 aufgebracht wird, um diese mit einer Kunststoffmasse zu umhüllen. Wie in der EP 3 004 435 B1 beschrieben, handelt es sich um einen spalt-füllenden Benetzungsvorgang aller Faserbündel, so dass durch diese Be- schichtung ein im Wesentlicher einheitlicher Kunststoffkörper erreicht wird, der im zentralen Mit- tenbereich durch eine Endlosfaser verstärkt ist.

[0046] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Endlosfaser als Karbonfaser aus- gebildet, um damit hoch- und höchstfeste Bauteile herstellen zu können.

[0047] Statt der Verwendung von Karbonfasern oder Karbon-Filamenten können selbstverständ- lich auch andere Faserelemente verwendet werden, wie z. B. Glasfasern, feste Kunststoff- oder Textilfasern und dergleichen mehr.

[0048] In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird von einem Endlosfaserbündel aus Karbonfa- sern ausgegangen, was in der folgenden Beschreibung als „Endlosfaser 2“ bezeichnet wird.

[0049] Am Eingang des 3D-Druckers 1 ist eine Fördereinheit 6 angeordnet, die im Wesentlichen aus zwei gegenüber liegenden Fördertrums 23, 24 besteht, die zwischen sich eine axiale Förder- strecke 28 ausbilden, die sich über einen langen axialen Weg erstreckt, um so eine optimale Geradführung der dort eingeführten Endlosfaser 2 zu erreichen.

[0050] Am Ausgang der Fördereinheit 6 schließt sich ein Trägerrohr 7 an, durch welches die Endlosfaser koaxial weiter gefördert wird und dabei koaxial in den Innenraum einer Exzenter- schneidwelle 8 gelangt, die Teil einer Schneidvorrichtung 9 ist.

[0051] Die Exzinterschneidwelle 8 ist - wie später zu beschreiben - in den Pfeilrichtungen 10 in Umfangsrichtung drehbar angetrieben, um so eine zirkulare Schneidaktion im Bereich der Schneid-

kante 13 zu ermöglichen.

[0052] Nach einem bevorzugten Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass stromaufwärts vor der Schneidkante 13 der Exzenterorschneidwelle 8 eine erste Kühlstrecke 11 angeordnet ist, die mit einer gehäuse-angebundenen Kontaktkühlung arbeitet. Dabei wird als Wärmeträgermedium bevorzugt Wasser oder ein anderes Wärmeträgermedium verwendet.

[0053] Die erste Kühlstrecke 11 hat einen Abstand 19 zu einer in axialer Richtung dahinter angeordneten zweiten Kühlstrecke 12, wobei die Erfindung jedoch nicht auf zwei hintereinander angeordnete Kühlstrecken 11, 12 beschränkt ist. Es können auch mehr als zwei Kühlstrecken verwendet werden, und es kann auch nur eine einzige durchgehende Kühlstrecke verwendet werden, die sich über den gesamten Bereich der ersten und zweiten Kühlstrecke erstreckt.

[0054] In einer bevorzugten Ausgestaltung kann das Kühlmedium zunächst in die zweite Kühlstrecke 12 eingeführt werden, und der Ausgang der zweiten Kühlstrecke ist mit dem Eingang der ersten Kühlstrecke flüssigkeitsleitend miteinander verbunden. Die Kühlstrecken sind also seriell miteinander verbunden.

[0055] Nach einem bevorzugten weiteren Merkmale der Erfindung ist zur Vermeidung eines Wärmerückflusses am Ausgang der zweiten Kühlstrecke in Richtung auf das dahinter liegende Heizelement 15 eine Wärmeisolation 14 angeordnet, die z. B. aus einer wärmeisolierenden Scheibe, einer Hülse oder dergleichen bestehen kann, welche eine Wärmeleitung im Trägerrohr 7 von dem Heizelement 15 rückwärts in die Kühlstrecke 11, 12 hinein nach Möglichkeit unterbindet.

[0056] Jenseits der Wärmeisolation 14, die bevorzugt als Scheibe oder Hülse ausgebildet ist, ist das Heizelement 15 angeordnet, und danach ist die Düse 16 angeordnet durch welche das erwärme und in einen teigigen sowie elastischen Zustand gebrachte Endlosfaserbündel den 3D-Drucker verlässt.

[0057] Auf der rechten Seite in Figur 1 ist noch schematisiert dargestellt, dass der 3D-Drucker, d. h. die gesamte Anordnung, die in Figur 1 dargestellt ist, mit Ausnahme der Beschichtungsmaschine 3, z. B. Teil einer Sechsachs-Antriebsmaschine sein kann, wie z. B. einem Roboterkopf, der in sechs verschiedenen Achsen bewegbar ist.

[0058] Dabei wird bevorzugt, wenn eine Bewegung bevorzugt in den drei Raumachsen X, Y und Z stattfindet und dass jeder Raumachse noch eine zusätzliche Drehachse zugeordnet werden kann.

[0059] Die Erfindung ist jedoch auf eine derartige 3D-Raumbewegung nicht angewiesen, weil es in manchen Fällen ausreicht, lediglich eine lineare Ablage einer Endlosfaser in X- und/oder Y-Richtung auf einer bestimmten Oberfläche zu gewährleisten.

[0060] Statt des Sechsachs-Antriebes 18 können alle anderen Antriebe verwendet werden, die mit weniger Achsen arbeiten, z.B. X- oder X-Y-Schlittenanordnungen.

[0061] Auf jeden Fall verlässt die teigige Endlosfaser 2 die Düse 16 in Pfeilrichtung 17.

[0062] Der Begriff „teigiger Zustand“ wird so verstanden, dass die in Pfeilrichtung 17 die Düse 16 verlassende Endlosfaser 2 in einen Klebezustand mit benachbarten Endlosfasern gebracht werden kann, um so auf einer Ablagefläche ein Verbundwerkstoff-Bauteil zu bilden.

[0063] In den Figuren 2 bis 5 ist eine bevorzugte maschinentechnische Ausführung eines 3D-Druckers 1 gezeigt, wobei die kunststoffbeschichtete Endlosfaser 2 in die Mündung der Einführhülse 20 in Pfeilrichtung 4 hineingezogen wird, nachdem die gezeigte Fördereinheit 6 den Vorschub ausführt.

[0064] Die Fördereinheit 6 besteht im Wesentlichen aus den zwei gegenüberliegenden Bandtrums 23, 24, wobei das eine Bandrum 23 über ein Antriebszahnrad 25 läuft und das von einem Motor 54 angetriebene Getriebe 55 in der eingezeichneten Pfeilrichtung drehend angetrieben ist.

[0065] Das Bandrum läuft über ein weiteres Zahnrad 26 und wird dort umgelenkt und läuft dann nach Durchlaufen der Förderstrecke über ein Umlenkrad 29.

[0066] Das eine Zahnrad 26 steht im Verzahnungseingriff mit dem gegenüberliegenden Zahnrad 27 des zweiten Fördertrums 24, welches damit ebenfalls in der gleichen Förderrichtung angetrieben wird, wobei das Fördertrum 24 über das Umlenkrad 30 umgelenkt ist.

[0067] Damit wird eine sich in axialer Richtung über eine sehr lange Länge erstreckende Förderstrecke 28 gebildet, zwischen der die Endlosfaser 2 schonend vorwärts transportiert wird.

[0068] Am Ausgang der Förderstrecke 28 ist die Mündung eines Förderschlauches 31 angelassen, der bevorzugt aus einem PTFE-Material besteht und der für eine reibungsfreie Führung der dort koaxial geführten Endlosfaser 2 sorgt.

[0069] Es wird noch angefügt, dass der Innenraum der Führungshülse 20 mit einem Führungsschlauch 21 ausgekleidet ist, der aus zeichnerischen Gründen nicht dargestellt ist und dessen lichte Weite etwa dem nachgeschalteten Förderschlauch 31 entspricht.

[0070] Der Förderschlauch 31 erstreckt sich über die gesamte Länge des Trägerrohrs 7, wobei das Trägerrohr 7 in zwei Teilstücke aufgeteilt ist, nämlich ein Trägerrohr 7a, welches sich unmittelbar am Grundkörper 42 des 3D-Druckers 1 anschließt und die axiale Verlängerung des Trägerrohrs 7a in ein im Durchmesser erweitertes Federgehäuse 53 übergeht, in dem eine Druckfeder 33 angeordnet ist, die sich mit ihrem einen Ende an einem Absatz des Trägerrohrs 7a abstützt.

[0071] Der gegenüberliegende Teil der Druckfeder 33 stützt sich an einer Gleitscheibe 34 ab, die sich am axialen Ende der Exzентerschneidwelle 8 abstützt, die in der Längsbohrung des Trägerrohrs 7b drehbar gelagert ist und über ein Einschraubteil 56, welches in Figur 2 nur angedeutet ist, drehbar angetrieben ist.

[0072] Das vordere axiale Ende der Exzентerschneidwelle 8 ist mit einer Schneidkante 13 ausgerüstet, so dass die geschnittene Endlosfaser 2 am Mündungsausgang des Förderschlauches 31 weiter gefördert wird. Es kann sich dabei um kurze oder sehr lange Schneidlängen der geschnittenen Fasern handeln.

[0073] Stromabwärts der Schneidkante 13 ist das Heizelement 15 angeordnet, dessen Heizleistung mit einem Temperatursensor 40 geregelt ist.

[0074] Nach einem bevorzugten Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass stromaufwärts der Düse 16 eine Wärmeisolation 14 vorhanden ist, um einen unerwünschten Wärmerückfluss von der Düse 16, die auf einer Temperatur von etwa im Bereich 350 bis 400 °Celsius liegt, in das Trägerrohr 7 zu vermeiden.

[0075] Hierzu sieht die Erfindung nach einem bevorzugten Merkmal zwei axial im Abstand hintereinander angeordnete Kühlstrecken 11, 12 vor, wobei die erste Kühlstrecke bevorzugt stromaufwärts der Schneidkante 13 angeordnet ist, was mit dem Vorteil verbunden ist, dass - durch diese Vorkühlung der Endlosfaser vor dem Abschneiden - die Endlosfaser eine bestimmte Steifigkeit erhält und dadurch besser und glatter abzuschneiden ist.

[0076] Stromabwärts der Schneidkante 13 ist die zweite Kühlstrecke 12 angeordnet, wobei es in beiden Fällen um eine kontaktgebundene Kühlung mit bevorzugt einem flüssigen Kühlmedium handelt. Das flüssige Kühlmedium kann ein Wasser sein, ein Öl oder andere flüssige Wärmeträgermedien sein.

[0077] Statt eines flüssigen Kühlmediums können auch gasförmige Kühlmedien verwendet werden, wie z. B. Flüssiggas, Stickstoff und dergleichen mehr.

[0078] Durch die Anordnung von mindestens einer Kühlstrecke 11 und/oder 12 wird ein unerwünschter Wärmerückfluss vom Heizelement 15 und der Düse 16 rückwärts in das Trägerrohr 7 und auch in die Schneideeinrichtung vermieden, was zu betriebssichereren Ergebnissen führt.

[0079] Das zweite Trägerrohr 7b ist mit einer Kontermutter 32 mit dem ersten Trägerrohr 7a verbunden, um so ein im Durchmesser erweitertes Federgehäuse 53 für die Aufnahme der Druckfeder 33 zu bilden.

[0080] In Figuren 3 und 4 2 ist die Durchführung 38 für die Anordnung der zweiten Kühlstrecke 12 zu erkennen.

[0081] In der ersten Kühlstrecke 11 ist eine Ringhülse 36 zugeordnet, welche das Förderrohr 7b vollständig kontaktgebend umgibt. Dabei bezeichnet das Bezugszeichen 62 den vom Kühlmedium durchströmten Kühlraum, der volumnäßig das Trägerrohr 7b umgibt.

[0082] Eine gleiche Darstellung ergibt sich auch für die zweite Kühlstation 12, die ebenfalls einen ringsum laufenden Kühlraum 62 aufweist.

[0083] Die Schlauchmündung 35 des Förderschlauches 31 hat einen gewissen axialen Abstand zur Schneidkante 13, um einen ungestörten Schneidvorgang zu gewährleisten.

[0084] In Figur 2 ist noch der Heizmantel 37 für das Heizelement 15 dargestellt, der ebenfalls von außen über eine Madenschraube 63 im Trägerrohr 7b festgelegt ist.

[0085] Eine weitere Isolierscheibe 39 trennt die Kühlstation 11 wärmetechnisch vom Heizmantel 37.

[0086] Die Figur 3 zeigt den um 90° gedrehten Schnitt im Vergleich zur Figur 2, wo eine in getrennten Gehäusen angeordnete Motorgetriebeeinheit 54, 55 gezeigt ist und ansonsten für die gleichen Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet werden.

[0087] Aus der Zeichnung der Figur 3 in Verbindung mit den Zeichnungen der Figur 4 und 5 ist die besondere miniaturisierte Anordnung des Antriebes für die Exzinterschneidwelle 8 dargestellt.

[0088] Gemäß den Figuren 4 und 5 wird der Antrieb für den Drehantrieb der Exzinterschneidwelle 8 durch einen zweiarmigen Hebel 48 gebildet, dessen Ende in einem Kugelgelenk 50 aufgenommen ist, welches das eine Ende eines Verbindungshebels 59 aufnimmt, dessen gegenüberliegendes Ende in einem weiteren Kugelgelenk 51 gelenkig aufgenommen ist.

[0089] Das Kugelgelenk 51 steht mit einem Einschraubteil 56 in Verbindung, mit welchem die in Figur 2 zeichnerisch angedeutete Einschraubhülse eingeschraubt wird.

[0090] Dort erfolgt der Drehantrieb der Exzinterschneidwelle 8 in den Pfeilrichtungen 10 im Uhrzeigersinn und im Gegenuhrzeigersinn.

[0091] Es kann eine axiale Verstellung der Einstellwelle 45 erfolgen und eine Einstellung des Drehwinkels der Exzinterschneidwelle 8 eingestellt werden.

[0092] Durch eine Vorspannschraube 52 können die beiden Fördertrums 23, 24 gegeneinander gedrückt werden, um eine axiale Vorspannung auf die Förderstrecke 28 zu erbringen, um die Reibung auf die Endlosfasern 2 zu erhöhen.

[0093] Aus Figur 2 ist noch zu entnehmen, dass obwohl ein Heizmantel 37 vorhanden ist, gleichzeitig eine innenliegende Kühlung für den Heizmantel aufgrund der dort angeordneten Kühlstrecke 12 vorgesehen ist. Damit wird auch der Kanal 57, der sich durch den Heizmantel 37 erstreckt, gekühlt.

[0094] Die verschiedenen Kühlstrecken 11, 12 haben geeignete Kühlanschlüsse, wobei die Kühlanschlüsse der Kühlstrecke 11 mit den Bezugszeichen 60 und die Kühlanschlüsse der Kühlstrecke 12 mit den Bezugszeichen 61 versehen sind. Das Heizelement 15 hat einen elektrischen Anschluss 41.

[0095] Über die Ringhülse 58 der zweiten Kühlstrecke 12 erfolgt der Wassereinlass in den rings umlaufenden Kühlraum 62.

[0096] Vorteil bei der Erfindung ist, dass ein Verfahren und eine Vorrichtung beschrieben wird, mit dem es erstmals möglich ist, auch dünne und zur Ausknickung neigende Endlosfaserbündel, die mit Kunststoff getränkt sind, betriebssicher zu verarbeiten, weil eine verbesserte axiale Führung der mit Kunststoff getränkten Endlosfaserbündel im Bereich des Endlosdruckers vorhanden ist. Es wird eine Ausknickung in der Förderstrecke vermieden und damit eine betriebssicher arbeitende Vorrichtung geschaffen.

ZEICHNUNGSLEGENDE

- 1 3D-Drucker
- 2 Endlosfaser
- 3 Beschichtungsmaschine
- 4 Pfeilrichtung
- 5 Kunststoff
- 6 Fördereinheit
- 7 Trägerrohr 7a, 7b
- 8 Exzenterorschneidwelle
- 9 Schneidvorrichtung
- 10 Pfeilrichtung
- 11 Kühlstrecke (erste)
- 12 Kühlstrecke (zweite)
- 13 Schneidkante
- 14 Wärmeisolation
- 15 Heizelement 15a Heizzone
- 16 Düse
- 17 Pfeilrichtung
- 18 6-Achs-Antrieb
- 19 Abstand
- 20 Einführhülse
- 21 Führungsschlauch
- 22 beschichtete Endlosfaser
- 23 Fördertrum (oben)
- 24 Fördertrum (unten)
- 25 Antriebszahnrad
- 26 Zahnrad
- 27 Zahnrad
- 28 Förderstrecke
- 29 Umlenkrad
- 30 Umlenkrad
- 31 Förderschlauch
- 32 Kontermutter
- 33 Druckfeder

- 34 Gleitscheibe
- 35 Schlauchmündung
- 36 Ringhülse (von 11)
- 37 Heizmantel (von 15)
- 38 Durchführung (für 12)
- 39 Isolierscheibe
- 40 Temperatursensor
- 41 elektrischer Anschluss
- 42 Grundkörper
- 43 Stellschraube
- 44 Stellmutter
- 45 Einstellwelle
- 46 Rückstellfeder
- 47 Schraubenbolzen (von 43)
- 48 Hebel
- 49 Drehlager
- 50 Kugelgelenk
- 51 Kugelgelenk
- 52 Vorspannschraube
- 53 Federgehäuse
- 54 Motor
- 55 Getriebe
- 56 Einschraubteil
- 57 Kanal
- 58 Ringhülse (von 12)
- 59 Verbindungshebel
- 60 Kühlanschluss (von 11)
- 61 Kühlanschluss (von 12)
- 62 Kühlraum
- 63 Madenschraube

Patentansprüche

1. Verfahren zur additiven Herstellung von hochfesten Bauteilen nach dem 2D- oder 3D-Druckverfahren, bei dem eine Endlosfaser (2) oder eine Langfaser oder eine Mediumfaser oder eine Kurzfaser, die mindestens einen axialen Faserstrang umfasst, in einer Beschichtungsmaschine (3) vorzugsweise hohlraumfrei mit einem wärmeschmelzbaren Kunststoff eines Matrixmaterials getränkt wird, und danach über eine Fördereinheit (6) durch eine Schneidvorrichtung (9) und danach durch eine Heizzone mit mindestens einem Heizelement (15) geführt wird, in deren Bereich das wärmeschmelzbare Matrixmaterial auf eine Temperatur über der Schmelztemperatur des Matrixmaterials gebracht wird, um das Matrixmaterial mindestens teilweise innerhalb des Filaments zu schmelzen, um danach die so beschichtete Endlosfaser (22) auf einer Ablagefläche mit weiteren, dort abgelegten, beschichteten Endlosfasern im Schmelzverbund zu einem 2D- oder 3D-Körper zu verbinden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Förderstrecke stromabwärts der Fördereinheit (6) und stromaufwärts der Heizzone (15a) durch mindestens zwei im axialen Abstand hintereinander angeordnete Kühlstrecken (11, 12), die als am Umfang angeordnete Ringkühlung ausgebildet sind, gekühlt wird, und dass die Schneidvorrichtung (9) aus einer drehbar angetriebenen Exzenter-schneidwelle (8) besteht, die eine zwischen den Kühlstrecken (11, 12) angeordnete Schneidkante (13) zum Abschneiden der Endlosfasern (2) antreibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Vermeidung eines Wärmerückflusses von der Heizzone (15a) rückwärts in Richtung zur Schneidvorrichtung (9) ein für den axialen Transport der Endlosfaser (22) vorhandenes Förderrohr (7) gekühlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlung des Förderrohrs (7) über ein flüssiges Kühlmedium, bevorzugt Wasser oder eine mit Wasser vergleichbare Flüssigkeit erfolgt, und dass die Temperatur des Kühlmediums im Bereich zwischen 10 bis 30 Grad Celsius, vorzugsweise auf Raumtemperatur liegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneidkante (13) nach der ersten Kühlstrecke (11) angeordnet ist, um die abzuschneidende Endlosfaser (2) vor dem Schnitt auf eine erhöhte Steifigkeit zu bringen.
5. Vorrichtung zur additiven Herstellung von hochfesten Bauteilen nach dem 2D- oder 3D-Druckverfahren, bei dem eine Endlosfaser (2) oder eine Langfaser oder eine Mediumfaser oder eine Kurzfaser, die mindestens einen axialen Faserstrang umfasst, in einer Beschichtungsmaschine (3) vorzugsweise hohlraumfrei mit einem wärmeschmelzbaren Kunststoff als Matrixmaterial tränkbar ist, und danach über eine Fördereinheit (6) durch eine Schneidvorrichtung (9) und danach durch eine Heizzone mit mindestens einem Heizelement (15) führbar ist, in deren Bereich das wärmeschmelzbare Matrixmaterial auf eine Temperatur über der Schmelztemperatur des Matrixmaterials bringbar ist, um das Matrixmaterial mindestens teilweise innerhalb des Filaments zu schmelzen, um danach die so beschichtete Endlosfaser (22) auf einer Ablagefläche mit weiteren, dort abgelegten, beschichteten Endlosfasern im Schmelzverbund zu einem 2D- oder 3D-Körper zu verbinden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Förderstrecke stromabwärts der Fördereinheit (6) und stromaufwärts der Heizzone (15a), durch mindestens zwei im axialen Abstand hintereinander angeordnete Kühlstrecken (11, 12), die als am Umfang angeordnete Ringkühlung ausgebildet sind, gekühlt ist, und dass die Schneidvorrichtung (9) aus einer drehbar angetriebenen Exzenter-schneidwelle (8) besteht, die eine zwischen den Kühlstrecken (11, 12) angeordnete Schneidkante (13) zum Abschneiden der Endlosfasern (2) antreibt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5 zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlstrecken (11, 12) als flüssigkeitsgestützte Kontaktkühlung ausgebildet und an einem Förderrohr (7) angeordnet sind, durch das die beschichtete Endlosfaser (22) in axialer Richtung geführt ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das gekühlte Förderrohr (7) von der Fördereinheit (6) bis vor die Heizzone (15a) erstreckt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass hinter dem Heizelement (15) in Richtung auf die Förderstrecke rückwärts noch zusätzlich eine Wärmeisolation (14) in der Art einer Scheibe vorhanden ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schneidantrieb für die Schneidvorrichtung (9) und der Vorschubantrieb (6, 23, 24) für den Vorschub der Endlosfaser (2) von einem einzigen Antriebsmotor (54, 55) angetrieben sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Endlosfaser (2) durch eine axiale Mittenlängsbohrung der Exzenterorschneidwelle (8) geführt ist.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

1/5

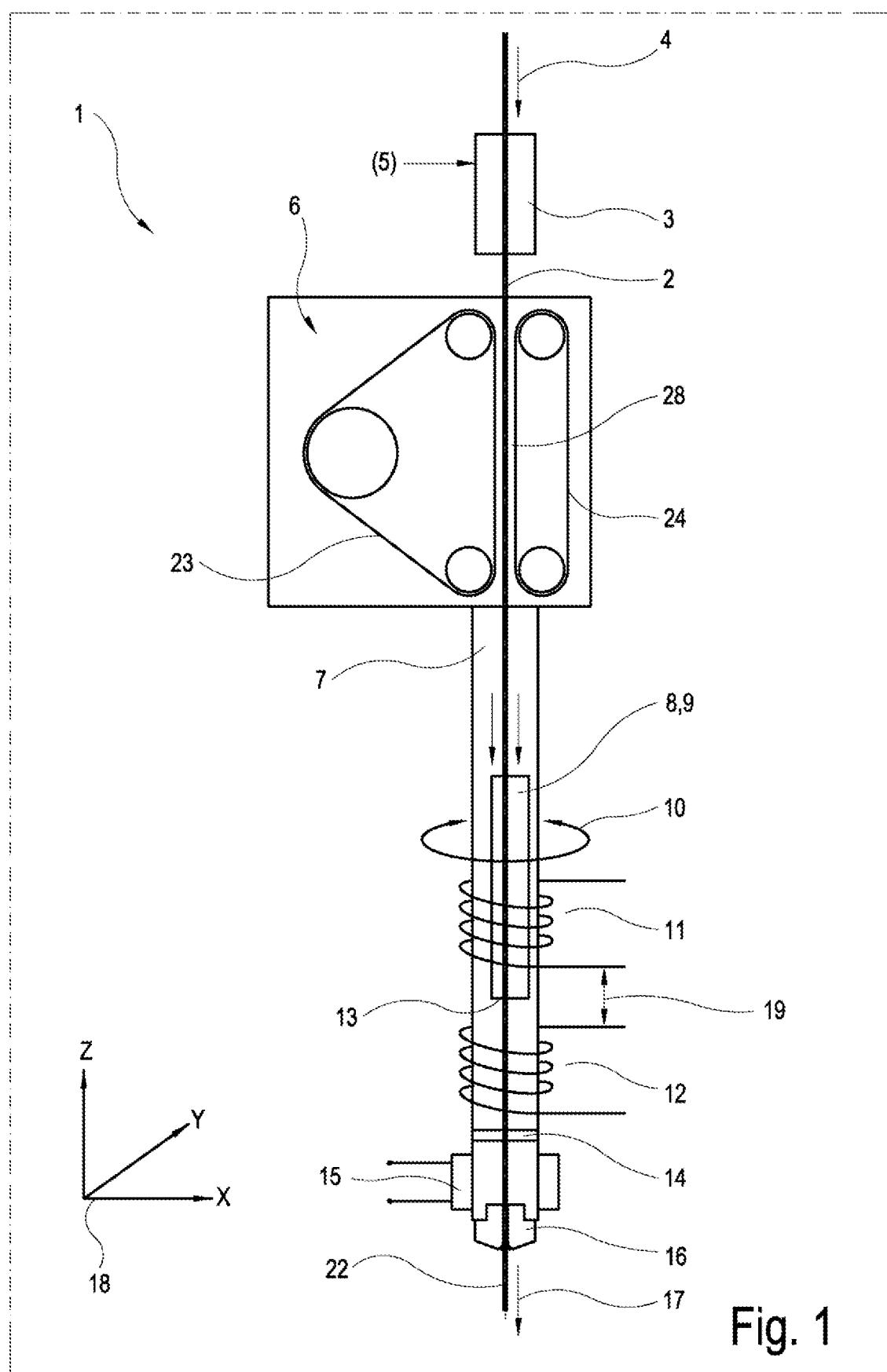


Fig. 1

2/5

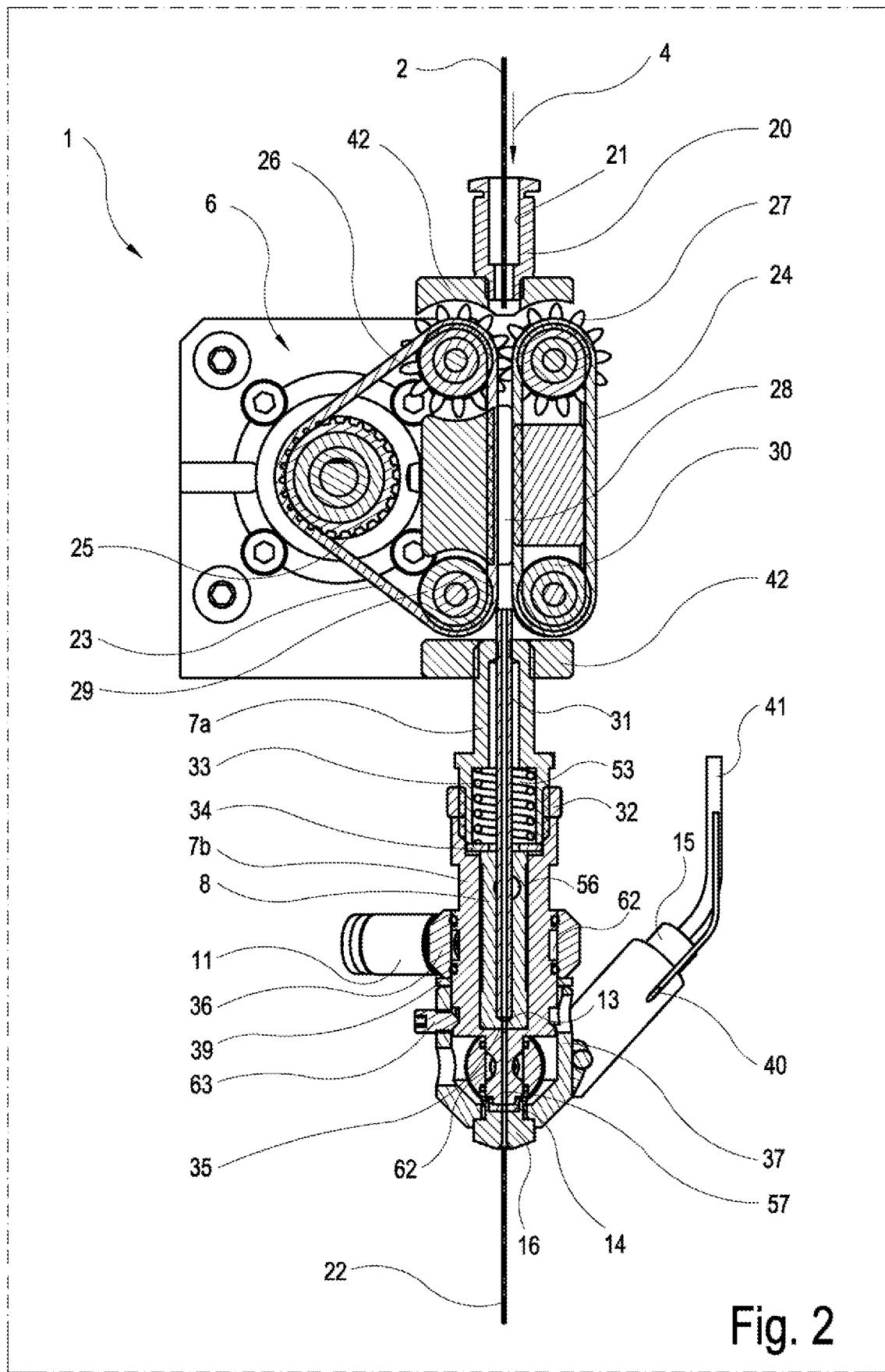


Fig. 2

3/5

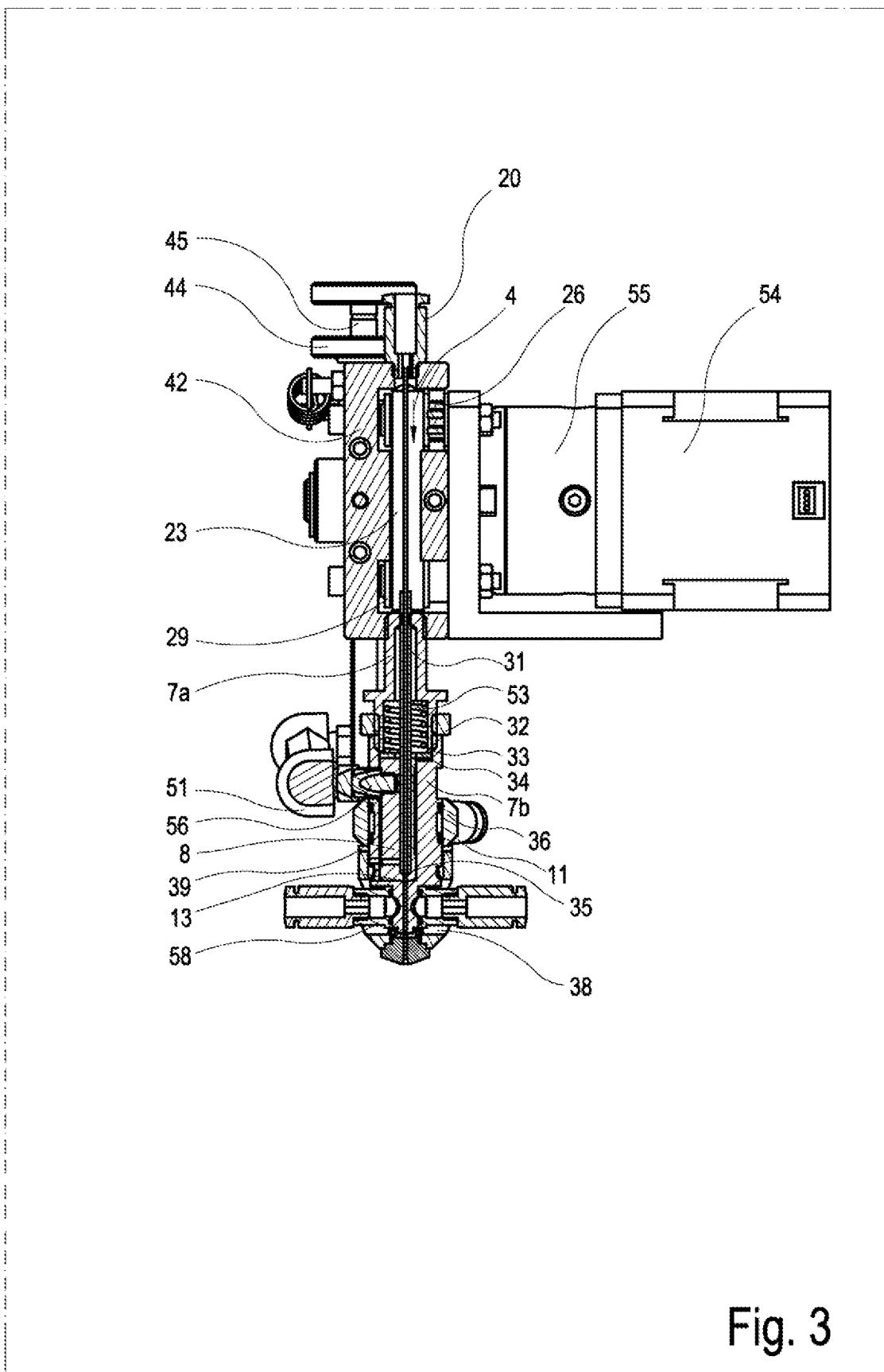


Fig. 3

4/5

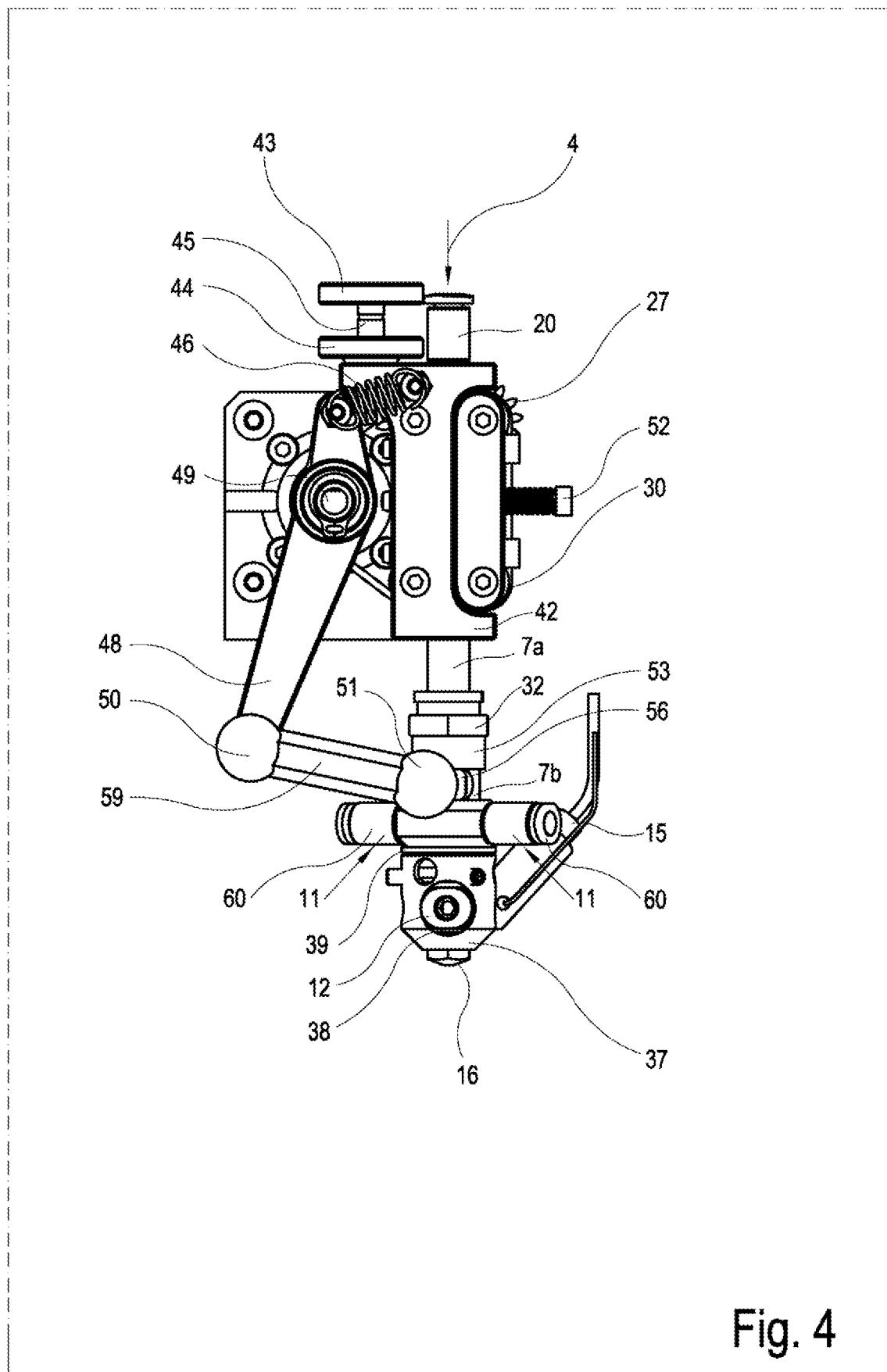


Fig. 4

5/5

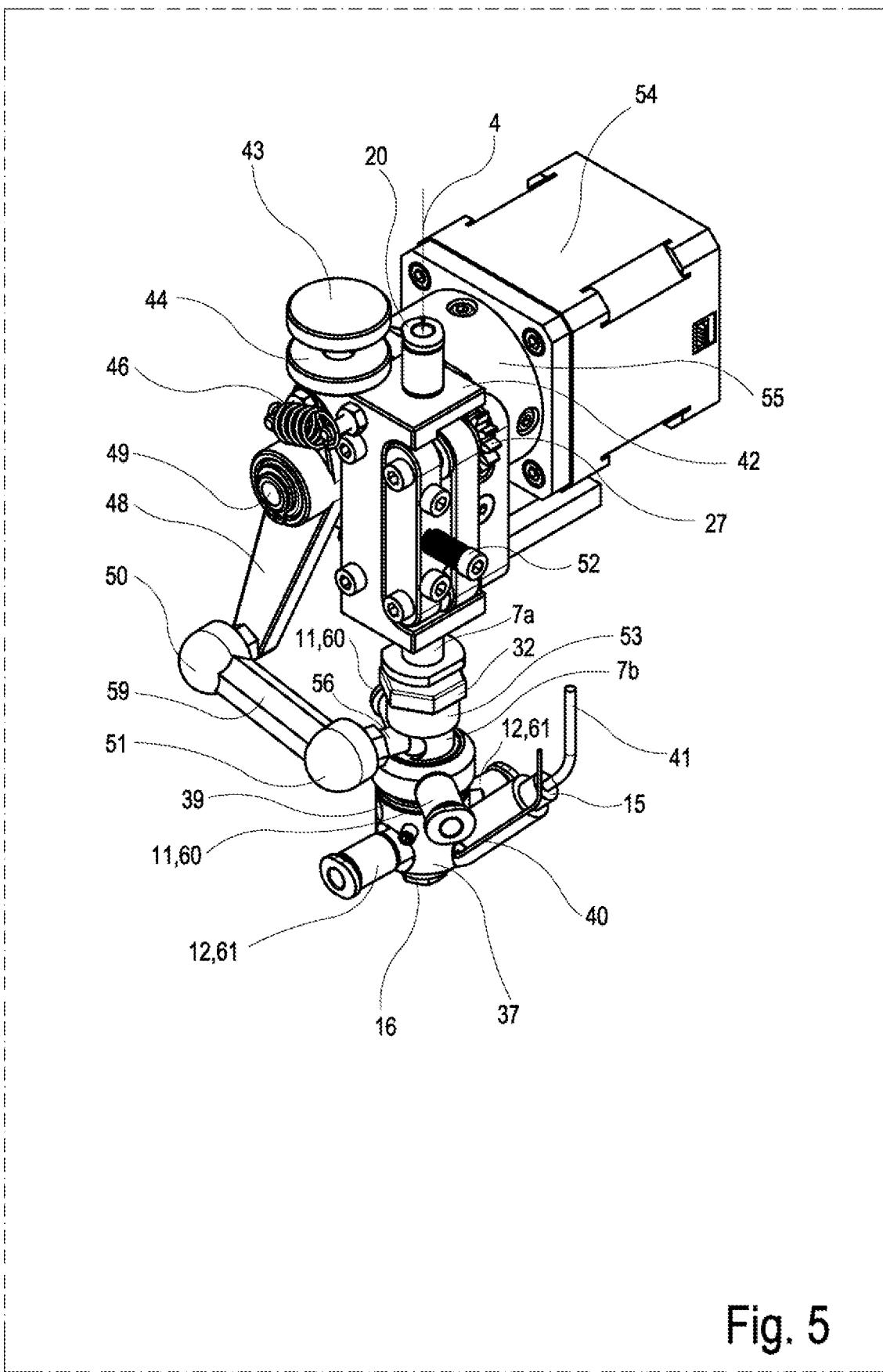


Fig. 5