

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 9164/2020
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/US20032610
(22) Anmeldetag: 13.05.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2023

(51) Int. Cl.: **B22F 3/00** (2021.01)
B22F 7/00 (2006.01)
B29C 64/10 (2017.01)
B29C 64/371 (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01)

(30) Priorität:
13.05.2019 US 62/846,955 beansprucht.
13.05.2020 US 15/930,603 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3321003 A1
WO 2019088105 A1
DE 102017218926 A1

(73) Patentinhaber:
Russell Hughes
48185 Westland, Michigan (US)
Pavlanis Joseph
48185 Westland, Michigan (US)

(72) Erfinder:
Russell Hughes
48185 Westland, Michigan (US)
Pavlanis Joseph
48185 Westland, Michigan (US)

(74) Vertreter:
Puchberger & Partner Patentanwälte
1010 Wien (AT)

(54) **Gaszufuhr- und Spülvorrichtung für additive Fertigungskammer und Verfahren zu deren Verwendung**

(57) Eine Gaszufuhr- und Spülvorrichtung (4) für eine additive Fertigungskammer umfasst mindestens einen flexiblen Gasschlauch (14) mit einem Gaseinlass, einem Spülgasauslass und einer Seitenwand, die eine Form des Schlauchs definiert, und eine Spülgasquelle (15), die mit dem mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch (14) wirkverbunden ist, um das Spülgas selektiv dem mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch (14) zuzuführen. Der Gasauslass weist Poren (16) auf, die im Wesentlichen in einer gesamten Oberfläche der Seitenwand definiert sind, sodass das Spülgas durch die Poren (16) gelangt und dadurch in die Kammer freigesetzt wird, und eignet sich zur Abgabe eines großen Volumens von Spülgas in einer laminaren Strömung.

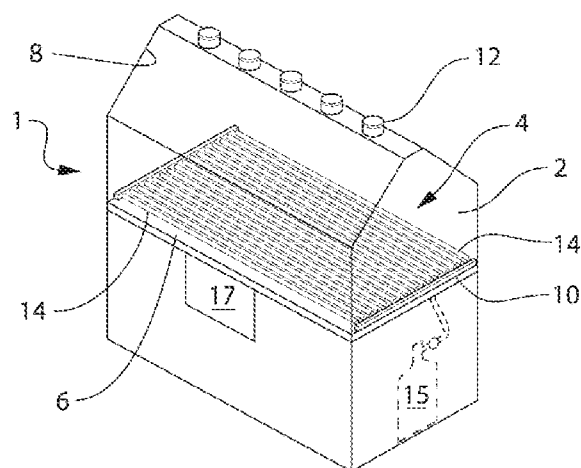


Fig. 1

Beschreibung

GASZUFUHR- UND SPÜLVORRICHTUNG FÜR ADDITIVE FERTIGUNGSKAMMER UND VERFAHREN ZU DEREN VERWENDUNG

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht Priorität für die am 13. Mai 2020 eingereichte US-Patentanmeldung 15/930,603, die Priorität für die am 13. Mai 2019 eingereichte vorläufige US-Patentanmeldung Nr. 62/846,955 beansprucht. Der gesamte Gegenstand dieser Prioritätsdokumente, einschließlich ihrer Beschreibungen, Ansprüche und Zeichnungen, ist durch Bezugnahme hierin enthalten.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Bei der Technik der additiven Fertigung werden Metallteile aus einzelnen, übereinander gestapelten Metallschichten hergestellt. Eine erste Schicht wird auf eine Basis aufgebracht, und jede weitere Schicht wird auf die vorherige Schicht in unterschiedlichen Formen und Anordnungen aufgebracht, um ein dreidimensionales Metallteil zu bilden. Dieser additive Fertigungsprozess muss in einer Umgebung stattfinden, die nicht reaktiv ist und das gerade hergestellte Teil nicht verunreinigt. Beispielsweise kann eine Kammer, in welcher der additive Fertigungsprozess stattfindet, zunächst von unerwünschten Gasen, einschließlich Luft, gereinigt werden, indem sie mit einem nicht reaktiven oder inerten Gas wie Argon in einer Weise gefüllt wird, dass das Argon alle anderen Gase in der Kammer bis auf vernachlässigbare Mengen verdrängt, woraufhin eine viel geringere Menge Argon kontinuierlich in die Kammer eingespeist wird und während des gesamten additiven Fertigungsprozesses durch sie strömt. Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf Argon als das gewünschte Gas, wobei es sich versteht, dass sich auch andere nicht reaktive oder inerte Gase für die Verwendung gemäß der vorliegenden Erfindung eignen können.

STAND DER TECHNIK

[0003] Konventionell wird Spülgas wie Argon, das schwerer als Luft ist, in der Nähe des Bodens der Bearbeitungskammer eingeleitet und steigt dann nach oben, um die anderen Gase in der Kammer in Richtung der Öffnungen am oberen Ende der Kammer und aus diesen heraus zu verdrängen, woraufhin eine kleinere Menge des Spülgases während des additiven Fertigungsprozesses kontinuierlich durch die Kammer geleitet wird. Verschiedene Vorrichtungen und Techniken zur Spülung einer additiven Fertigungskammer mit Argon wurden in der Vergangenheit verwendet und getestet. Bei diesen bisherigen Verwendungen und Tests wurden unterschiedliche Faktoren berücksichtigt, wie z. B. die Argongasmenge, die für ein bestimmtes Kammervolumen benötigt wird, der erforderliche Eingangsdruck für das Argongas, die Geschwindigkeit, mit der das Argon in die Kammer eingeleitet wird, und die Geschwindigkeit, mit der die Kammer gespült werden kann. Ein wichtiger Faktor für die benötigte Argongasmenge ist das Ausmaß der Turbulenzen, die durch das Einleiten des Argongases verursacht werden. Die durch das Einleiten von Argongas verursachten Turbulenzen führen dazu, dass sich das Argon mit den unerwünschten Gasen vermischt. Diese Vermischung erhöht in unerwünschter Weise die benötigte Argongasmenge und die Zeit, die benötigt wird, um die Kammer ausreichend zu spülen, wobei es wünschenswert ist, dass das Argongas möglichst laminar in die Kammer eingeleitet und eingefüllt wird.

[0004] Herkömmliche und frühere Tests mit Gaszufuhr- und Spülvorrichtungen für eine additive Fertigungskammer umfassen: starre Rohre mit gebohrten Auslasslöchern, die nach unten zu einer Grundfläche gerichtet sind; gesinterte Metallbleche oder -platten, z. B. aus Bronze, unter denen das Gas zunächst durch ein Substrat aus Stahlwolle geleitet wird und dann nach oben durch die gesinterten Bleche/Platten strömt, oder gesinterte Metallteile mit einer annähernd zylindri-

schen oder konischen Form, wie Druckluftschalldämpfer aus gesinterter Bronze, die relativ klein sind, z. B. $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser x 1 bis 2 Zoll Länge, wobei eine kleine Anzahl, z. B. 10 bis 20, der Schalldämpfer in Reihe mit einem gemeinsamen Gaszufuhrschlauch oder Verteiler verbunden sind; und scheibenförmige gesinterte Metallbleche. Diese bisherigen Verwendungen und Tests stellen den Stand der Technik dar, sind aber für den vorgesehenen Zweck nur bedingt geeignet. Ein starres Rohr mit gebohrten Löchern kann beispielsweise für ein höheres Ausmaß an Turbulenzen sorgen als erwünscht, während Sintermetallteile einen relativ hohen Argongas-Eingangsdruck erfordern und eine viel langsamere Spülzeit haben können usw.

[0005] Bei diesen bisherigen Verwendungen und Tests ist die tatsächliche Auslassfläche für die Zufuhr des Spülgesetzes im Vergleich zur Fläche des Kammergrunds klein. Ein solch relativ kleiner Auslassbereich für das Spülgas führt zu übermäßiger Vermischung und Turbulenzen, wodurch sich die benötigte Spülgasmenge erhöht. Eine Verringerung des Eingangsdrucks des Spülgesetzes kann die Turbulenzen und die Vermischung verringern, hat jedoch den Nachteil, dass sich die für die Spülung der Kammer erforderliche Zeit erhöht, sodass es in der Regel erforderlich ist, ein Gleichgewicht zwischen einem angemessenen Eingangsdruck und einer angemessenen Spüldauer herzustellen. Eine mit Argon gespülte Kammer mit einem Volumen von einem m³ könnte beispielsweise mehr als eine Stunde benötigen, um einen akzeptablen Gasreinheitsgrad zu erreichen, bei dem verunreinigende Gase wie Sauerstoff und Stickstoff weniger als 50 ppm ausmachen, und es könnte eine Spülgasmenge erforderlich sein, die dem fünf- bis zehnfachen Volumen der Kammer entspricht. Dementsprechend besteht im Stand der Technik ein Bedarf an einer verbesserten Gaszufuhr- und Spülvorrichtung für additive Fertigungskammern, die die Spülzeiten verkürzen und gleichzeitig die Gasmenge minimieren kann, die erforderlich ist, um unerwünschte Gase ausreichend aus der Kammer zu spülen, sowie an einem Verfahren zur Verwendung der Vorrichtung.

[0006] Gattungsgemäße Gaszufuhr- und Spülvorrichtungen sind beispielsweise aus der EP 3 321 003 A1 bekannt. Die EP 3 321 003 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Werkstücks, wobei Inertgas über zwei Wege in die abgeschlossene Fertigungskammer eingeleitet wird, nämlich über einen Spalt auf Höhe der Arbeitsebene und über eine poröse Fläche, die sich oberhalb über die gesamte Seitenfläche der Kammer erstreckt. Die poröse Fläche kann dabei aus gesintertem Metall und/oder einem faserigen Material und/oder offenzelligem Metallschaum bestehen. Solche Vorrichtungen haben den Nachteil, dass die Produktion komplex und teuer und die Dauer der Spülzeit dennoch relativ lange ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Ein erster Aspekt dieser Offenbarung stellt eine Gaszufuhr- und Spülvorrichtung für eine additive Fertigungskammer bereit. Die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung umfasst mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch mit einem Spülgaseinlass, einem Spülgasauslass und einer Seitenwand, die eine Form des Schlauchs definiert, und eine Spülgasquelle, die mit dem mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch wirkverbunden ist, um das Spülgas selektiv dem mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch zuzuführen. Der Spülgasauslass weist Poren auf, die im Wesentlichen in einer gesamten Oberfläche der Seitenwand definiert sind, sodass das Spülgas durch die Poren in die Kammer gelangt.

[0008] In einem zweiten Aspekt dieser Offenbarung sind die Poren der Seitenwand des Spülgasschlauchs in einer offenzelligen Konfiguration angeordnet. Diese offenzellige Konfiguration ermöglicht das Entweichen des Spülgesetzes über die gesamte Oberfläche der Seitenwand.

[0009] In einem dritten Aspekt dieser Offenbarung ist der Spülgasschlauch ein flexibler Schlauch auf Polymerbasis.

[0010] In einem vierten Aspekt dieser Offenbarung ist der Spülgasschlauch ein Gartensickerschlauch des Typs, der ursprünglich entworfen wurde, um Wasser in Gartenbaubetrieben zu liefern.

[0011] In einem fünften Aspekt dieser Offenbarung umfasst der Spülgasschlauch eine Vielzahl

von Abschnitten, die mit einem Einlassverteiler verbunden sind.

[0012] In einem sechsten Aspekt dieser Offenbarung gemeinsam mit dem fünften Aspekt ist die Vielzahl von Schlauchabschnitten im Wesentlichen parallel zueinander und entlang einer Grundfläche der additiven Fertigungskammer angeordnet.

[0013] In einem siebten Aspekt dieser Offenbarung gemeinsam mit dem fünften Aspekt ist die Vielzahl von Schlauchabschnitten einer vertikal gestapelten Konfiguration angeordnet.

[0014] In einem achten Aspekt dieser Offenbarung gemeinsam mit dem fünften Aspekt ist die Vielzahl von Schlauchabschnitten ferner mit einem Auslassverteiler verbunden. Der Einlass- und der Auslassverteiler sind dazu eingerichtet, mit den Einlass- und Auslassverteilern einer daneben befindlichen Gasspülvorrichtung verbunden zu werden.

[0015] In einem neunten Aspekt dieser Offenbarung ist der Spülgasschlauch in gewickelter Form angeordnet.

[0016] In einem zehnten Aspekt dieser Offenbarung ist ein Verfahren zum Zuführen und Spülen unerwünschter Gase aus einer additiven Fertigungskammer bereitgestellt, das die folgenden Schritte umfasst: Bereitstellen mindestens eines flexiblen Spülgasschlauchs mit einem Spülgaseinlass, einem Spülgasauslass und einer Seitenwand, die eine Form des Schlauchs innerhalb einer additiven Fertigungskammer definiert, und Zuführen eines Spülgases in die additive Fertigungskammer durch den mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch, sodass das Spülgas andere Gase in der Kammer verdrängt und die anderen Gase aus der Kammer hinaus drängt. Der Spülgasauslass weist Poren auf, die im Wesentlichen in einer gesamten Oberfläche der Seitenwand definiert sind, sodass das Spülgas durch die Poren in die Kammer gelangt.

[0017] In einem elften Aspekt dieser Offenbarung strömt das Spülgas im Schritt des Zuführens eines Spülgases in die additive Fertigungskammer durch den mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch in laminarer Strömung oder im Wesentlichen laminarer Strömung in die Kammer.

[0018] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird der/die Leser/in auf die folgende detaillierte Beschreibung verwiesen, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen werden sollte. In der folgenden detaillierten Beschreibung und in den Zeichnungen beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche Teile.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- [0019]** Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht einer idealisierten additiven Fertigungskammer mit einer Gaszufuhr- und Spülvorrichtung gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0020]** Fig. 2 ist eine perspektivische Teilansicht einer additiven Fertigungskammer mit einer Gaszufuhr- und Spülvorrichtung, die um andere Komponenten der Fertigungskammer herum angebracht ist, gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0021]** Fig. 3A ist eine perspektivische Ansicht einer Gaszufuhr- und Spülvorrichtung in Form einer modularen Einheit, die mit anderen modularen Einheiten gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zusammengesetzt werden kann.
- [0022]** Fig. 3B ist eine perspektivische Ansicht der als modulare Einheit geformten Gaszufuhr- und Spülvorrichtung aus Fig. 3A, die zusammen mit einer schützenden Abdeckplatte mit zahlreichen durch sie hindurch definierten Löchern bereitgestellt ist.
- [0023]** Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht einer additiven Fertigungskammer, in der eine Vielzahl der Gaszufuhr- und Spülvorrichtungen aus Figs. 3A und 3B vorgesehen ist.
- [0024]** Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht eines Kabelbündels, das die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung enthält.

- [0025]** Fig. 6 ist eine Schnittansicht einer Kabelmanagementpritsche zur Verwendung in einer Fertigungskammer, die die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung enthält.
- [0026]** Fig. 7 ist eine perspektivische Teilansicht des Innenraums einer Fertigungskammer mit Kabelmanagementvorrichtungen, die mit der Gaszufuhr- und Spülvorrichtung verwendet werden sollen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0027] In Figs. 1 und 2 ist allgemein eine Vorrichtung 1 zur additiven Fertigung mit einer Bearbeitungskammer 2 und einer Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 dargestellt, wobei die für die additive Fertigung erforderlichen operativen Komponenten, einschließlich eines Auflagetisches und einer Vorrichtung, zum besseren Verständnis des Aufbaus der Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 nicht gezeigt werden. Die Bearbeitungskammer 2 umfasst einen Grundträger 6 und eine Haube 8, die eine additive Fertigungskammer umschließt. Die Kammer beherbergt die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 sowie die für die additive Fertigung erforderlichen operativen Komponenten, die wiederum nicht dargestellt sind. Die Kammer umfasst einen oder mehrere Gaseinlässe 10, bei denen es sich um einen Verteiler handeln kann, die mit der Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 verbunden sind, um die Zufuhr von Spülgas in die Kammer über die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 zu ermöglichen, sowie eine oder mehrere Gasauslassöffnungen 12, um das Ablassen von Spülgas aus der Kammer zu ermöglichen. Bei den Gasauslassöffnungen 12 kann es sich um eine oder mehrere Öffnungen handeln, über die Luft und andere unerwünschte Gase, die durch das Spülgas verdrängt wurden, aus der Kammer abgeleitet werden können. Die Auslassöffnungen 12 können Ventile enthalten, die geschlossen oder teilweise geschlossen werden können, sobald die Luft aus der Kammer gespült wurde, um die Integrität der Spülgasumgebung zu erhalten.

[0028] Eine Spülgasquelle 15 kann in Verbindung mit der Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 bereitgestellt und mit den Gaseinlässen 10 in Fluidverbindung stehen. Die Spülgasquelle 15 kann unter Druck stehen und ein Öffnungs-/Schließventil, einen Regler usw. enthalten, sodass das Spülgas dem/den Gaseinlass/-einlässen 10 mit verschiedenen Drücken oder Durchflussmengen zugeführt werden kann, wie es für verschiedene Spülvorgänge gewünscht wird, und die Spülgasquelle 15 kann in einer Basis der additiven Fertigungsvorrichtung 1 oder an einem anderen geeigneten Ort angeordnet sein. (Ein) Sensor(en) (nicht dargestellt) zur Bestimmung der Spülgaskonzentration und/oder der Konzentration verunreinigender Gase kann/können an den Öffnungen oder an anderer Stelle in der Kammer 2 vorgesehen sein, und es kann eine Steuereinheit wie eine Zentraleinheit (CPU) 17 vorgesehen sein, die Eingaben von den Sensoren empfängt und so programmiert ist, dass sie die Strömung des Spülgases in die Bearbeitungskammer sowie die Ventile der Auslassöffnungen 12 und andere Aspekte der Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 steuert.

[0029] Die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 umfasst mindestens einen flexiblen Schlauch 14. Der Schlauch 14 hat einen Gaseinlass, der sich an einem oder beiden Enden befinden kann, und einen Gasauslass in Form zahlreicher kleiner Poren 16, die auf der gesamten Oberfläche einer Seitenwand vorgesehen sind, die den flexiblen Schlauch definiert. Der flexible Schlauch 14 kann an dem dem Gaseinlass gegenüberliegenden Ende ein geschlossenes Ende, z. B. eine Endkappe, aufweisen. Auch hier weist der Gasauslass zahlreiche Poren 16 auf, die über die gesamte Oberfläche der Seitenwand angeordnet sind. Die Poren 16 der Seitenwand können sehr klein sein, z. B. weniger als einen Millimeter groß, sodass die Poren mit bloßem Auge nicht sehr gut sichtbar sind; sie sind aber in Fig. 5 zum besseren Verständnis in übertriebener Größe dargestellt. Außerdem können die Poren 16 in einer so genannten offenzelligen Konfiguration oder Struktur eines Polymermaterials, das den Schlauch bildet, verbunden sein. Diese offenzellige Konfiguration umfasst viele Poren pro cm^3 der Seitenwand und ermöglicht das Entweichen des Spülgases aus praktisch der gesamten Oberfläche der Seitenwand des flexiblen Gasschlauchs 14. Sehr wichtig ist, dass das durch die Poren 16 zugeführte Gas sehr laminar und ohne Turbulenzen in die Kammer strömt. Der zur Bildung der Schläuche 14 verwendete Schlauch ist in der Regel ein flexibler gummiartiger Schlauch oder ein Schlauch auf Polymerbasis. Ein beispielhafter Gas-

schlauch, der sehr gut gemäß der vorliegenden Erfindung funktioniert, ist ein Gartensickerschlauch des Typs, der entworfen wurde, um Wasser im Gartenbaubetrieb zu liefern; außerdem kann er wirtschaftlich gefertigt und in jede gewünschte Konfiguration oder Anordnung für die Gaszufuhr innerhalb der Kammer 2 gebracht werden.

[0030] In der beispielhaften Ausführungsform der Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 4 ist eine Vielzahl von Spülgasschläuchen 14 in beliebiger Anordnung innerhalb der additiven Fertigungskammer vorgesehen. Diese Vielzahl von Gasschläuchen 14 hat jeweils die gleiche offenzellige poröse Seitenwandkonfiguration und ist mit einem Einlassverteiler 10 verbunden. Die Enden dieser Vielzahl von Spülgasschläuchen können mit entsprechenden Endkappen oder einem Endkappenverteiler versehen sein. Bei der Verwendung einer Vielzahl von Spülgasschläuchen 14 können die Schläuche in verschiedenen Konfigurationen angeordnet sein, um den Anforderungen der additiven Fertigungskammer gerecht zu werden, z. B. sind sie in der Lage, die operativen Komponenten der additiven Fertigung oder deren Bewegungen nicht zu stören.

[0031] Die flexible Beschaffenheit der Gasschläuche ermöglicht, dass die Schläuche im Wesentlichen in jeder gewünschten Konfiguration oder Anordnung innerhalb der Kammer 2 bereitgestellt sein können. In Fig. 1 ist eine idealisierte Anordnung dargestellt, bei der die Vielzahl von Spülgasschläuchen 14 im Wesentlichen parallel zueinander entlang einer Grundfläche der Kammer angeordnet ist. Aufgrund der offenzelligen Konfiguration der Seitenwand des Gasschlauchs kann eine parallele Anordnung einer Vielzahl von Gasschläuchen für eine Gasfreisetzung entlang einer Fläche sorgen, die wesentlich größer ist als die Fläche der Grundfläche der Kammer. Die Grundfläche der Kammer könnte zum Beispiel 1 Meter mal 2 Meter groß sein und eine Fläche von zwei (2) m² aufweisen. Bei Verwendung von dreizehn (13) der parallelen Gasspülschläuche 14 mit einem Durchmesser von fünfundzwanzig (25) mm, was einem Umfang von etwa achtundsiebzig (78) mm entspricht, die auf eine Länge von zwei (2) Metern zugeschnitten sind, würde sich eine poröse Seitenwandfläche ergeben, die größer ist als die zwei (2) m² der Grundfläche der Kammer. Diese dreizehn parallelen Schläuche würden jedoch nur etwa 1/3 oder 1/π dieser zwei (2) m² oder weniger der Bodenfläche der Kammer einnehmen.

[0032] Es sollte sich daher verstehen, dass die über die gesamte Seitenwand der Gasschläuche verteilten Poren 16 eine effektive Gasfreisetzung über einen relativ kleinen Teil der Grundfläche der Kammer ermöglichen. Eine solche Konfiguration lässt auf der Grundfläche der Kammer Platz für andere Zwecke. Eine realistischere Anordnung der Schläuche 14 ist in Fig. 2 dargestellt. Die Schläuche 14 passen in die verfügbaren Bereiche der Grundfläche 6 der Kammer. Diese Anordnung ermöglicht es, die Schläuche 14 um andere Komponenten der Kammer herum zu positionieren, wie z. B. einen drehbaren Auflagetisch 20, ein Gantry-System 22 und Schienen 24.

[0033] Wenn die Geschwindigkeit der Spülung wichtiger ist als der relative Anteil der von den Gasschläuchen 14 bedeckten Grundfläche, können zusätzliche Gasschläuche in der Kammer bereitgestellt werden, um eine schnellere Spülung zu erreichen und gleichzeitig zu gewährleisten, dass das Spülgas in einer laminaren Strömung in die Kammer 2 eintritt. Zusätzlich zu einer einzelnen Schicht von im Wesentlichen parallelen Gasschläuchen 14 können auch mehrere vertikale Schichten von Gasschläuchen entlang der Grundfläche der Kammer verwendet werden.

[0034] Die Gaszufuhr- und Spülschläuche 14, deren Poren 16 über die gesamte Oberfläche der Seitenwand verteilt sind, können die Einleitung von Spülgas bei einem niedrigeren Druck als bei herkömmlichen Techniken ermöglichen, was sich sehr vorteilhaft auf die Gasströmung oder -zufuhr in die Kammer in einer sehr laminaren, nichtturbulenten Weise auswirken kann, was wiederum im Allgemeinen zur Verwendung eines geringeren Gasvolumens führt, das für eine ausreichende Spülung der Kammer erforderlich ist. Bei Spülgasschläuchen mit offenzelligen porösen Seitenwänden kann beispielsweise ein Spülgasdruck von nur 10-25 psi wirksam sein, während bei herkömmlichen Techniken üblicherweise Gasdrücke von 30-50 psi erforderlich sind. Die relativ niedrigen Drücke ermöglichen ein vereinfachtes System zur Einleitung des Spülgases im Vergleich zu einem Zufuhrsystem mit höherem Druck. In einem Beispiel könnte die Spülung einer zwei m³ großen Kammer mit einer einzelnen Schicht von fünfzehn parallelen Gasspülschläuchen, die mit Spülgas bei 25 psi gespeist werden, in etwa 90 Sekunden einen Reinheitsgrad von weni-

ger als 50 ppm der Kontaminationsgase erreichen. Niedrigere Drücke können eine wirksame Technik sein, um die Menge des verwendeten Spülgases zu reduzieren. In einem anderen Beispiel, bei dem das Spülgas bei 20 psi zugeführt wurde, entsprach die zur ausreichenden Spülung benötigte Gesamtgasmenge nur dem doppelten Volumen der Kammer 2 und erreichte den gewünschten Reinheitsgrad innerhalb von 5 Minuten. Auch eine Erhöhung der Anzahl von Schichten paralleler Spülgasschläuche kann die Zeit bis zum Erreichen des gewünschten Reinheitsgrades verkürzen.

[0035] In der Praxis kann die Anordnung der Gasschläuche 14 der Gaszufuhr- und Spülvorrichtung 2 durch die Gegebenheiten der additiven Fertigungskammer begrenzt oder eingeschränkt sein. Im Wesentlichen parallel zueinander angeordnete Gasschläuche sind in manchen Situationen nicht möglich. Mit flexiblen Gasschläuchen auf Polymerbasis können die Schläuche 14 jedoch problemlos in einer Vielzahl von Formen und Größen konfiguriert werden, einschließlich der Anordnung um alle dazwischenliegenden oder störenden Merkmale der Fertigungskammer. Wie in Fig. 2 dargestellt, wurden die Gasschläuche 14 so angeordnet, dass sie um einen drehbaren Auflagetisch 20, ein Gantry-System 22 und Schienen 24 einer Fertigungskammer herum passen. Eine solche Anordnung würde im Vergleich zu einer Anordnung mit im Wesentlichen parallelen Spülgasschläuchen zu keiner wesentlichen Verlängerung der Spülzeit führen. Die große Gasauslassfläche, die durch die offenzelligen porösen Seitenwände der Gasschläuche 14 bereitgestellt wird, hat einen größeren Einfluss auf die Spülzeit als die Anordnung der Spülgasschläuche.

[0036] In manchen Situationen ist es nicht möglich, die Spülgasschläuche entlang der Grundfläche der Kammer anzuordnen. Die Verwendung von Spülgasschläuchen mit der gleichen offenzelligen porösen Konfiguration in anderen Anordnungen ist jedoch ebenso effektiv. Beispielsweise können die flexiblen Spülgasschläuche in jeder gewünschten Form und Größe angeordnet und von anderen Strukturen getragen werden. Einige nicht einschränkende Beispiele sind eine flache gewickelte Anordnung, eine zylindrische gewickelte Anordnung und eine konische gewickelte Anordnung. Die Schläuche können auch von anderen Strukturen wie einem Kegel, einem zylindrischen Maschenkorb oder einem Drahtrahmen getragen werden. Derartige Anordnungen der Schläuche 14 können zusammen mit den erforderlichen Stützstrukturen bequem in den Nicht-Arbeitsbereich der Kammer eingebaut werden. Durch die Belegung von Nicht-Arbeitsbereichen der Kammer mit zusätzlichen Spülschläuchen 14 kann die Zeit für die Spülung der Kammer verkürzt werden. Wenn die Platzverhältnisse in der Kammer eine enge Wicklung des Spülgasschlauchs erfordern, kann auch ein Schlauch mit kleinerem Durchmesser verwendet werden, der eine ausreichende Flexibilität bietet.

[0037] Angesichts der großen Vorteile, die die Verwendung von Spülgasschläuchen 14 mit Seitenwänden mit offenzelliger poröser Konfiguration in Bezug auf die Spülzeit und die benötigte Spülgasmenge mit sich bringt, könnten bestehende additive Fertigungsverfahren von der Nachrüstung mit neuen Spülgasvorrichtungen profitieren. In einem Beispiel, wie in den Figs. 3A, 3B und 4 gezeigt, sind die Spülgasschläuche 34 parallel angeordnet, wobei die Einlassenden an einem Einlassverteiler 36 und die Auslassenden an einem Auslassverteiler 38 befestigt sind. Die Verteiler können entlang ihrer Seiten Befestigungspunkte 39 haben, um sie mit anderen Verteilern zu verbinden. Die parallelen Spülgasschläuche und Verteiler bilden zusammen eine Spülgasvorrichtungsnachrüstungseinheit 40, von der mehrere in Reihe oder parallel miteinander verbunden sein können. Die Einheit 40 kann auch eine starre Schutzabdeckung 42 aus Metall oder einem anderen geeigneten Material enthalten, die über einen Teil oder die gesamte Oberfläche Löcher 44 aufweisen kann. Solche Nachrüstungseinheiten 40 sind nicht auf quadratische oder rechteckige Formen beschränkt, sondern können nach Bedarf auch in anderen Formen (kreisförmig, dreieckig, sechseckig usw.) ausgeführt werden, um in die nachgerüstete Kammer zu passen.

[0038] Die nachgerüstete Spülgasvorrichtung kann Anschlussstücke an den Einlass- und Auslassverteilern enthalten, die so gestaltet sind, dass sie an eine oder mehrere benachbarte Spülgasvorrichtungsnachrüstungseinheiten angeschlossen werden können. Die Einheiten können wie Bodenfliesen zusammengefügt werden, wenn es der Platz erlaubt, um einen Teil der Grundfläche der additiven Fertigungskammer zu bedecken. Darüber hinaus können Einheiten unterschiedlicher Form und Größe zusammen in derselben Kammer verwendet werden, solange die

Einlassverteiler mit Versorgungsleitungen für das Spülgas versehen werden können.

[0039] Der Prozess der Spülung einer Kammer kann durch Ansammlungen unerwünschter Gase in der Kammer beeinträchtigt werden, die gegen die Spülung resistent sind. Zum Beispiel kann der Herstellungsprozess in der Kammer verschiedene Komponenten und Geräte erfordern. Zumindest enthält die Fertigungskammer häufig Drähte und Kabel 50. Die Kabel 50 können als Bündel 52 in einem Mantel 54 angeordnet sein, wie in Fig. 5 dargestellt. Obwohl der Mantel in Fig. 5 mit einer festen Seitenwand dargestellt ist, kann er auch eine offene Webkonfiguration aufweisen, die eine poröse Seitenwand bereitstellt. Es sollte sich verstehen, dass die Poren 16 auf dem in Fig. 5 dargestellten Schlauch 14 zur Veranschaulichung vergrößert sind. In einem anderen Beispiel können die Kabel 50 in einer Kabelmanagementpritsche 56 untergebracht sein, wie in Fig. 6 dargestellt. In beiden Beispielen von Figs. 5 und 6 gibt es Hohlräume 60 innerhalb des Kabelbündels 52 und innerhalb der Kabelmanagementpritsche 56, die als Speicher für unerwünschte Gase dienen können. Diese Ansammlungen unerwünschter Gase wirken sich negativ auf den Spülvorgang aus. Dementsprechend können dieselben Spülschläuche 14 mit Poren 16 entlang der gesamten Seitenwand in das Kabelbündel 52 und die Kabelmanagementpritsche 56 aufgenommen werden. Durch die Aufnahme der Spülschläuche 14 in das Kabelbündel 52, die Kabelmanagementpritsche 56 und andere begrenzte Räume kann das Spülgas leichter die Hohlräume 60 erreichen und unerwünschte Gase effektiver aus der Kammer spülen.

[0040] Ebenso können für die Kabel 52 in der Kammer 2 Kabelhaltevorrichtungen 62 und Balancer 64 erforderlich sein, die an der Kammerdecke 3 angebracht sind, um zu verhindern, dass die Kabel den Arbeitsbereich in der Kammer stören. In den Kabelhaltevorrichtungen 62 und Balancern 64 können sich jedoch unerwünschte Gase ansammeln, die sich negativ auf den Spülvorgang auswirken. Zur Verbesserung des Spülvorgangs können an den Kabelhaltevorrichtungen 62 und den Balancern 64 Öffnungen 66 vorgesehen sein. Diese Öffnungen 66 ermöglichen das Entweichen unerwünschter Gase aus dem Inneren der Kabelhaltevorrichtungen 62 und der Balancer 64. Darüber hinaus können Geräte innerhalb der Kammer, die ein Gehäuse oder eine Umhüllung haben, wie z. B. die Balancer 64, zusätzlich von einem Spülgaseinlass 68 profitieren, der an der Umhüllung vorgesehen ist. Ein solcher Spülgaseinlass 68 bietet einen Eintrittspunkt für das Spülgas in das Gehäuse. Obwohl in Fig. 7 nicht dargestellt, könnte ein Spülgasschlauch 14 an den Spülgaseinlass 68 angeschlossen werden.

[0041] Es versteht sich, dass eine Gaszufuhr- und Spülvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Vielzahl von Formen und Größen bereitgestellt werden kann. Während die vorstehende Beschreibung mehrerer beispielhafter Ausführungsformen zur Veranschaulichung und zum Verständnis der Erfindung dient, ist die Erfindung nicht auf die beispielhaften Ausführungsformen beschränkt, sondern kann in jeder gewünschten Form oder Anordnung bereitgestellt werden und gleichzeitig immer noch von der vorliegenden Erfindung umfasst sein. Auch wenn das Gaszufuhr- und Spülsystem und das Spülverfahren der vorliegenden Erfindung in Bezug auf eine additive Fertigungsverfahren beschrieben wurden, ist die Erfindung wiederum nicht darauf beschränkt und kann für die Zufuhr von Gas in jeder Art von Vorrichtung verwendet werden, die eine Gaszufuhr erfordert, insbesondere wenn es wichtig ist, dass das zugeführte Gas in einer laminaren oder im Wesentlichen laminaren Strömung zugeführt wird.

Patentansprüche

1. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung (4) für eine additive Fertigungskammer, umfassend: mindestens einen flexiblen Gasschlauch (14) mit einem Gaseinlass, der dazu eingerichtet ist, ein Gas aufzunehmen, einem Gasauslass, der dazu eingerichtet ist, das Gas aus dem Schlauch (14) austreten zu lassen, und einer Seitenwand, die eine Form des Schlauchs definiert; und eine Spülgasquelle (15), die mit dem mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch (14) wirkverbunden ist, um das Spülgas selektiv an den mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch (14) zu liefern, wobei der Gasauslass Poren (16) aufweist, die im Wesentlichen in einer gesamten Oberfläche der Seitenwand definiert sind, sodass das Gas durch die Poren (16) gelangt und dadurch der Kammer zugeführt wird.
2. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Poren (16) der Seitenwand des mindestens einen Gasschlauchs (14) in einer offenzelligen Konfiguration angeordnet sind, die dazu eingerichtet ist, das Entweichen des Gases über im Wesentlichen die gesamte Oberfläche der Seitenwand zu ermöglichen.
3. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Gasschlauch (14) ein flexibler Schlauch auf Polymerbasis ist.
4. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Gasschlauch (14) aus einem Gartensickerschlauchmaterial gebildet ist.
5. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Gasschlauch (14) eine Vielzahl von Abschnitten umfasst, die mit einem Einlassverteiler verbunden ist.
6. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Vielzahl von Schlauchabschnitten im Wesentlichen parallel zueinander und entlang einer Grundfläche (6) der additiven Fertigungskammer angeordnet ist.
7. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Vielzahl von Schlauchabschnitten in einer vertikal gestapelten Konfiguration angeordnet ist.
8. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Vielzahl von Schlauchabschnitten und der Einlassverteiler als Komponenten einer modularen Einheit bereitgestellt sind, die dazu eingerichtet ist, mit anderen modularen Einheiten wirkverbunden zu sein.
9. Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Gasschlauch (14) in einem Kabelbündel (52) und/oder einer Kabelmanagementpritsche (56) angeordnet ist.
10. Additives Fertigungssystem, umfassend: eine additive Fertigungskammer und die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 1.
11. Additives Fertigungssystem, umfassend:
eine additive Fertigungskammer;
die Gaszufuhr- und Spülvorrichtung nach Anspruch 1, die in der additiven Fertigungskammer vorgesehen ist; und
eine oder mehrere Zubehörkomponenten, die in der additiven Fertigungskammer angeordnet und mit Öffnungen versehen sind, die dazu eingerichtet sind, das Entweichen eines darin enthaltenen unerwünschten Gases beim Eintritt des Gases zu ermöglichen.
12. Verfahren zum Zuführen und Spülen unerwünschter Gase aus einer additiven Fertigungskammer, das die folgenden Schritte umfasst: Bereitstellen mindestens eines flexiblen Spülgasschlauchs (14) mit einem Spülgaseinlass, einem Spülgasauslass und einer Seitenwand, die eine Form des Schlauchs innerhalb einer additiven Fertigungskammer definiert; und Zuführen eines Spülgases in die additive Fertigungskammer durch den mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch (14), sodass das Spülgas andere Gase in der Kammer verdrängt und die anderen Gase aus der Kammer herausdrückt, wobei der Spülgasauslass Poren (16) aufweist, die im Wesentlichen in einer gesamten Oberfläche der Seitenwand definiert sind, sodass das Spülgas durch die Poren (16) in die Kammer gelangt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei in dem Schritt des Zuführens eines Spülgases in die additive Fertigungskammer durch den mindestens einen flexiblen Spülgasschlauch (14) das Spülgas so gesteuert wird, dass es in laminarer Strömung oder im Wesentlichen laminarer Strömung in die Kammer strömt.
14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Poren (16) der Seitenwand des mindestens einen Gasschlauchs (14) in einer offenzelligen Konfiguration angeordnet sind, die dazu eingerichtet ist, das Gas im Wesentlichen über die gesamte Oberfläche der Seitenwand entweichen zu lassen.
15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der mindestens eine Gasschlauch (14) ein flexibler Schlauch auf Polymerbasis ist.
16. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der mindestens eine Gasschlauch (14) aus einem Gartensickerschlauchmaterial gebildet ist.
17. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der mindestens eine Gasschlauch (14) eine Vielzahl von Abschnitten umfasst, die mit einem Einlassverteiler verbunden ist.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

1/6

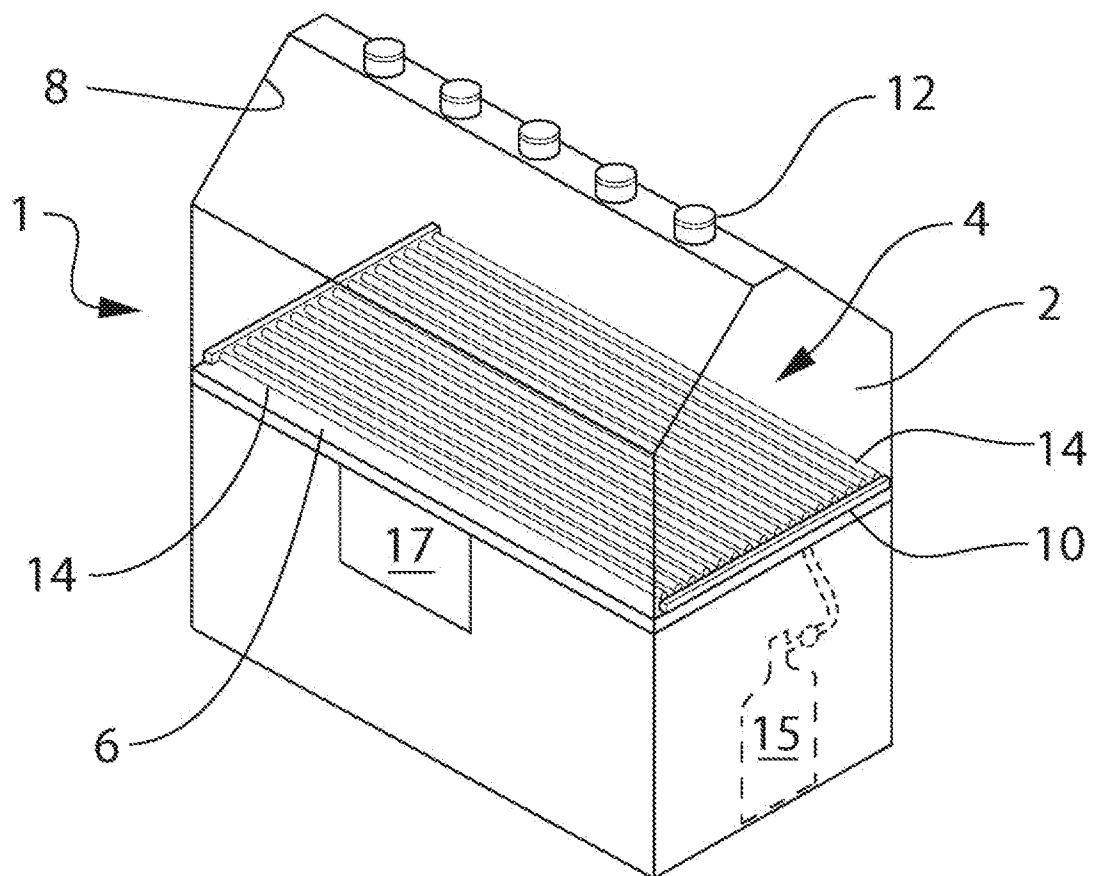


Fig. 1

2/6

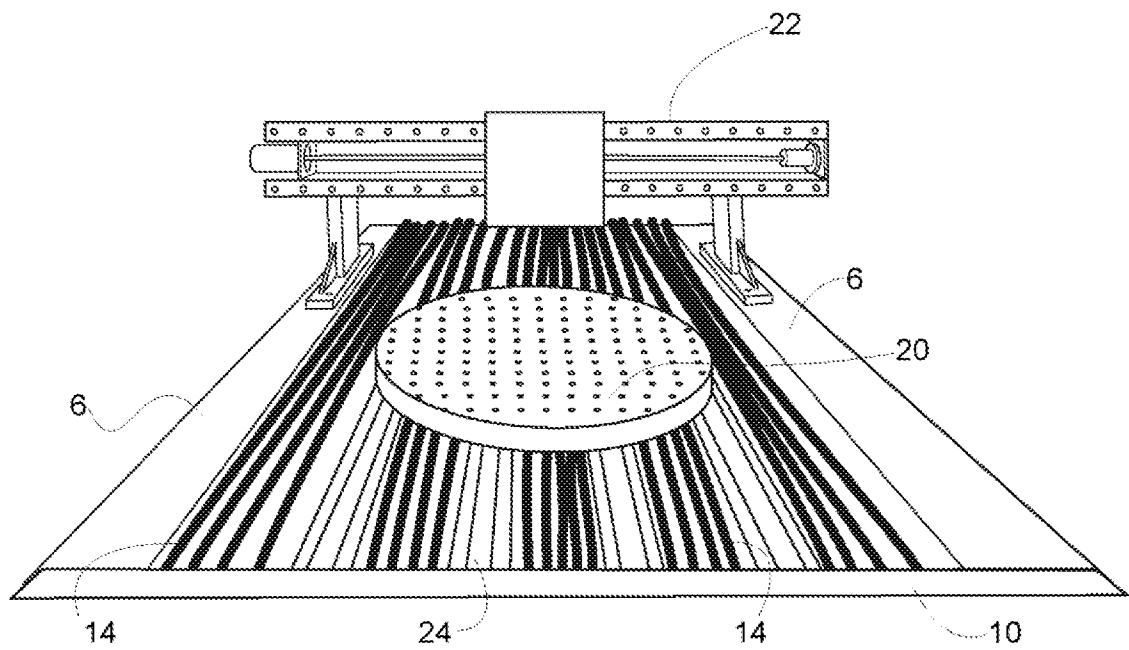
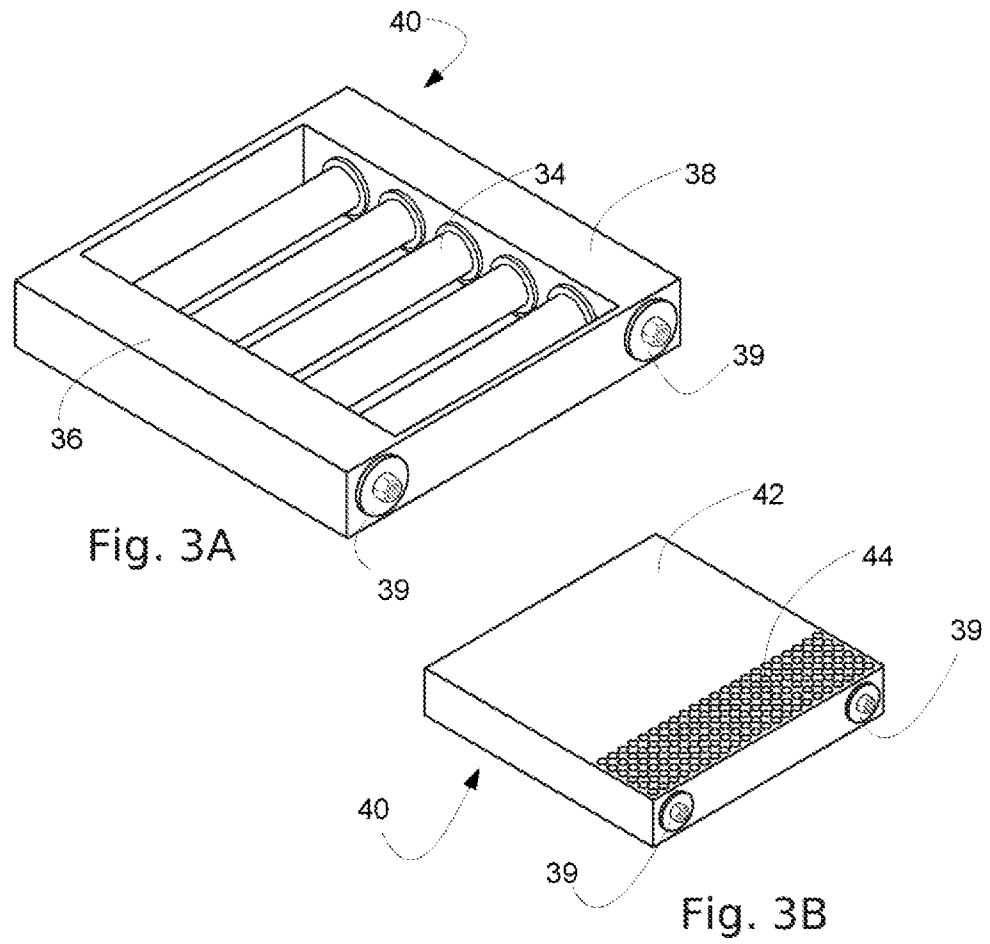


Fig. 2

3/6



4/6

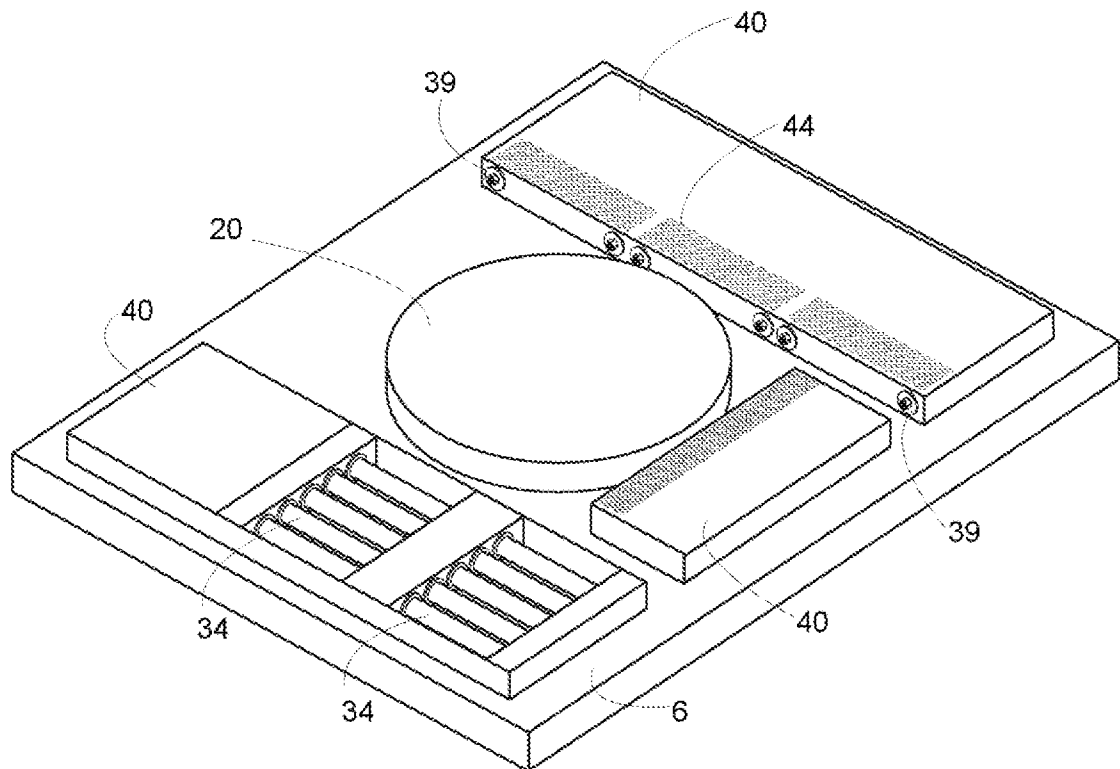


Fig. 4

5/6

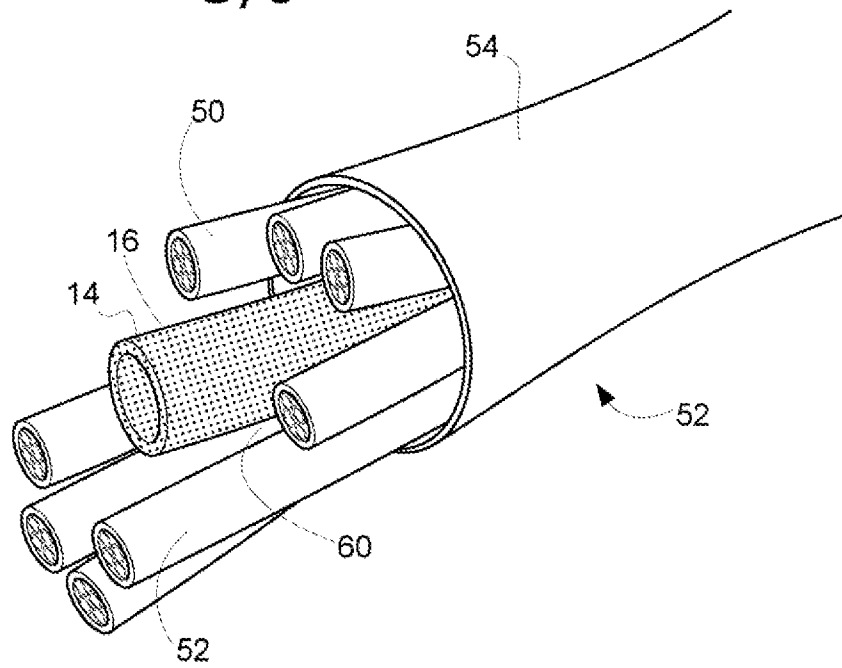


Fig. 5

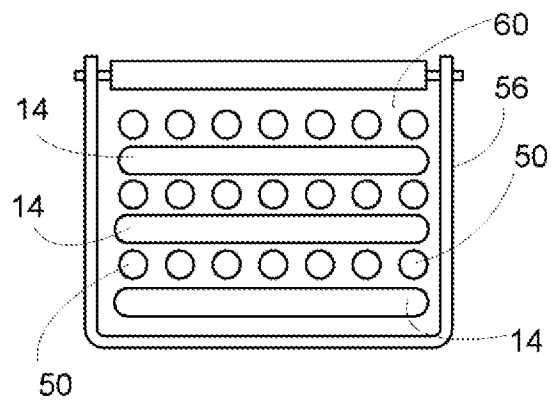


Fig. 6

6/6

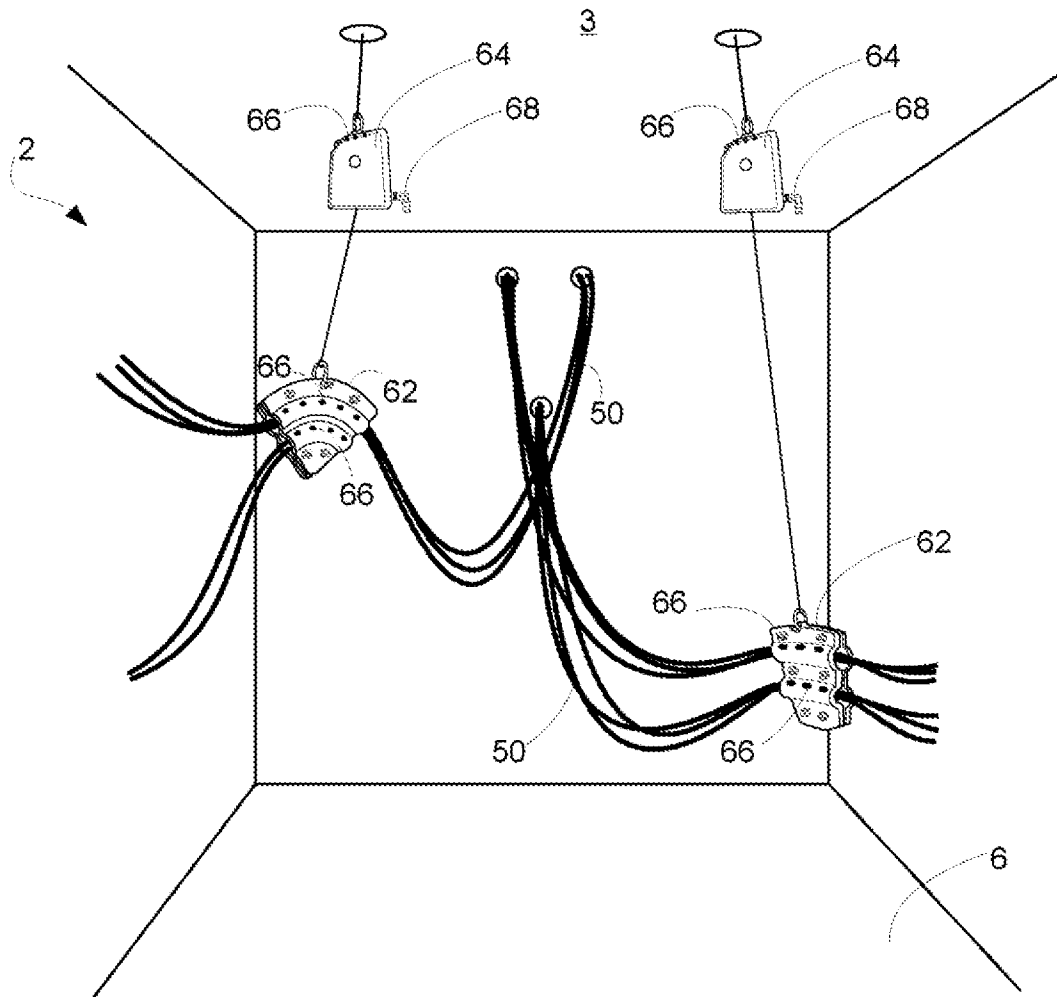


Fig. 7