



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 16 946 T3** 2006.08.24

(12) **Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 949 993 B2**

(51) Int Cl.⁸: **B29C 67/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 16 946.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/23922**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 953 459.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/028124**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.12.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **02.07.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.10.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.11.2002**

(97) Veröffentlichungstag

des geänderten Patents beim EPA: **25.01.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.08.2006**

(30) Unionspriorität:

771009 20.12.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

Z Corporation, Somerville, Mass., US

(72) Erfinder:

**RUSSELL, B., David, Southboro, US; ANDERSON,
Timothy, Cambridge, US; BREDT, F., James,
Watertown, US; VOGEL, J., Michael, Concord, US;
SEYMOUR, Martin, South Boston, US;
BORNHORST, J., Walter, Boston, US;
HATSOPOULOS, I., Marina, Boston, US**

(74) Vertreter:

Müller Schupfner, 21244 Buchholz

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes und Verfahren zum Bau einer Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes**

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes gemäß dem vorkennzeichnenden Teil von Anspruch 1 und ein Verfahren zum Bau einer Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] "Rasche Prototyperstellung" beschreibt verschiedene Techniken zur Herstellung eines dreidimensionalen Prototyps eines Objektes aus einem Computermodell des Objektes. Ein Verfahren ist dreidimensionales Drucken, wobei ein Spezialdrucker verwendet wird, um den Prototyp aus einer Vielzahl von zweidimensionalen Schichten herzustellen. Insbesondere wird eine digitale Repräsentation eines 3-D Objektes in einem Computerspeicher gespeichert. Computersoftware schneidet die Darstellung des Objektes in eine Vielzahl einzelner 2-D Schichten. Ein 3-D Drucker erzeugt dann eine Materialschicht für jede von der Software geschnittene Schicht. Zusammen bilden die verschiedenen hergestellten Schichten den gewünschten Prototyp.

[0003] In einem dreidimensionalen Druckverfahren werden Schichten eines Pulvermaterials in einem begrenzten Bereich abgeschieden. Eine Binderlösung wird selektiv auf jeder Schicht abgeschieden, um Gebiete mit gebundenem Pulver zu erzeugen. Das ungebundene Pulver wird dann entfernt, um ein dreidimensionales Teil zu erhalten.

[0004] Verschiedene Mechanismen wurden bisher zum Formen und Drucken auf den Schichten des Aufbaumaterials verwendet. WO95/34468 beschreibt eine Vorrichtung, welche für die Pulverhandhabung in einem schichtenweisen additiven Herstellungsprozeß, wie z.B. bei einem dreidimensionalen Drucken (3DP) oder bei einer selektiven Lasersinterung (SLS) verwendet wird, die eine Vorrichtung zum Verteilen von losem Pulver so aufweist, daß es leicht in eine Folge dünner Schichten verteilt werden kann, um das lose Pulver so zu transportieren, daß es die Verteilungsvorrichtung füllt, und ferner zum Sammeln von überschüssigen verteilten Pulver, welches nicht in diese Schichten eingebaut ist. Der Verteiler funktioniert durch Anlegen einer Hochfrequenzschwingung an ein mit Pulver gefülltes Gehäuse, dessen Bodenfläche perforiert ist. Es wird durch einen Trichter über sich selbst mit einem Pulver aus einem Zuführungsbehälter unter Anwendung von Vakuum gefüllt. Zum Schluß fällt überschüssiges Pulver in eine Rinne und wird daraus durch eine Staubsaugervorrichtung entfernt, nachdem eine Dichtung auf der Rinne geschlossen wurde.

[0005] EP 0 431 924 A beschreibt einen Prozeß zur Herstellung einer Komponente durch (A) Abscheiden

einer ersten Schicht eines Pulvermaterials in einer begrenzten Gebiet, und dann (B) Abscheiden eines Bindermaterials in ausgewählten Gebieten der Schicht des Pulvermaterials, um eine Schicht eines gebundenen Pulvermaterials bei den ausgewählten Gebieten zu erzeugen. Derartige Schritte werden eine ausgewählte Anzahl von Malen wiederholt, um aufeinanderfolgende Schichten ausgewählter Gebiete eines gebundenen Pulvermaterials (C) so zu erzeugen, daß die gewünschte Komponente (D) geformt wird. Das ungebundene Pulvermaterial wird dann entfernt (E). In einigen Fällen kann die Komponente weiter verarbeitet werden, wie z.B. durch Erwärmung, um deren Bindung weiter zu festigen.

[0006] WO96/26446 beschreibt ein Verfahren zum Erzeugen dreidimensionaler Körper, wie zum Beispiel von Modellen, Formen, Fertigprodukten, Halbfertigprodukten u.a. aus einem Medium, welche aus Partikeln bestehen, indem eine Anzahl von Querschnittsschichten erzeugt wird und jede einzelne einen Querschnitt eines Objektes repräsentiert, das herzustellen ist, wodurch mittels einer Energie erzeugenden Vorrichtung, welche sich über das Medium bewegt, die Partikel in der gerade dann obersten Schicht, in ausgewählten Bereichen wenigstens miteinander oder miteinander und mit einer vorhergehenden Schicht gemäß Signalen aus einer Steuereinheit verbunden werden. Partikel, die in der entsprechenden Schicht nicht verbunden werden, werden entfernt. Die Energie erzeugende Vorrichtung, welche wenigstens eine Elektrode aufweist, bildet einen der Pole eines Schaltkreises, während der andere Pol durch das Medium gebildet wird, welches elektrisch leitend oder halbleitend ist, wenn diese Pole wenigstens mit einer Spannungsquelle verbunden sind, wodurch Energiewellen zwischen der Elektrode und dem Medium erzeugt werden, beispielsweise in der Form wenigstens eines elektrischen Lichtbogens oder von Wärme, welche die Materialpartikel des Mediums verbindet, indem die physikalischen Eigenschaften der Partikel in dem ausgewählten Bereich verändert werden.

[0007] WO94/19112 beschreibt ein System zum Erzeugen dreidimensionaler Komponenten durch Verbinden aufeinander folgender Schichten eines porösen Materials mit Tröpfchen eines Bindermaterials. Ein Binderdruckkopf weist eine Anordnung von Düsen auf, welche steuerbar Strahlen von Bindermaterialtröpfchen auf die Schichten des porösen Materials liefern. Der Druckkopf wird in einer Rasterabtastungsart über jede Schicht des porösen Materials entlang einer ersten Abtastachse in einer Richtung geführt, um erste Abtastpfade von Tröpfchen zu erzeugen. Der Druckkopf wird dann seitlich in einer derartigen Richtung bewegt und wird dann entlang der schnellen Abtastachse in der entgegengesetzten Richtung geführt, um zweite schnelle Abtastpfade von Tröpfchen zu erzeugen, welche mit den ersten

Abtastpfaden verschachtelt sind. Die Zuführung der Tröpfchen zu dem porösen Material kann so gesteuert werden, daß deren Überlappung gesteuert wird, um verschiedene gewünschte Oberflächen- und Inneneigenschaften der Komponenten zu erzeugen.

[0008] DE44 17 083 beschreibt eine Beschichtungsvorrichtung für eine stereographische Einrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes, die einen Hauptbehälter für einen Überlaufbehälter aufweist. Beide Behälter sind durch eine Überlaufkante getrennt. Diese Kante legt den Pegel des Fluidpolymers in den Hauptbehälter fest. Überlaufendes Fluid wird durch ein Rohr mit einer Rohrpumpe abgesaugt. Das abgesaugte Fluid wird der Polymeroberfläche oder dem Teil, welches durch eine Verteilungseinrichtung zu erzeugen ist, welches als eine Aufbringevorrichtung einerseits und als ein Glättungselement andererseits dient, wieder zugeführt. Während dieses geschieht, bewegt sich die Verteilungseinrichtung Ebenenparallel zu der Oberfläche des Polymers. Überschüssiges Fluid fließt in den Überlaufbehälter zurück, womit wird der Zyklus abgeschlossen ist. Die Dicke der aufgetragenen Beschichtung wird von der von der Pumpe gelieferten Menge oder alternativ von der Geschwindigkeit der Verteilungseinrichtung bestimmt.

[0009] WO92/08592 beschreibt eine Vorrichtung zur Herstellung von Teilen durch selektives Lasersintern, welche eine Leiteinrichtung zum Führen von Gas auf die Zieloberfläche aufweist. Das Gas wird bevorzugt in der Temperatur gesteuert, um durch Konvektion eine Schicht von wärmeschmelzbarem Pulver, nachdem es selektiv lasergesintert wurde, auf die Temperatur des in vorhergehenden Lagen hergestellten Teils zu kühlen. Die Kühlung erfolgt bevorzugt vor der Aufbringung der nächsten Pulverschicht. Die Leiteinrichtung führt einen Gasstrom auf die Mitte der Zieloberfläche und Auslaßanschlüsse sind auf mehreren Seiten der Zieloberfläche vorgesehen, so daß die Gasströmung im wesentlichen symmetrisch an der Zieloberfläche ist. Eine Ringabzugshaube kann über der Zieloberfläche aufgehängt sein, so daß sich eine gleichmäßige Gasströmung ergibt, und so daß Pulver über der Zieloberfläche mittels einer gegenläufigen Rolle aufgebracht werden kann. Die Haube kann das Gas direkt auf die Zieloberfläche führen, oder kann so konstruiert sein, daß das Gas spiralförmig auf die Zieloberfläche in Zyklonart auftrifft; weitere alternative Leiteinrichtungen können dazu verwendet werden, das Gas auf die Zieloberfläche in einer nicht gleichmäßigen Art, einschließlich turbulenter und beliebiger Strömungsmuster aufzubringen.

[0010] WO-A-95/34468 offenbart eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Die vorliegende Erfindung ist in einem ersten Aspekt durch die Merkmale des kennzeichnenden Abschnittes von An-

spruch 1 gekennzeichnet. Die vorliegende Erfindung ist in einem zweiten Aspekt ein Verfahren für den Bau einer solchen Vorrichtung, wie sie in Anspruch 15 beansprucht wird. Spezifische Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0011] Aufbaumaterial ist in dem Zuführungsbehälter in einer Pulverform gelagert und wird nach Bedarf zum Aufbauen des dreidimensionalen Objektes entnommen. Der Aufbau ist nimmt eine inkrementelle Abscheidung des aus dem Zuführungsbehälter übertragenen Aufbaupulvers auf. Das Aufbaupulver reagiert mit einem aufbringbaren Binder, um eine festes Gebiet auszubilden. Überschüssiges Aufbaupulver, welches nicht auf dem Aufbau auf abgeschieden wird, wird bei einem Überlaufhohlraum aufgenommen. Während der Herstellung wird auch in der Luft schwebendes (airborne) Material in dem Arbeitsbereich erzeugt.

[0012] Ein die Vakuumpumpe und einen Filter umfassendes Filtrationssystem ist bevorzugt mit dem Überlaufhohlraum verbunden und entfernt das überschüssige Aufbaupulver aus dem Überlaufhohlraum. Das Filtrationssystem kann auch ein Entfeuchtungselement enthalten, um überschüssige Feuchtigkeit aus der Luft zu entfernen. Das Filtrationssystem kann Luft aus dem Überlaufhohlraum während des Betriebs des Druckers ziehen. Der Benutzer kann wahlweise die Absaugung auf einen Einlaß umschalten, so daß sie als ein bewegbarer, Miniaturstaubsauger arbeitet.

[0013] Das Filtrationssystem führt bevorzugt die gefilterte, entfeuchtete Luft aus dem Arbeitsbereich in einen Reinbereich des Druckers zurück. Der Reinbereich kann Elektronik und weitere Gerätetechnik enthalten, welche durch das in der Luft schwebende Aufbaumaterial beschädigt werden kann. Eine Teilabdichtung kann den Arbeitsbereich von dem Reinbereich abtrennen und eine mechanische Kopplung kann sich durch die Teilabdichtung hindurch erstrecken, um die Herstellungsbaugruppe zu betreiben. Eine positive Druckdifferenz trägt dazu bei, das in der Luft schwebende Pulver aus dem Reinbereich heraus zu halten.

[0014] Binderflüssigkeit wird bevorzugt über ein bewegliches Portal aufgebracht, welches über dem Zuführungsbehälter, dem Aufbau und dem Überlaufhohlraum aufgebaut ist. Das Portal kann auch eine Verteilungseinrichtung zum Übertragen von Aufbaumaterial aus dem Zuführungsbehälter zu dem Aufbau zum Erzeugen inkrementeller Schichten enthalten. Das Portal kann Binderdüsen in wenigstens einer Binderkassette enthalten, wobei jede Binderdüse mit einem Bindervorrat verbunden ist, um selektiv Binder auf den Schichten des Aufbaumaterials abzuscheiden.

[0015] Verschiedene Bindervolumina können auf ausgewählten Abschnitten in den Schichten des Aufbaumaterials aufgebracht werden. Durch Aufbringen dieser verschiedenen Mengen an Binder kann die Festigkeit des Teils gesteuert werden. Insbesondere wird ein größeres Bindervolumen an dem Umfang des Querschnittes abgeschieden, um eine härtere Außenschale zu erzeugen. Variierende Volumina können durch Variieren der Durchflußrate des Binders aus den Düsen oder durch Abscheiden des Binders in einer variablen Anzahl von Malen an einer ausgewählten Position abgeschieden werden.

[0016] Der Binder kann Farbstoffe enthalten. Tropfen des Binders und der Farbstoffe werden selektiv auf einer Schicht eines Aufbaumaterials abgeschieden, um ein mehrfarbiges Objekt zu erzeugen. Insbesondere werden die Farbstoffe selektiv abgeschieden, um die Außenseitenoberfläche des Objektes zu färben. Der Binder selbst kann ungefärbt sein oder mit den Farben kombiniert sein.

[0017] Während des Betriebs können die Binderdüsen durch ein Gemisch Schmutz verstopft werden, der Binder und Aufbaumaterial enthält. Eine Reinigungsanordnung auf dem Portal kann eine Wischmembrane enthalten, um Aufbaumaterial und anderen Schmutz von den Binderdüsen zu entfernen. Insbesondere kann ein Wischelement in einem Pfad von den Binderdüsen aus vorgesehen sein. Die Binderdüsen werden periodisch so gelenkt, daß sie sich quer zu dem Wischerelement bewegen, so daß das Wischerelement Rückstände von den Düsen entfernen kann. Das Wischelement kann gereinigt werden, indem Bindermaterial aus den Düsen über das Wischerelement zum Reinigen des Wischelementes fließt. Die sich ergebende Abfallflüssigkeit kann zur Entsorgung in einem Abfallbehälter gesammelt werden.

[0018] Aus einer Anzahl von Gründen, einschließlich Verstopfung und Fehlausrichtung kann eine spezifische Binderdüse in einer Druckkassette defekt sein. Die defekte Düse kann eine unerwünschte Delaminationslinie in jeder Schicht des Aufbaumaterials erzeugen. Die Binderdüsen können über einen festen Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Schichten verschoben werden. Diese Verschiebung erzeugt eine Diskontinuität zwischen den Delaminationslinien. Dieser Schichtungseffekt wird durch seitliches Verschieben der Binderdüsen in Bezug auf die Richtung einer Druckabtastung erzeugt.

[0019] Der Zuführungsbehälter und die Aufbaukammer können aus einem einheitlichen Material hergestellte Kolbenkästen sein. Die Kolbenkästen enthalten Seiten, welche jede benachbarte Seite mit einer gekrümmten Innenecke verbinden. Ein Kolben ist so gewählt, daß er eine Form aufweist, welche zu der Innenform des Kastens komplementär ist. Eine Dich-

tung ist zwischen den Außenrändern des Kolbens und der Innenoberfläche des Kastens vorgesehen, um das Aufbaumaterial über dem Kolben zu halten. Bevorzugt wird der Kasten durch Formung eines flexiblen Metallbandes aufgebaut, um eine glatte Innenoberfläche auszubilden. Die gekrümmten Innenecken werden durch Wickeln des Bandes um mehrere Stäbe geformt, um die Ecken zu definieren. Das Band wird dann in seiner Lage durch ein Volumen gehärtetes Urethan fixiert und die Stäbe werden entfernt, um einen Kolbenkasten mit einer glatten Innenoberfläche bereit zu stellen.

[0020] Die vorstehenden und weiteren Merkmale von Ausführungsformen der Erfindung einschließlich verschiedener neuer Details für den Aufbau und die Kombination von Teilen werden insbesondere unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben und in den Ansprüchen ausgeführt. Es dürfte sich verstehen, daß das spezifischen Verfahren und die Vorrichtung für die Prototypherstellung eines dreidimensionalen Objektes, welche die Erfindung verkörpern, nur zur Veranschaulichung und nicht als Einschränkung der Erfindung dargestellt werden. Das Prinzip und die Merkmale dieser Erfindung können in verschiedenen und zahlreichen Ausführungsformen ohne Abweichung von dem Schutzbereich der Erfindung verkörpert werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung einer Vorrichtung für eine rasche Prototyperstellung gemäß der Erfindung.

[0022] [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Darstellung der Grundelemente für die Regulierung des Luftstroms durch den dreidimensionalen Drucker.

[0023] [Fig. 3](#) ist eine Oberseitenansicht des dreidimensionalen erfindungsgemäßen Druckers.

[0024] [Fig. 4](#) ist eine detaillierte Oberseitenansicht eines Druckportals, das in der vorliegenden Erfindung nützlich ist.

[0025] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) sind schematische Darstellungen eines Prozesses zur Steuerung eines Druckmediums, das in der vorliegenden Erfindung nützlich ist.

[0026] [Fig. 6](#) ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Vorrichtung, welche mehrerer Binderkassetten verwendet.

[0027] [Fig. 7](#) ist eine schematische Darstellung einer weiteren bevorzugten Vorrichtung, welche mehrere Binderkassetten verwendet.

[0028] [Fig. 8](#) ist eine schematische Darstellung

noch einer weiteren bevorzugten Vorrichtung, welche mehrere Binderkassetten verwendet.

[0029] [Fig. 9](#) ist eine schematische Darstellung einer Binderkassette mit einer defekten Binderdüse.

[0030] [Fig. 10](#) ist eine schematische Darstellung eines bevorzugten Verfahrens zum Drucken von zwei Schichten mit einer defekten Binderdüse.

[0031] [Fig. 11](#) ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Technik zur Herstellung des Zuführungsbehälters **24** und der Aufbaukammer **26**.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFIN- DUNG

[0032] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung einer Vorrichtung für eine rasche Prototyperstellung gemäß der Erfindung. Gemäß Darstellung sind ein Computer **1**, ein dreidimensionaler Drucker **3**, ein geformtes 3-D Druckerobjekt **5**, ein Nachverarbeitungssystem **7** und ein nachverarbeitetes 3-D Prototypobjekt **9** vorhanden.

[0033] Der Computer **1** ist bevorzugt ein Personalcomputer, entweder ein Desktopcomputer oder ein tragbarer Computer. Der Computer **1** kann ein allein-stehender Computer oder Teil eines lokalen Netzes (LAN) oder eines Fernnetzes (WAN) sein. Gemäß der Erfindung enthält der Computer **1** eine Softwareanwendung **12**, wie z.B. ein Computer-unterstütztes Konstruktions-(CAD)/Computer-unterstütztes Fertigungs-(CAM)-Programm. Das CAD/CAM-Programm **12** manipuliert digitale Repräsentationen eines dreidimensionalen Objektes **17**, das in einem Datenspeicherbereich **15** gespeichert ist. Das CAD/CAM-Programm **12** kann Repräsentationen **17** erzeugen, modifizieren und die gespeicherten Repräsentationen herausholen. Wenn der Benutzer ein Prototypobjekt **9** der gespeicherten Objektrepräsentation **17** herstellen möchte, exportiert der Benutzer die gespeicherte Darstellung zu einem Softwareprogramm **18** höherer Ebene. Von dem Programm **18** höherer Ebene aus weist der Benutzer dann das Programm **18** zum Ausdrucken an. Das Programm **18** schneidet die digitale Darstellung **17** in eine Vielzahl diskreter zweidimensionaler Schichten, wobei jede eine vorbestimmte Dicke besitzt.

[0034] Das Programm **18** druckt jede Schicht durch Senden von Instruktionen höherer Ebene an die Steuerelektronik **52** in den Drucker **3**, welche den dreidimensionalen Drucker **3** betreibt. Alternativ kann die digitale Darstellung des Objektes **17** direkt von einem Computer-lesbaren Medium (z.B. einer magnetischen oder optischen Platte) durch die Druckerhardware gelesen werden. Der dreidimensionale Drucker **3** enthält einen Schmutzbereich **20**, in wel-

chem der Druckvorgang durchgeführt wird und einen Reinbereich **50**, in welchem die Steuerelektronik **52** untergebracht ist.

[0035] Der dreidimensionale Drucker **3** verwendet eine Tintenstrahltyp-Druckkassette, um Binderlösung aus den Tintendüsen auf aufeinanderfolgende Schichten eines pulverförmigen Aufbaumaterials abzuscheiden, wie es beispielsweise in der U.S. Patentanmeldung Ser. Nr. 08/707,693, eingereicht am 4. November 1996, dessen Lehren hierin durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit enthalten sind, offenbart ist. Dort wo sich der Binder mit dem Aufbaupulver vereint, reagiert das Pulver und härtet in eine feste Struktur aus. Durch Steuerung der Plazierung der Bindertröpfchen aus diesen Binderdüsen, kann die feste Struktur der 2-D Querschnitte physikalisch reproduziert werden. Der dreidimensionale Drucker **3** erzeugt eine physikalische Schicht für jede von dem Programm **18** bereitgestellte geschnittene Schicht. Wenn die Datei vollständig gedruckt worden ist, ist ein unfertiges dreidimensionales Teil **5** geformt. Weitere Details für die Bindung eines Pulvers zum Erzeugen eines Objektes sind in den U.S. Patenten Nr. 5,340,656 für Sachs et al. und 5,381,380 für Cima et al. offenbart, deren Lehren hierin durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit enthalten sind.

[0036] Das Nachverarbeitungssystem **7** ist typischerweise zur Fertigstellung des Prototypobjektes **9** aus dem gedruckten Teil **5** erforderlich. Verschiedene Fertigstellungsoptionen sind abhängig von dem zu erzielenden Ergebnis verfügbar. Bevorzugte Optionen werden nachstehend detaillierter beschrieben.

LUFTSTRÖMUNG

[0037] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann Luft durch die Maschine gepumpt werden, um eine feuchtigkeitsgeregelter Umgebung aufrecht zu erhalten und um eine Vielzahl von Problemen zu lösen. Eines der durch die Erfindung angegangenen Hauptprobleme ist das von in der Luft schwebendem Pulver, welches Zuverlässigkeitsprobleme bewirken kann. In der Luft schwebendes Pulver kann in die Binderdüsen geraten und dadurch deren Verstopfung bewirken und das Drucken behindern. Ferner kann das Pulver auch die Druckelektronik und andere empfindliche Hardware beschädigen. Schließlich kann loses Pulver in die Umwelt freigesetzt werden, wenn ein den Drucker abdeckender oberer Verschluss offen ist, und dadurch eine Belästigung für den Benutzer bewirken.

[0038] [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Ansicht des bevorzugten Luftströmungssystems für den dreidimensionalen Drucker **3**. Gemäß Darstellung enthält der dreidimensionale Drucker **3** eine Oberseite **22** mit einer Vielzahl vertiefter Hohlräume. Entlang der x-Achse sind ein rechteckiger Zuführungsbehälter

24, mit einem Bodenzuführungskolben **25**, eine rechteckige Aufbaukammer **26** mit einem Bodenaufbaukolben, welcher einen Aufbautisch **27** definiert, und ein trichterförmiger Überlaufhohlraum **28** dargestellt. Obwohl sie auf der Zeichnung zur Vereinfachung weggelassen ist, ist eine Dichtung an den Kolben **25**, **27** befestigt und gegenüber den Innenwänden der Kolbenkästen **24**, **26** verschiebbar. Obwohl es ebenfalls nicht dargestellt ist, trennt eine Oberseitenabdeckung den Druckbereich von der Außenumgebung.

[0039] Der Überlaufhohlraum **28** ist mit einem Luftfiltrations- und Behandlungssystem **30** verbunden. Eine Vakuumpumpe **34** saugt Luft aus dem Überlaufhohlraum **28** durch einen Einstromkanal **31** in eine Filterkammer **32**. Fremdmaterie wird aus der Luft durch die Filterkammer **32** beispielsweise durch einen Sammelbeutel und eine Filteranordnung extrahiert. Die gefilterte Luft aus der Vakuumpumpe **34** wird durch einen Filterkanal **35** einer Entfeuchtungskassette **36** zur Kontrolle der Feuchtigkeit der gefilterten Luft zugeführt. Die entfeuchtete gefilterte Luft wird durch einen Ausströmungskanal **37** einem Auslaß zugeführt, welcher in den Reinbereich **50** führt.

[0040] Zusätzlich zu der Erfassung von überschüssigem Pulver reduziert die Luftströmung durch den Überlaufhohlraum **28** die Menge des in der Luft schwebenden Pulvers, um die Maschinenzuverlässigkeit und Benutzerzufriedenheit zu ermöglichen.

[0041] Der Luftstrom durch den Überlaufhohlraum **28** kann von dem Benutzer durch Drücken einer Taste oder Betätigung eines (nicht dargestellten) Schalters ausgeschaltet werden, welcher ein Ventil **39** verschließt. Die Absaugung wird auf ein alternatives Einlaßrohr **31'** umgeschaltet, welches an einem Einlaß **38** endet, welcher verlängert werden kann und von dem Benutzer als ein Miniaturstaubsauger verwendet werden kann, um überschüssiges, nicht gebundenes Pulver von innerhalb und um die Aufbaukammer **26** herum abzusaugen, sobald der Aufbau des Teils **5** fertig ist. Um diesen Reinigungsvorgang zu ermöglichen, weist das alternative Einlaßrohr **31'** einen kleineren Durchmesser als das Einlaßrohr **31** auf, so daß die Luftströmung automatisch zu einer wesentlich höheren Geschwindigkeit übergeht, wenn dieser Miniaturstaubsauger **38** verwendet wird. Der Luftstrom kehrt zu seinem niedrigeren Pegel zurück, wenn der Benutzer das Ventil **39** zurückschaltet, um die Strömung aus dem Überlaufhohlraum **38** zu erzeugen. Bevorzugt schaltet das Ventil **39** automatisch auf den Überlaufhohlraum **28**, wenn der Aufbau wieder beginnt.

[0042] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht auf den dreidimensionalen Drucker **3** von [Fig. 1](#). Detaillierter sind der Schmutzbereich **20** und der hintere Reinbereich **50** dargestellt, wobei beide Deckel entfernt sind. Die

Oberseite **22** enthält zusätzlich zu den drei Kästen **24**, **26**, **28** einen nachstehend diskutierten Abtragsabschnitt **29**. Ein Druckportal **40** ist über der Oberseite **22** mittels einer Armanordnung **55** aufgehängt, die mit einer Führungsbahn **57** und einer Lagerungsstange **23** verbunden ist. Während des Betriebs bewegt sich der Arm entlang der x-Achse der Führungsbahn **57** und der Lagerungsstange **23**, um das Portal **40** zu bewegen.

[0043] Der Schmutzbereich **20** ist von dem Reinbereich **50** durch eine Gleitdichtung **90** getrennt, über welche sich die Armanordnung **55** hinweg erstreckt. Die Gleitdichtung kann ein in einer Kunststoffolie ausgebildeter Schlitz sein. Die Betriebselektronik **52** ist in dem Reinbereich **50** untergebracht. Aufgrund eines Druckunterschiedes zwischen dem Schmutzbereich **20** und dem Reinbereich **50** strömt die Luft aus dem Reinbereich **50** durch die Gleitdichtung **90** in den Schmutzbereich **20**. Diese positive Druckdifferenz wird aufrecht erhalten, um die Pulverpartikel und Staub aus dem Reinbereich **50** heraus zu halten. Diese Luftströmung in den Reinbereich **50** aus dem Luftströmungssystem **30** trägt auch zum Kühlen der Elektronik **52** bei.

[0044] Gemäß Darstellung enthält das Portal **40** einen Druckschlitz **42**, welcher einen bedruckbaren Bereich definiert, und eine Binderkassette **45**. Die Binderkassette **45** bewegt sich in der y-Achse entlang der Druckführungsbahn **46**. Während des Druckens ist die y-Achse eine schnellere Druckachse als die x-Achse der Portalbewegung. Das Portal **40** enthält bevorzugt wenigstens eine Tintenstrahldruckkassette **45**, wovon jede eine Vielzahl von Binderdüsen für die Abscheidung einer Binderflüssigkeit aufweist. Die Binderdüsen empfangen Binderlösung aus einem Bindervorratsbehälter **75** ([Fig. 2](#)) über wenigstens einen Binderkanal **77**. Ferner ist eine Verteilungsrolle **48** zur Verteilung von Aufbaupulver aus dem Zuführungsbehälter **24** in der Aufbaukammer **26** dargestellt.

[0045] [Fig. 4](#) ist eine vergrößerte schematische Darstellung des Druckportals **40** von [Fig. 3](#). Dargestellt ist eine Reihe von Binderdüsen **47** in der Kassette **45**. Enthalten ist ein Düsenabstreifer **43**, beispielsweise eine flexible Gummiklinge, welche einen Rückstand von den Binderdüsen **47** während jedem Hin- und Herbewegungszyklus entfernt. Ferner ist ein Gehäuse **44** über dem Abtastbereich der Druckerkassette **45** dargestellt. Die Rolle **48** ist von zwei Pflugelementen **49** flankiert, welche zusammenwirken, um eine Akkumulation von überschüssigen Druckmedium von den Rändern des Zuführungsbehälters **24** und dem Aufbauhohlraum **26** zu verhindern, wie es nachstehend detaillierter beschrieben wird.

[0046] Luft strömt auch aus dem Reinraum **50** in das Kassettengehäuse **44** durch ein Luftrohr **58**. Eine

positive Luftströmung kann durch die Druckdifferenz zwischen dem Reinbereich **50** und dem Schmutzbereich **20** angepaßt werden, obwohl ein auf dem Reinbereich **50** Lüfter platzierter **59** dazu verwendet werden kann, den Luftstrom aus dem Kassettengehäuse **44** zu unterstützen, um einen positiven Druck zu erzeugen, um dadurch das Eintreten von Pulver in das Gehäuse **44** zu verhindern. Dieses verhindert, daß in der Luft schwebendes Pulver, das sich aus dem Aufprall des das Pulver treffenden flüssigen Binders ergibt, in die Binderdüsen wandert und dadurch diese verstopft.

DRUCKVORGANG

[0047] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) sind schematische Darstellungen, welche einen bevorzugten Prozeß für die Handhabung des Aufbaupulvers darstellen. Dargestellt sind der Zuführungsbehälter **24**, die Aufbaukammer **26** und der Überlaufhohlraum **28**, die in die Oberseite **22** eingelassen sind. Eine Zuführung des Aufbaupulvers **60** wird in dem Zuführungsbehälter **24** durch den bewegbaren Zuführungskolben **25** unterstützt und der Aufbautisch **27** ist innerhalb der Aufbaukammer **28** dargestellt. Wie im Fachgebiet bekannt, bewegt sich der Zuführungskolben **25** während des Betriebs inkrementell in der Z-Achse aufwärts, während sich der Aufbautisch **27** in der Z-Achse inkrementell abwärts bewegt. Eine konstante Luftströmung nach unten in den Überlaufhohlraum **28** wird durch die Vakuumpumpe **34** ([Fig. 2](#)) erzeugt.

[0048] Gemäß [Fig. 5A](#) ist der Boden **25** des Zuführungsbehälters **24** so positioniert, daß eine ausreichende Menge **62** an Aufbaumaterial **60** für eine Schicht über den Zuführungsbehälter **24** hinausragt. Der Aufbautisch **27** ist auf einer spezifischen Tiefe positioniert, um eine erste Schicht des Aufbaumaterials aufzunehmen. Bevorzugt wird der Aufbautisch **27** inkrementell abgesenkt, um eine Vielzahl aufeinanderfolgender Aufbauschichten zu erzeugen, wovon jede etwa 0,127–0,228 mm (5 bis 9 mil) oder weniger dick ist.

[0049] Gemäß [Fig. 5B](#) wird die Rolle gegen ihre Vorwärtsrichtung gedreht, so daß sie die Menge des Aufbaumaterials **62** nach vorne zu der Aufbaukammer **26** schiebt. Gemäß Darstellung in [Fig. 5C](#) quert die Rolle **48** weiter die Aufbaukammer **26**, um eine begrenzte Schicht aus Aufbaumaterial **64** auf dem Aufbautisch **27** zu erzeugen. Um sicherzustellen, daß eine vollständige Aufbauschicht auf dem Aufbautisch **27** abgeschieden wird, wird eine überschüssige Menge an Aufbaumaterial **60** von dem Zuführungsbehälter **24** bereitgestellt und entfernt. Dieses überschüssige Aufbaumaterial **66** wird von Rolle **48** den überschüssigen Aufbaumaterial **66** wird von der Rolle **48** in den Überlaufhohlraum **28** gebracht, wenn die Luftströmung die Partikel zu dem Filtrierungssystem **30** transportiert ([Fig. 2](#)).

[0050] Wenigstens ein Teil des Portals **40** passiert auch den Überlaufhohlraum **28**, um den Schmutz von der Unterseite des Portals **40** zu entfernen. Eine verkrustete Schicht wird typischerweise an der vorderen Unterseite des Portals als eine Folge von in der Luft schwebendem Pulver, der sich mit dem Bindermaterial mischt, erzeugt. Diese Schicht wird mit der Zeit tendenziell dick und schleift an dem Pulverbett unter Erzeugung von Vertiefungen auf der obersten Schicht des Pulverbettes und führt zu Fehlern in dem fertigen Teil. Kleine Bürsten, Schleifenmaterial (z.B. Velcro®-Befestigungsmaterial) oder anderes Abtragsmaterial **29** sind auf der Oberseite der oberen Fläche **22** platziert, um überschüssigen Schmutz von der Unterseite des Portals zu entfernen. Dieser Schmutz wird dann in den Überlaufhohlraum **28** gesaugt, wenn die Vorderkante des Portals **40** darüber hinweg läuft.

[0051] Nachdem eine aktuelle Schicht mit der Bewegung des Portals in der x-Richtung abgelegt worden ist, wird der 2-D Querschnitt dieser Schicht gedruckt. Insbesondere erfolgt der Druckvorgang während aufeinanderfolgenden Durchläufen der Druckkassetten in der y-Richtung, während der Rückwärtsbewegung des Portals in der negativen x-Richtung. Weitere Druckverfahren können statt dessen angewendet werden, wie es nachstehend im Detail beschrieben wird.

[0052] Wie angemerkt, nimmt die an dem Portal befestigte Verteilerrolle **48** Pulver **62** von der Oberseite des Zuführungskolbens **25** auf und verteilt ihn auf die Oberseite des Aufbautisches **27** in der Aufbaukammer **26**. Indem das Pulver **62** über derartige Strecken bewegt wird, ist dieser Prozeß potentiell derjenige, welcher das meiste in der Luft schwebende Pulver erzeugt.

[0053] Wenn das Pulvermaterial verteilt wird, ergibt sich eine Welle aus Pulver **65** und versucht sich seitlich in Bezug auf die Rollenbewegungsrichtung zu bewegen. Die Pflüge **49** ([Fig. 4](#)) haben die Tendenz, die Welle aus Pulverwelle **65** zu beschränken. Dieses verhindert, daß Aufbaumaterial auf die Oberseite **22** überschwappt und einen Haufen bildet, welcher vom Standpunkt der Maschinenzuverlässigkeit und Benutzierzufriedenheit nicht erwünscht ist. Die Pflüge **49** bilden eine Dichtung gegenüber den Enden der rotierenden und übertragenden Verteilerrolle **48** und gegenüber der Oberseite der oberen Abdeckung **22**. Federn werden bevorzugt verwendet, um eine nach innen gerichtete Kraft auf die Pflüge **49** aufeinander zu zu erzeugen, welche bewirkt, daß die Pflüge **49** eine dichte Abdichtung zu der Verteilerrolle **48** formen. Die Federn erzeugen auch eine Abwärtskraft auf den Pflügen **49**, um eine Dichtung mit der Oberseite der oberen Abdeckung **22** zu erzeugen.

[0054] Die Pflüge **49** werden bevorzugt aus einem ölgefüllten Kunststoffmaterial hergestellt, um die Rei-

bung zwischen dem Boden der Pflüge **49** und der Oberseite der oberen Abdeckung **22** während der Pulververteilung zu verringern. Das ölgefüllte Material bildet auch eine Barriere, welche verhindert, daß Pulver an deren Unterseiten der Pflüge **49** anhaftet. Zusätzlich kann das ölgefüllte Material auch eine sich selbst nachfüllende Löseschicht bereit stellen.

[0055] Da die Verteilerrolle **48** die Welle aus Pulver **65** schiebt, gibt es eine Akkumulation von Pulver an dem vorderen Rand, welche seitwärts auf den Bereich vor den Pflügen **49** gerät. Dieses Pulver wird von den Pflügen **49** weitergeschoben, bis es schließlich durch den Überlaufhohlraum **28** aufgesaugt oder aus dem Weg gekehrt wird. Der Überlaufhohlraum **28** ist bevorzugt breiter als der Zuführungsbehälter **24** und die Öffnungen der Aufbaukammer **26**, um dieses Pulver aufzunehmen.

[0056] Der Aufprall des auf die Pulverschicht auftreffenden Binders während der Bindung bewirkt, daß Pulver aufliegt und auf die Unterseite der Binderkassette trifft. Da die Kassette mit Binder feucht ist, kann das Pulver dann härten und eine Kruste auf der Unterseite der Kassette ausbilden oder es könnte möglicherweise in die Düsen hinein geraten und dadurch den Auslaß der Düsen verstopfen. Zusätzlich bildet überschüssiger Binder manchmal ein Tröpfchen, welches auf der Unterseite der Kassette liegt und dort als ein Ergebnis der Oberflächenspannung bleibt. Dieses kann ebenfalls eine Verstopfung des Auslasses der Düsen oder eine Ablenkung der Strahlen bewirken. Wenn die Düsen verstopft sind, wird der Binder nicht dort abgeschieden, wo es gewollt ist, wodurch Fehler in dem Endteil bewirkt werden. Daher ist ein Verfahren zum Entfernen des Pulvers oder des Binders von der Unterseite der Kassette nach dem Legen jeder Schicht aus Pulver erwünscht, um die Düsenauslässe offen zu halten.

[0057] Gemäß **Fig. 5** ist eine dünne Membrane **43**, wie z.B. ein Abstreifer an dem Portal außerhalb von dem Druckschlitz **42** und den Kolbenkästen **24**, **26** angeordnet. Die Kassette streift über den Abstreifer, um zu bewirken, daß das gesamte Pulver und der Binder von den Düsenauslässen abgestreift werden. Das Problem bleibt dann, wie der Abstreifer **43** zu reinigen ist und das Pulver und der Binder aus diesem Bereich zu entfernen ist.

[0058] Ein bevorzugtes Verfahren zum Reinigen des Abstreiferbereichs besteht in der in dem Aufsprühen einer Reinigungslösung aus einer nah angeordneten Reinigungsdüse auf den Abstreifer **43**. Diese Lösung läuft dann mit dem Schmutz in ein Abfallrohr und in einen Abfallbehälter. Ein weiteres bevorzugtes Verfahren besteht in der Betätigung der Düsen, so daß das Bindermaterial als eine Reinigungslösung wirkt, um den Schmutz von dem Abstreifer **43** ab und über das Abfallrohr in den Abfallbehälter zu spülen.

DRUCKGESCHWINDIGKEIT UND TEILEQUALITÄT

[0059] Die Maximierung der Aufbaugeschwindigkeit ist für den Benutzer von großem Interesse. Die Aufbauzeit hat zwei primäre Komponenten: Die Verteilung des Pulvers und die Rbscheidung der Binderflüssigkeit. Die Geschwindigkeit der Pulververteilung ist durch einige Faktoren beschränkt, einschließlich der Notwendigkeit, eine glatte obere Schicht zu erzeugen und in der Luft schwebendes Pulver zu minimieren. Daher besteht das bevorzugte Verfahren zur Erhöhung der Aufbaurrate in der Erhöhung der Geschwindigkeit der Binderabscheidung. Ein bevorzugtes Verfahren zur Erhöhung der Geschwindigkeit der Binderabscheidung besteht in der Verwendung mehrerer Binderkassetten.

[0060] **Fig. 6** ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Vorrichtung, welche mehrere Binderkassetten verwendet. Wenn mehrere Kassetten verwendet werden, sind die Kassetten in 90 Grad in Bezug auf die vorstehend beschriebene Einzelkassettenausführungsform angeordnet. D.h. das Drucken erfolgt nun entlang der x-Achse, wenn das Portal **40** bewegt wird. Da jede Kassette **45'a**, ..., **45'n** breiter als der Bereich ist, der von den Binderdüsen **47'a**, ... **47'n** belegt wird, müssen die Kassetten **45'a**, ..., **45'n** in einer speziellen Weise angeordnet werden, um die Binderflüssigkeit über den gesamten Oberflächenbereich der oberen Pulverschicht in der Aufbaukammer **26** abzuscheiden. Wenn die Kassetten **45'a**, ..., **45'n** lediglich nebeneinander plaziert werden, gibt es Bereiche, in welchen die Kassetten **45'a**, ..., **45'n** keinen Binder abscheiden können.

[0061] Gemäß Darstellung besteht ein Verfahren zur Anordnung der Kassetten **45'a**, ..., **45'n**, um eine Bindefähigkeit über einen vollen Druckbereich **72** bereit zu stellen, in einer Anordnung der Kassetten **45'a**, ..., **45'n** in mehreren Reihen in der x-Achse, so daß sich die Kassetten **45'a**, ..., **45'n** überlappen, um eine zusammenhängende Folge von Binderdüsen **47'a**, ..., **47'n** entlang der y-Achse zu bilden. Es gibt daher keine Verschiebung oder Hin- und Herbewegung irgendeiner Kassette in der y-Achsenrichtung während der Binderabscheidung im Gegensatz zu dem Einzelkassettensystem. Binder wird bevorzugt an jede von den Düsen in jeder Kassette über einen Verteiler **70** aus einem gemeinsamen Behälter **75** geliefert.

[0062] **Fig. 7** ist eine schematische Darstellung einer weiteren bevorzugten Vorrichtung, welche mehrere Binderkassetten verwendet. Gemäß Darstellung sind eine Vielzahl von Binderkassetten **45'a**, ... **45'g** nebeneinander angeordnet und Binder wird dann in zwei Richtungen abgeschieden. D.h., Abschnitte des Aufbaubereichs **74a**, ..., **74g** können mit Binder abgedeckt werden, wenn sich die Kassetten **45'a**, ... **45'g** in der negativen x-Richtung bewegen, und dadurch

eine Reihe von Streifen gebunden werden. Die Kassetten **45''a**, ... **45''g** werden dann in der y-Richtung um die Länge einer Düsenanordnung **47''a**, ... **47''** weiterbewegt. Ein weiterer Abschnitt des bedruckbaren Bereiches **76** kann mit Binder nach der Rückkehr der Kassetten **45''a**, ... **45''g** in die positive x-Richtung abgedeckt werden. Dieses kann so oft wie erforderlich wiederholt werden, um den gesamten Druckbereich abzudecken. Wenn sich die letzte Auslenkung in der positiven x-Richtung befindet, erfolgt der Druckvorgang unmittelbar vor dem Verteilen.

[0063] Ein Vorteil dieser Technik besteht darin, daß keine extra Takte benötigt werden, und daher sich kein Abzug in der Bindegeschwindigkeit bei der Anwendung dieses Verfahrens ergibt. Ein möglicher Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß Pulver, das als Folge der Verteilung in der Luft schwebt, in die Düsen gelangen und Zuverlässigkeitsprobleme bei der Abscheidung des Binders bewirken kann.

[0064] Wenn der letzte Takt in der positiven x-Richtung stattfindet, kehrt dann das Portal **40** zu dem Zuführungsbehälter **24** vor dem Verteilen von Pulver zurück. Ein weiteres Verfahren zum Abscheiden von Binder in zwei Richtungen besteht für das Portal in der Bindung in zwei Takten, in der Rückkehr zu dem Zuführungsbehälter **24** und dann der Verteilung des Pulvers. Dieses hat einen möglichen Nachteil der Notwendigkeit einer zusätzlichen Anzahl von Takten. Dieses Verfahren bietet jedoch den Vorteil, daß Pulver, welcher als Folge der Verteilung in der Luft schwebt, nicht die Abscheidung des Binders stört. Alternativ kann ein Druckvorgang in einer Richtung nur für alle oder lediglich für die letzten zwei Drucktakte erfolgen.

[0065] [Fig. 8](#) ist eine schematische Darstellung noch einer weiteren bevorzugten Vorrichtung, welche mehrere Binderkassetten verwendet. Gemäß Darstellung sind Binderkassetten **45''a**, ..., **45''m** nebeneinander in Winkeln von beispielsweise 45 Grad in Bezug auf die x-Achse angeordnet. Somit sind die Binderdüsen **47''a**, ..., **47''m** in einer zusammenhängenden Linie entlang der y-Achse angeordnet, um einen zusammenhängenden Druckbereich **78** zu bedrucken. Ein Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Bedruckung in nur einem Takt oder mit einer minimalen Anzahl von Takten abhängig von der Kopfgeometrie durchgeführt werden kann.

[0066] Ein Fachmann auf diesem Gebiet würde viele Varianten für die vorstehend beschriebenen Verfahren erkennen, um verschiedene Parameter zu optimieren. Beispielsweise könnten die Köpfe in einem Winkel angeordnet sein und in zwei Richtungen, jeweils einen Streifen in jeder Richtung drucken.

[0067] Es ist erwünscht, eine gleichmäßig hohe Teilefestigkeit trotz verschiedener Probleme mit dem

Drucken einzelner Düsen zu erzielen. Beispielsweise können gelegentlich bestimmte Düsen in der Binderkassette nicht ausstoßen oder der Ausstoß kann als Folge eines Kopfes, welcher schlecht gefertigt ist oder eines, der durch Pulver verschmutzt ist, stoßweise sein.

[0068] [Fig. 9](#) ist eine schematische Darstellung einer Binderkassette mit einer defekten Binderdüse. Gemäß Darstellung ist die Kassette **45** eine von einer Vielzahl von Kassetten, welche entlang der x-Achse drucken, wenn sich das Portal **40** ([Fig. 3](#)) bewegt. Wenn eine spezifische Düse **47-6** der Kassette **45** nicht ausstößt, kann dann ein Streifen **96** in der x-Richtung auf der spezifischen Schicht des Binders **46** entstehen, die gerade gedruckt wird. Dieses erzeugt eine unerwünschte Diskontinuität in dem bedruckten Bereich **95**. Das Problem besteht darin, daß dieser vertikale Streifen eines ungebundenen Pulvers **96** an derselben y-Stelle Y_i in jeder Schicht entsteht, und somit eine Delaminationsebene verursacht, sobald das Teil fertig ist.

[0069] [Fig. 10](#) ist eine schematische Darstellung eines bevorzugten Druckverfahrens von zwei Schichten mit einer defekten Binderdüse. Gemäß der Erfindung wird eine Schichtungstechnik verwendet, um zu bewirken, daß ungebundene vertikale Streifen **96-1**, **96-2** an unterschiedlichen y-Stellen in jeder Schicht **64-1**, **64-2** entstehen, um dadurch die Bereiche der Schwäche über das gesamte Teil zu verteilen, statt sie in nur einer Ebene zu konzentrieren. Daher wird die defekte Düse **47-6** bei jedem Durchlauf in Bezug auf jede benachbarte Lage an einer anderen y-Stelle angeordnet. Eine Schichtung mit einem Mehrfachkassettensystem kann durch einen leichten Versatz y_0 der Kassette **45** entlang der y-Achse vor dem Legen jeder neuen Binderschicht erreicht werden.

[0070] Es ist ferner erwünscht, die Teilefestigkeit unter Erhaltung einer hohen Aufbaurrate zu optimieren. Durch Abscheidung von mehr Binder pro Flächeneinheit kann die Teilefestigkeit auf Kosten der Verringerung der Aufbaugeschwindigkeit verbessert werden. Zusätzlich führt ein hohes Bindervolumen innerhalb eines großen Volumens zu einer Teileverzerrung. Ein bevorzugtes Verfahren zur Verbesserung der Teilefestigkeit ohne eine starke Verringerung in der Aufbaugeschwindigkeit besteht in der Vergrößerung des Volumens des Binders, wenn dieser an dem Umfang jeder Schicht aufgebracht wird, um dadurch eine harte Schale um das Teil herum zu bilden. Dieses kann durch eine Vergrößerung der Durchflußrate erzielt werden, wenn der Binder auf den Umfang aufgebracht wird, oder durch zweimaliges Aufbringen des Binders auf den Umfang des Teils. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß es die Teileverzerrung des Inneren der Teile kontrolliert.

FARBDRUCKEN

[0071] In dieser Ausführungsform der Erfindung sind Farbtintendüsendruckköpfe in die Binderkassette eingebaut, um dadurch die Fähigkeit einen breiten Bereich von Farben oder Tinten zu drucken, bereit zu stellen. Da ein bevorzugtes System diese Köpfe zum Abscheiden von flüssigem Binder verwendet, können sie zur Abscheidung eines Farbbinders als das Material verwendet werden, welche das poröse Material zur Bindung veranlaßt. Bevorzugt ist das Pulvermaterial weiß oder farblos und kann die Tinte absorbieren, um das Pulver zu färben. Demzufolge kann eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung dreidimensionale Teile, welche farbig sind, aufbauen, wobei die Farbe über das gesamte Teil variiert.

[0072] Ein Produktdesigner kann Modelle von Produkten mit bereits auf die Oberfläche aufgebrachten verschiedenen Farbschemen und Verzierungen erzeugen. Eine derartige Colorierung erfolgt derzeit sorgfältig von Hand. Zusätzlich kann sich ein Chirurg auf eine Operation vorbereiten, indem er ein farbig gedrucktes 3-D Modell eines Patientenkörperteils aufschneidet, um mit der dreidimensionalen Anordnung von Organen, Tumoren, Blutgefäßen usw. vertraut zu werden. Daten für das Modell können aus einer Computertomographie-(CT)- oder Magnetresonanztomographie-(MRI)-Abtastung erhalten werden.

[0073] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung führt Software eine Anpassung zur Verwendung der Farbtinte nur an den Außenrändern jeder Schicht an, welches der einzige Teil sind, der letztlich für den Benutzer sichtbar ist, nachdem der Aufbau abgeschlossen ist. In einem derartigen Falle wird ein einfarbiger Binder (z.B. schwarz) auf der Innenseite des Teils verwendet, welcher für den Benutzer nicht sichtbar ist. Dieses spart Farbbinder ein, welcher teurer oder für den Benutzer schwieriger zur Nachfüllung erhältlich sein kann. Zusätzlich können einfarbige Binder bessere Eigenschaften aufweisen und erzeugen somit einen stärkeren Kern in den Teilen.

[0074] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird eine bestimmte Menge an flüssigem Binder in einem gegebenen Pulvervolumen abgeschieden, um ein gut geformtes Teil zu erzeugen. Zu viel Binder führt dazu, daß der Binder über den gewünschten Bereich des Teiles hinaus wandert. Dieser Effekt wird üblicherweise als "Ausbluten" bezeichnet. Bindermengen unterhalb dieses bestimmten Betrages erzeugen jedoch progressiv schwächere Teile. Es ist erwünscht, eine optimale Menge an Binder unabhängig von dem Farbanteil zu verwenden. Ein Verfahren zur Erzeugung von Teilen mit gesteuerten Varianten in der Farbe ist wie folgt.

[0075] Der Drucker druckt auf weißes Pulver und

besitzt zwei Düsensätze. Eine Düse scheidet einen schwarzen Binder ab, der andere Düsensatz scheidet weißen Binder ab, welcher sich als farbloser oder klarer Binder verstehen dürfte. An jeder Stelle in dem aufzubauenden Teil werden die zwei Bindertypen in einem Verhältnis abgeschieden, um die Schattierung von grau, weiß oder schwarz nach Wunsch in diesem Gebiet des Teiles zu erzeugen. Alle Gebiete des Teils empfangen somit die optimale Gesamtmenge an Binder, der zum Erzeugen eines festen Teils erforderlich ist. Ein derartiges Verfahren erfordert jedoch Binderdüsenköpfe, welche Tröpfchen kontrollierter Größe erzeugen können.

[0076] Obwohl ein Tintendüsendruckkopf gewählt werden könnten, um Tröpfchen mit einem kontrollierten Bereich von Größen zu erzeugen, arbeiten die meisten Köpfe am besten, wenn sie nur zum Erzeugen von Tröpfchen einer Größe verwendet werden. Somit wird, wenn die Tröpfchen gleichmäßig über die Schicht verteilt werden, jede Stelle des Teilequerschnitts entweder durch ein schwarzes Tröpfchen oder ein farbloses Tröpfchen getroffen. Diese Tröpfchen können in einer solchen Weise verteilt werden, daß dann, wenn sie aus einem ausreichenden Abstand betrachtet werden, ein Grau wahrgenommen wird, sie aber im vergrößerten Zustand als ein Muster von Punkten gesehen wird. Verfahren dafür sind als "Dithering" oder "Halbtönung" (Grauschattierung) bekannt. Herkömmliche Dithering- und Halbtönungs-Verfahren können auf jeder Schicht angewendet werden, um festzulegen, wo die Tröpfchen jedes Binders zu plazieren sind. Algorithmen existieren auch für Dithering- und Halbtönungs-Techniken, um die optimale Plazierung von Tröpfchen zu bestimmen, welche auf etwas fallen, was die Oberfläche des fertigen Teiles ist.

[0077] Durch die Hinzufügung zusätzlicher Düsen, welche weitere Farben eines Binders abscheiden, können die vorgenannten Verfahren zur Erzeugung von vollfarbigen Teilen erweitert werden.

[0078] Ein Problem entsteht, wenn die Menge an gefärbten Binder die zum Erzeugen eines gut gefärbten Teils erforderlich ist, größer als die ist, welche zum Erzeugen eines gut geformten Teils erforderlich ist. In diesem Falle muß ein Kompromiß zwischen Färbung oder Ausblutung getroffen werden. Wenn die pigmentierten Flüssigkeiten nicht als ein Binder funktionieren, ist es möglich, größere Mengen abzuscheiden, ohne die mechanischen Eigenschaften des Teils zu beeinträchtigen.

[0079] In einem Idealfall gibt es drei Farbtinten von drei additiven Primärfarben: Cyan, Magenta und Gelb. Ein Mischen dieser Primärfarben in gleichen Mengen ergibt Schwarz. Das Mischen von zwei mit gleichen Mengen ergibt die drei Sekundärfarben von Purpur, Grün und Orange. Durch Mischen unter-

schiedlicher Verhältnisse dieser Farbtinten und Verdünnen mit weiß können alle möglichen Farben hergestellt werden. Reale Tinten sind jedoch im Farbton leicht unterschiedlich und variieren in der Helligkeit. Sie können daher typischerweise nicht kombiniert werden, um reines Schwarz zu erhalten.

[0080] Farbdrucken mit realen Tinten wird erzielt, indem Farbpunkte so nebeneinander platziert werden, daß sie sich tatsächlich nicht mischen. Das reflektierte Licht von den benachbarten Punkten mischt sich im Auge und erzeugt die Illusion einer Zwischenfarbe, wenn sie aus ausreichendem Abstand betrachtet werden. Wenn dieselben Tinten zusammengemischt würden, würden sie eine schmutzige Farbe ergeben. Verfahren zur Anordnung gefärbter Punkte werden als Farbhaltbtonung oder Farbdithering bezeichnet.

[0081] Es ist erwünscht, daß die Pigmente nicht aus einem Bereich, in welchem sie platziert sind weg wandern oder mit benachbarten Tröpfchen mit unterschiedlicher Farbe gemischt werden. Dieses kann erreicht werden, indem die Pigmente gehärtet, koagulierte oder durch Erwärmung des Aufbaupulvers außer Lösung oder Suspension gebracht werden. Alternativ können die Tintenflüssigkeiten mit dem Binder und mit den anderen Farbtinten unvermischbar ausgebildet werden. Somit können Pigmente aus dem gegebenen Tröpfchen nur in ein anderes Tröpfchen mit derselben Farbe diffundieren.

NACHVERARBEITUNG

[0082] Es ist erwünscht, feste Teile zu erhalten, welche bei der Handhabung nicht abblättern, und welche die Möglichkeit zu einer Endbearbeitung (z.B. Sandstrahlen, Bemalen oder Bohren) für ein gutes Aussehen bieten. Das Ausgabeteil aus der Aufbaukammer **26** kann jedoch poröse Teile aufweisen, welche schwach sein können. Zusätzlich kann die Teileoberfläche rau und schuppig sein. Nachverarbeitungstechniken **7** ([Fig. 1](#)) werden bevorzugt angewendet, um den 3-D Objektprototyp **9** fertig zu stellen.

[0083] Die Teile können in eine Lösung eingetaucht oder damit gestrichen werden, welche durch Kapillarkwirkung in die Poren des Teils infiltriert. Die Lösung enthält bevorzugt Hilfsmaterial wie z.B. ein Epoxid, ein Lösungsmittel-basierendes Material, Wachs, Kunststoff, Urethan oder Monomere. Sofern die Lösung Bindungen zwischen den Pulverpartikeln erzeugt, trocknet und härtet, weist das sich ergebende Teil eine verbesserte Festigkeit auf. Zusätzlich härtet dieser Prozeß die äußere Schale, was eine Schleifen, Bemalen und Bohren des Teils ermöglicht. Dieses ermöglicht es auch, daß das Teil ohne Pulverabrieb des Teils bearbeitet wird, was eine Belästigung für den Benutzer sein kann und zu einer allmählichen Verschlechterung des Teiles führen kann.

[0084] Der vorstehend beschriebene Eintauchprozeß kann in einem Bad stattfinden. Teile können in einem Korb mit einem Sieb auf dem Boden gegeben werden und dann der Korb in das Bad eingetaucht werden. Wenn der Korb entnommen wird, wird er über dem Bad aufgehängt, so daß die überschüssige Lösung aus dem Korb und zurück in das Bad tropft. Dieses Eintauchen kann in einem Los- oder einem Durchlaufprozeß erfolgen.

[0085] Eine bevorzugte Lösung zur Teileinfiltration kann ein Epoxid- oder Lösungsmittel basierendes System sein. Das Epoxid kann entweder ein zweiteiliges Epoxid oder ein UV-härtbares Epoxid sein. Alternativ kann die Lösung ein geschmolzenes Material sein, welches bei einer niedrigeren Temperatur schmilzt, als bei der bei welcher die Teile erweichen. Beispiele derartiger geschmolzenen Materials umfassen: Wachs, Kunststoff, Gummi oder Metall. Zum Eintauchen in ein geschmolzenes Material kann ein Teil in ein Bad eingesetzt werden, welches sich innerhalb eines Gehäuses befindet, in welchem die Lufttemperatur gesteuert wird. Teile werden in einen Korb gegeben, in der Luft aufgewärmt und dann eingetaucht. Sie können dann entnommen und in der warmen Luft warm stehen.

[0086] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann das Teil in der warmen Luft vorgewärmt werden. Die Vorwärmung des Teils vor dem Eintauchen in ein geschmolzenes Material dient drei Zielen. Erstens entfernt es die Feuchtigkeit aus dem Teil und härtet dadurch das Teil, was dem Umfang des Einfalls nach der Behandlung reduzieren kann. Zweitens entfernt es Feuchtigkeit aus dem Teil, was weiteres Volumen freisetzt, welches mit dem Material infiltriert werden kann. Dieses hat die Folge der Erhöhung der Endinfiltrationsdichte in dem Teil und dadurch einer Verbesserung der Teilefestigkeit. Drittens verhindert die Vorwärmung des gesamten Teils, daß das Infiltrationsmaterial an der Außenschale des Teiles hängen bleibt, wenn das Teil eingetaucht wird. Wenn das Teil erwärmt ist, kann das Material wesentlich tiefer in das Teil eindringen, was die Teileendfestigkeit verbessert.

[0087] Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung kann das Teil gefriergetrocknet werden, um Feuchtigkeit ohne Veränderung der Struktur des Teils zu entfernen. Infrarotlicht über der Aufbaukammer kann ebenfalls zur Verbesserung der Anziehungsgeschwindigkeit des Binders verwendet werden. Dieses kann ebenfalls die Gesamtaufbaugeschwindigkeit verbessern. Zusätzlich kann ein aufgewärmter Luftstrom durch die Aufbaukammer verwendet werden, um das Binderanziehen zu beschleunigen, um möglicherweise die Feuchtigkeit zu steuern.

[0088] Eine Nacherwärmung des Teils kann ebenfalls verwendet werden, um zwei Ziele zu erreichen.

Erstens ermöglicht es das Ableiten eingeschlossener Volumina, da das Material innerhalb des Einschlusses zusammenschmilzt und aus dem Boden des Einschlusses herausschmilzt. Zweitens verbessert es die Betriebsoberfläche durch Ausschmelzen und Verteilen jedes überschüssigen Materials, welches auf der Oberfläche des Teils festgefroren ist.

[0089] Ein doppeltes Eintauchen kann erzielt werden, indem das Teil vorerwärmt wird, eingetaucht wird, nacherwärmt wird, und dann dessen Abkühlung zugelassen wird. Das Teil wird dann nochmals vorerwärmt, noch einmal eingetaucht und noch einmal nacherwärmt. Dieses verleiht dem Teil eine härtere Außenschale, was dessen Aussehen und Bearbeitungseigenschaften verbessert. Das zweite Eintauchen kann bei derselben Temperatur, bei einer höheren Temperatur oder einer niedrigeren Temperatur als das ursprüngliche Eintauchen erfolgen. Von jeder dieser Alternativen werden unterschiedliche Auswirkungen auf die endgültigen Teileigenschaften erwartet.

[0090] Ein weiteres Verfahren zur Verbesserung der Teilefestigkeit und der Härtung der Außenschale ist die Verwendung eines mehrteiligen Härters. Beispielsweise kann eine reaktive Komponente eines binären oder anderen mehrteiligen Systems mit dem Pulver gemischt werden und dadurch mit dem Pulver in jeder Lage verteilt werden. Die zweite Komponente (und jede anschließende Komponente) kann später durch eine Nachprozeßinfiltration wie vorstehend beschrieben zur Härtung der Schale hinzugefügt werden. Alternativ kann eine reaktive Komponente eines mehrteiligen Systems mit dem Binder gemischt werden und dadurch überall dort abgelegt werden, wo der Binder abgeschieden ist.

[0091] Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird das Teil in eine Lösung in einer Vakuumkammer eingetaucht. Beim Abschalten des Vakuums wird die Lösung in das Teil gesaugt.

[0092] Es gibt verschiedene Verfahren für die Entfernung fertiggestellter Teile aus der Aufbaukammer. Ein Verfahren ist die Absaugung ungebundener Partikel um das Teil herum, um dann das Teil herauszuheben. Ein Korb kann ebenfalls zum Entfernen der Teile verwendet werden. Beispielsweise kann ein Kasten auf der Oberseite der Aufbaukammer **26** platziert werden, das Pulver in den Kasten gehoben werden, und dann ein Metallblech zwischen das Pulver und den Aufbau **27** geschoben werden. Die ganze Anordnung kann dann irgendwohin zur Pulverentfernung gebracht werden.

[0093] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können die Wände der Aufbaukammer **26** sich in der vertikalen Richtung bewegendes Bänder sein, um die Scherkraft gegenüber dem Pulver

zu verringern, wenn das Pulver aus der Aufbaukammer und in den Korb gehoben wird.

KOLBENKÄSTEN

[0094] Der Zuführungsbehälter **24** und die Aufbaukammer **26** enthalten beide üblicherweise pulverförmiges Aufbaumaterial. Es soll verhindert werden, daß dieses Pulver durch die Unterseite dieser Kolbenkästen **24, 26** fällt, da dieses Probleme mit dem darunterliegenden Kolbenmechanismus bereitet und auch zu einer Pulverakkumulation unter den Kästen führen könnte. Zusätzlich kann, wie vorstehend erwähnt, jedes in der Luft schwebende Pulver eine Vielzahl von weiteren Problemen bewirken.

[0095] Der Zuführungskolben **25** und der Aufbaukolben **27** sind bevorzugt rechteckig, um die Zuführungs- und Aufbauvolumina innerhalb der Zwänge der Gesamtmaschinenabmessungen zu maximieren. Obwohl es für Designzwecke erwünscht ist, über rechteckige anstelle zylindrischer Kolben **25, 27** zu verfügen, weist der Zuführungsbehälter **24** und die Aufbaukammer **26** bevorzugt gerundete Innenecken auf, um es leichter zu machen, eine Dichtung um die Kolben **25, 27** herum auszubilden, um dadurch zu verhindern, daß Pulver durch die Unterseite der Kolbenkästen **24, 26** fällt. Diese Dichtung wird bevorzugt aus einem Kunststoffmaterial hergestellt und ist an den Kolben **25, 27** befestigt.

[0096] [Fig. 11](#) ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Technik zur Herstellung des Zuführungsbehälters **24** und der Aufbaukammer **26**. Die gerundeten Innenecken werden bevorzugt aus einem Abschnitt eines dünnen (z.B. 67,2 bis 127 µm (3 bis 5 mil)) einteiligen Metallbandes **102** mit einem Umfang gleich dem gewünschten Umfang des Kastenninneren geschnitten. Eine Länge des Bandes **102** wird gleich der Endhöhe des gewünschten Kastens **24, 26** zugeschnitten. Dieser Abschnitt des Bandes **102** wird dann um vier Stangen **104** gelegt, welche die Ecken der Kästen **24, 26** definieren. Das Band **102** wird innerhalb eines Gehäusekastens **106** platziert, welcher Seiten aufweist, dessen Längen etwas größer als der Abstand zwischen den entsprechenden Stangen ist. Urethan **108** wird dann zwischen der Außenseite des Bandes **102** und der Innenseite des Gehäusekastens **106** eingegossen. Das Urethan **108** wird gehärtet. Nachdem das Urethan gehärtet ist werden die Stangen **104** entfernt und somit ein Kasten mit einem Metallinneren, gerundeten Ecken und dünnen Wänden (etwa 3,75 bis 6,35 mm (0,125 bis 0,25 Inch) Dicke) erzeugt.

ÄQUIVALENTE

[0097] Obwohl diese Erfindung insbesondere unter Bezugnahme auf ihre bevorzugten Ausführungsformen dargestellt und beschrieben wurde, dürfte es

sich für den Fachmann auf diesem Gebiet verstehen, daß verschiedene Veränderungen in Form und Details durchgeführt werden können, ohne von dem Schutzzumfang der Erfindung, wie er in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, abzuweichen. Diese und alle weiteren Äquivalente sollen durch die nachstehenden Ansprüche mit erfaßt sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes anhand einer im Speicher gespeicherten Präsentation des Objektes, die eine Vielzahl von mit einem Vorrat flüssigen Binders verbundenen flüssigen Binderdüsen aufweist, um flüssigen Binder an ausgewählten Stellen auf Aufbaumaterial abzuscheiden, und einen Zuführungsbehälter, einen Aufbau- und einen Überlaufhohlraum enthält, wobei die Vorrichtung gekennzeichnet ist durch:
eine Arbeitsfläche (22) mit einer ersten, zweiten und dritten Öffnung durch diese hindurch;
wobei der Zuführungsbehälter (24) zu der ersten Öffnung der Arbeitsfläche (22) ausgerichtet ist und darin einen Vorrat an Aufbaumaterial (60) zum Formen des Objektes gespeichert hat,
eine Aufbaukammer (26), die zu der zweiten Öffnung der Arbeitsfläche (22) ausgerichtet ist;
wobei sich der Aufbau- (27) in der Aufbau- (26) befindet, um inkrementelle Schichten des Aufbaumaterials aus dem Zuführungsbehälter (24) aufzunehmen; und
der Überlaufhohlraum (28) zu der dritten Öffnung der Arbeitsfläche (22) ausgebildet ist, um eine überschüssige Menge des aus dem Zuführungsbehälter (24) übertragenen, aber nicht von dem Aufbau- (27) aufgenommenen Materials aufzunehmen; und
eine mit dem Überlaufhohlraum (28) verbundene Saugpumpe (34), um einem Luftstrompfad von dem Überlaufhohlraum zum Entfernen der überschüssigen Menge des Aufbaumaterials zu erzeugen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit einem Filter (32), um die überschüssige Menge an Aufbaumaterial aus dem Luftstrom zu entfernen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, ferner mit einem Entfeuchtungselement (36), um Feuchtigkeit aus dem gefilterten Luftstrom zu entfernen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Saugpumpe (34) Luft aus dem Luftstrom zurückführt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Saugpumpe (34) von dem Überlaufhohlraum abtrennbar und mit einem manuell beweglichen Einlass (38) verbindbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit einem mit der Arbeitsfläche (22) in Berührung stehenden Pflugelement (49), um eine Ansammlung von losem

Aufbaumaterial um die Aufbaukammer (26) herum zu verhindern.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit:
einer Vielzahl von Binderkassetten (45''a bis 45''m), wobei jede Kassette eine Vielzahl von Binderdüsen (47''a bis 47''m) besitzt, und jede Binderdüse mit einem Vorrat einer Binderlösung verbunden ist; und
einer Steuereinheit zum Steuern jeder Binderdüse, um eine kontrollierte Menge der Binderlösung an kontrollierten Stellen jeder inkrementellen Schicht des Aufbaumaterials abzuscheiden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit:
einem Arbeitsbereich (20) bei einem die Arbeitsfläche einschließenden ersten Luftdruck, wobei der Arbeitsbereich in der Luft schwebendes Aufbaumaterial darin enthält;
einem Reinbereich (50) bei einem die Einrichtungen, die durch das in der Luft schwebende Aufbaumaterial beschädigt werden können, einschließenden zweiten Luftdruck; und
einer Teilabdichtung (90), welche den Arbeitsbereich von dem Reinbereich trennt, so dass ein Luftstrom aus dem Reinbereich (50) zu dem Arbeitsbereich (20) vorliegt, wobei eine mechanische Verbindung durch die Teilabdichtung (90) vorliegt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Zuführungsbehälter (24) und die Aufbaukammer (26) eine aus einem entsprechenden einheitlichen Materialband ausgebildete Wand besitzen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit:
der Vielzahl von Binderdüsen (47), welche mit Farbstoffzusätzen verbunden sind; und
einer Steuereinheit (52), welche die Abscheidung einer kontrollierten Menge der Farbstoffe an kontrollierten Stellen auf einer Schicht des Aufbaumaterials steuert.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit einem Portal (40), das in Bezug auf den Zuführungsbehälter, die Aufbaukammer und den Überlaufhohlraum beweglich montiert ist, wobei das Portal aufweist:
die Vielzahl von Binderdüsen (47), die mit einem Bindervorrat (75) verbunden sind, um Binder an ausgewählten Stellen auf dem Aufbaumaterial auf dem Aufbau- abzuscheiden; und
eine Reinigungsanordnung (43), um Aufbaumaterial von den Binderdüsen (47) zu entfernen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Reinigungsanordnung (43) ein Wischerelement aufweist, das durch einen Strom einer Reinigungslösung gereinigt werden kann.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Reinigungslösung Binder ist, und der Binder aus wenigstens einer der Binderdüsen (47) strömt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, ferner mit einem Abtragsselement (29), das auf der Arbeitsfläche (22) und angrenzend an dem Überlaufhohlraum (28) befestigt ist, wobei das Abtragsselement (29) mit dem Portal (40) in Berührung steht, um Schmutz von dem Portal (40) zu entfernen.

15. Verfahren zum Bau einer Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes anhand einer im Speicher gespeicherten Präsentation des Objektes, die eine Vielzahl von mit einem Vorrat flüssigen Binders verbundenen flüssigen Binderdüsen aufweist, um flüssigen Binder an ausgewählten Stellen auf Aufbaumaterial abzuscheiden, mit den Schritten: Erzeugen einer ersten, zweiten und dritten Öffnung durch eine Arbeitsfläche (22) hindurch; Ausrichten eines Zuführungsbehälters (24) zu der ersten Öffnung der Arbeitsfläche (22), einer Aufbaukammer (26) zu der zweiten Öffnung, und eines Überlaufhohlraums (28) zu der dritten Öffnung der Arbeitsfläche (22); in dem Zuführungsbehälter (24) speichern eines Vorrats an Aufbaumaterial (60) zum Formen des Objektes; auf einem Aufbautisch (27) in der Aufbaukammer (26) aufnehmen inkrementeller Schichten des Aufbaumaterials aus dem Zuführungsbehälter (24); und bei dem Überlaufhohlraum (28) aufnehmen einer überschüssigen Menge des aus dem Zuführungsbehälter (24) übertragenen, aber nicht von dem Aufbautisch (27) aufgenommenen Aufbaumaterials; und Verbinden einer Saugpumpe (34) mit dem Überlaufhohlraum (28), um einen Luftstrompfad aus dem Überlaufhohlraum (28) zum Entfernen des überschüssigen Aufbaumaterials auszubilden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt der Anordnung eines Filters (32) in dem Luftstrompfad, um die überschüssige Menge an Aufbaumaterial aus dem Luftstrom zu filtern.

17. Verfahren nach Anspruch 16, ferner mit dem Schritt der Anordnung eines Entfeuchtungselements (36) in dem Luftstrompfad, um Feuchtigkeit aus dem gefilterten Luftstrom zu entfernen.

18. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Saugpumpe (34) Luft entlang dem Luftstrom zurückführt.

19. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit den Schritten: Anordnen eines Ventils (39) zwischen der Saugpumpe (34) und dem Überlaufhohlraum (28); und über das Ventil (39) verbinden der Saugpumpe (34) mit einem manuell beweglichen Einlass (38).

20. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt, ein Pflugelement (49) mit der Arbeitsfläche (22) in Berührung zu bringen, um eine Ansammlung

von losem Aufbaumaterial um die Aufbaukammer (26) herum zu verhindern.

21. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit den Schritten: Bereitstellen der Vielzahl von Binderdüsen 47''a bis 47''m); Anordnen der Binderdüsen in einer Vielzahl von Binderkassetten (45''a bis 45''m); Verbinden jeder Binderdüse mit einem Vorrat einer Binderlösung; und Steuern jeder Binderdüse, um eine kontrollierte Menge der Binderlösung an kontrollierten Stellen jeder inkrementellen Schicht des Aufbaumaterials abzuscheiden.

22. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit den Schritten: Einschließen der Arbeitsfläche (22) in einem Arbeitsbereich (20) bei einem ersten Luftdruck mit in der Luft schwebendem Aufbaumaterial darin; Einschließen der Einrichtungen, die durch das in der Luft schwebende Aufbaumaterial beschädigt werden können, in einem Reinbereich (50) bei einem zweiten Luftdruck; und Erzeugen eines Luftstroms aus dem Reinbereich (50) zu dem Arbeitsbereich (20) durch eine Teilabdichtung (90), welche den Arbeitsbereich (20) von dem Reinbereich (50) trennt, wobei eine mechanische Verbindung durch die Teilabdichtung (90) vorliegt.

23. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt der Erzeugung einer Wand des Zuführungsbehälters (24) und der Aufbaukammer (26) aus einem entsprechenden einheitlichen Materialband.

24. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit den Schritten: Verbinden der Vielzahl von Binderdüsen (47) mit Farbstoffzusätzen; und Abscheiden einer kontrollierten Menge der Farbstoffe an kontrollierten Stellen auf einer Schicht des Aufbaumaterials.

25. Verfahren nach Anspruch 16, ferner mit dem Schritt der Montage eines in Bezug auf den Zuführungsbehälter, die Aufbaukammer und den Überlaufhohlraum beweglichen Portals (40), wobei das Portal (40) aufweist: die Vielzahl von Binderdüsen (47), die mit einem Bindervorrat (75) verbunden sind, um Binder an ausgewählten Stellen auf dem Aufbaumaterial auf dem Aufbautisch abzuscheiden; und eine Reinigungsanordnung (43) zum Entfernen von Aufbaumaterial von den Binderdüsen (47).

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei die Reinigungsanordnung (43) ein Wischerelement aufweist und ferner eine Reinigungslösung aufweist, um Auf-

baumaterial von dem Wischerelement zu reinigen.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei die Reinigungslösung Binder ist, welcher aus wenigstens einer von den Binderdüsen (47) strömt.

28. Verfahren nach Anspruch 24, ferner mit dem Schritt der Anordnung eines Abtragslements (29) auf der Arbeitsfläche angrenzend an den Überlaufhohlraum (28), um Schmutz von dem Portal (40) zu entfernen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

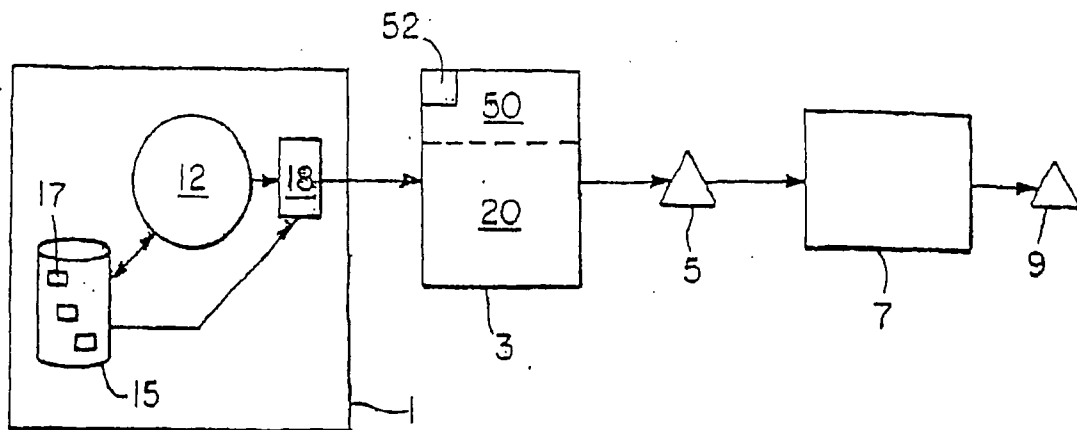


FIG. 1

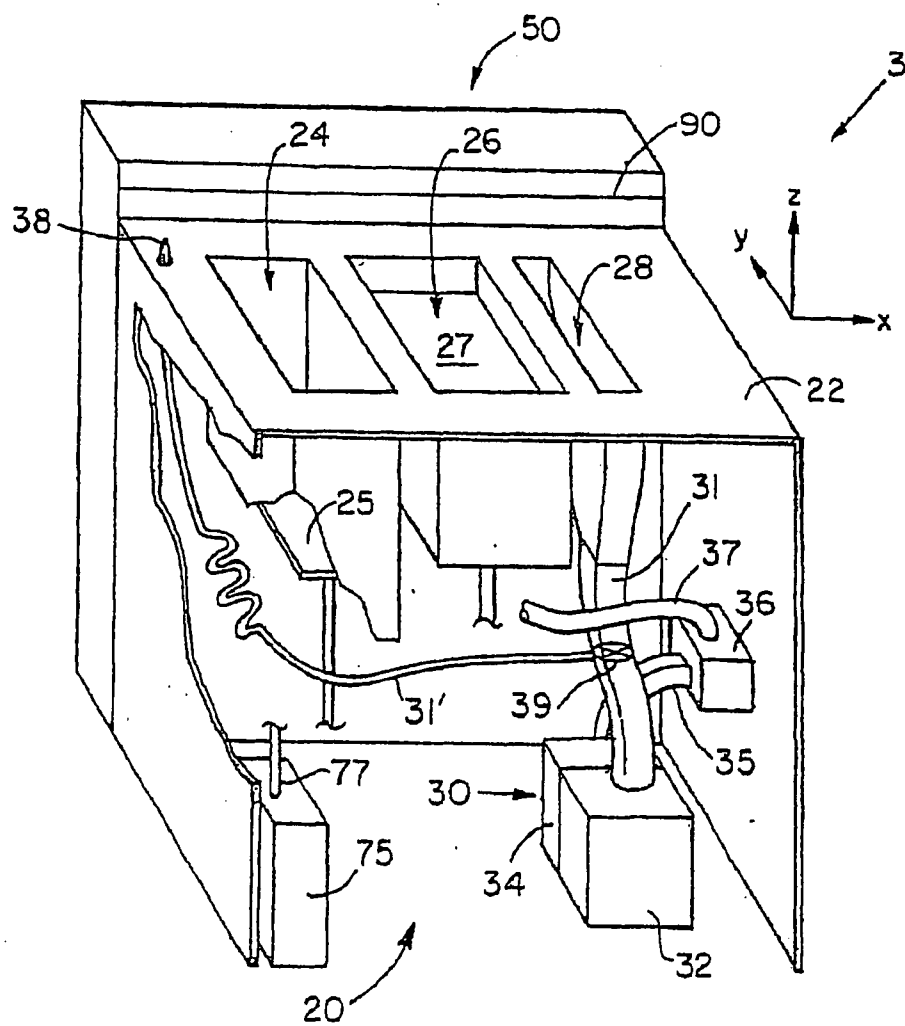


FIG. 2

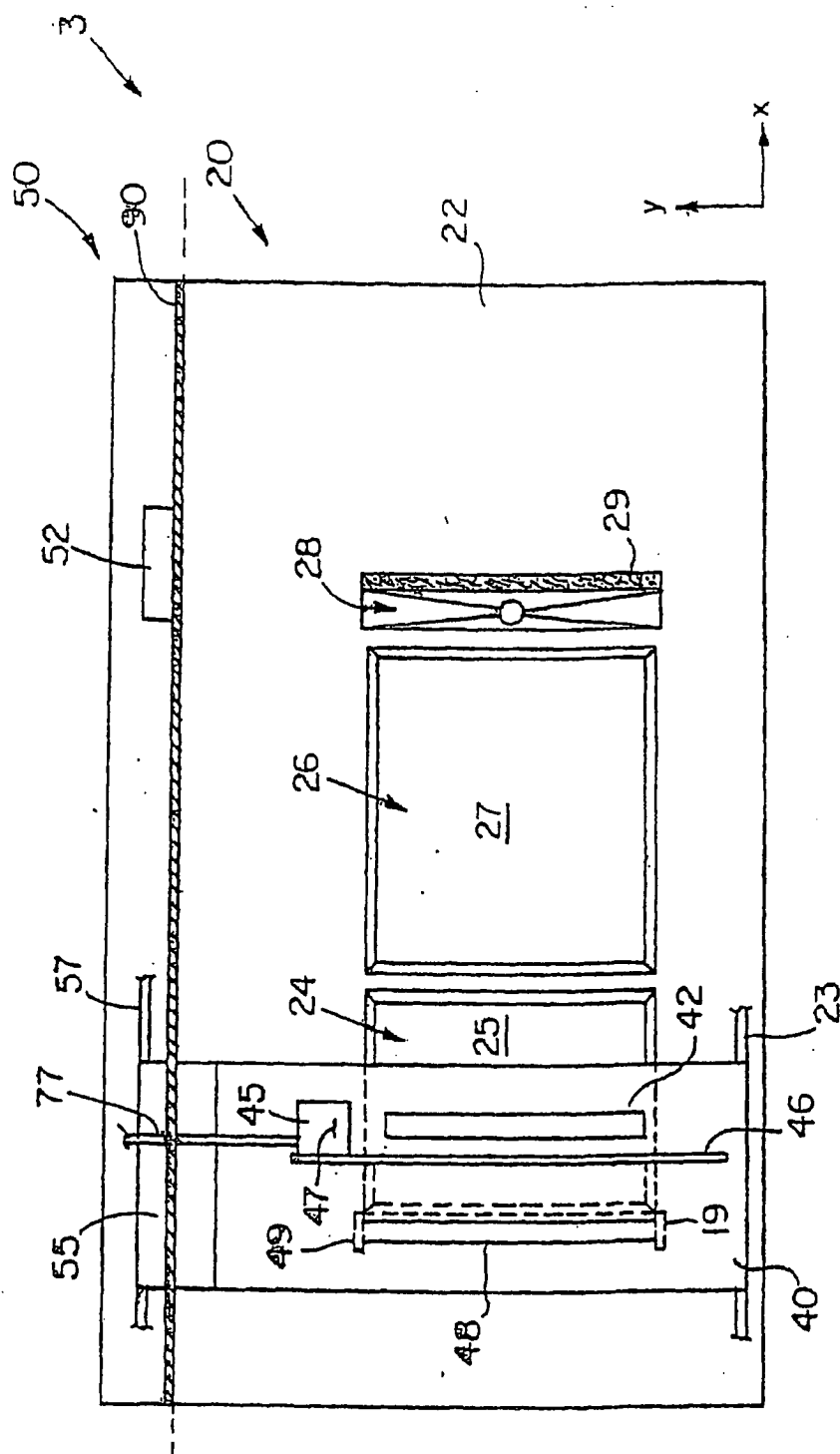


FIG. 3

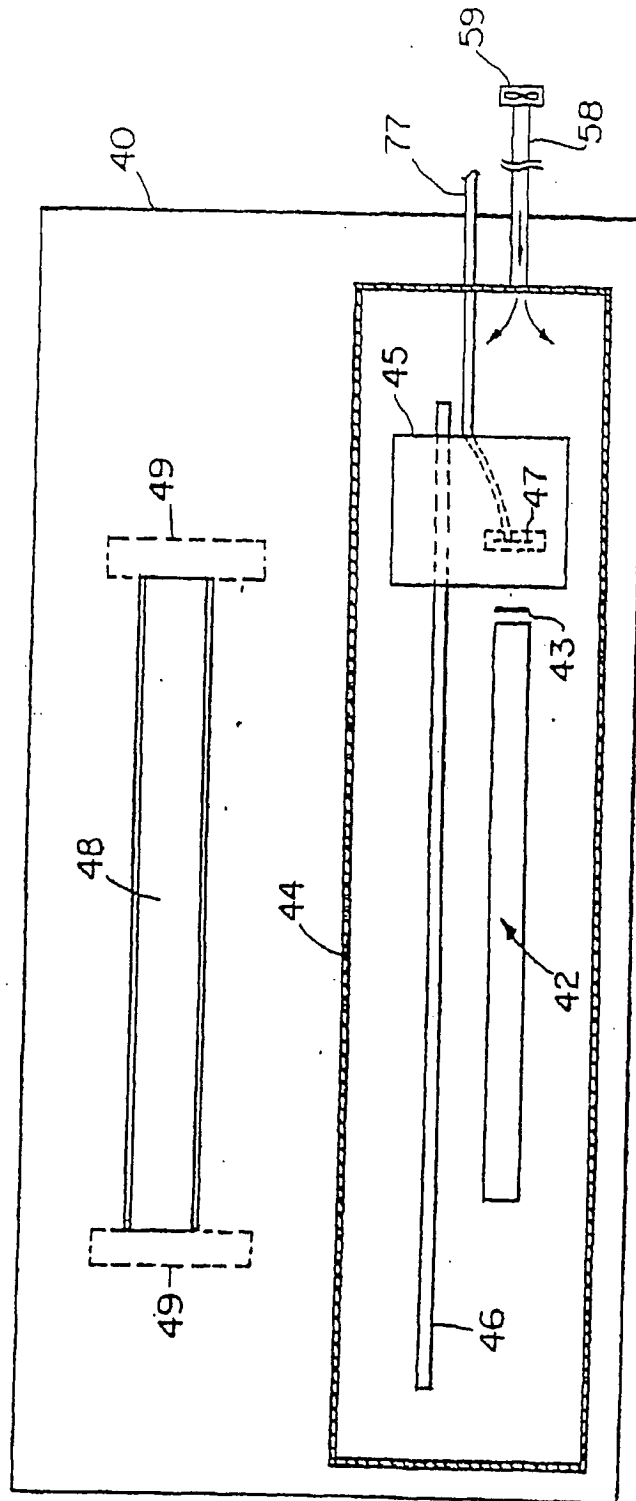


FIG. 4

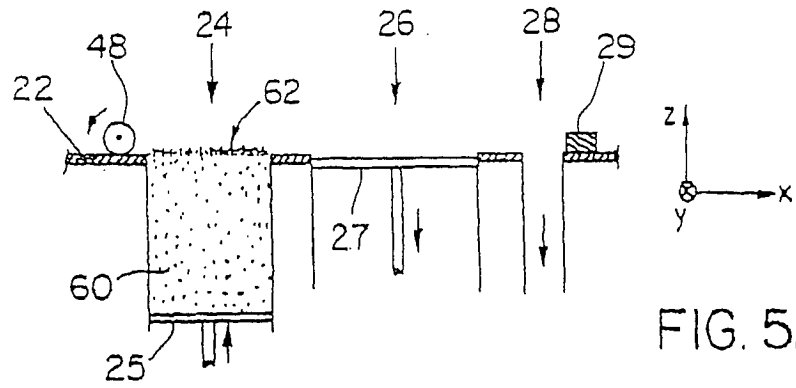


FIG. 5A

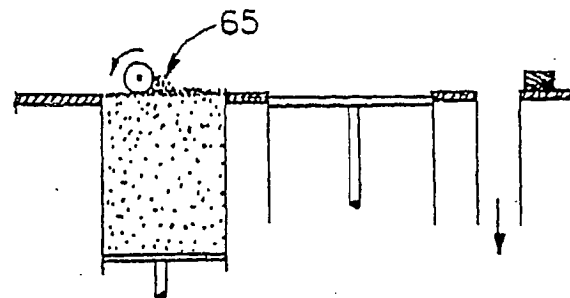


FIG. 5B

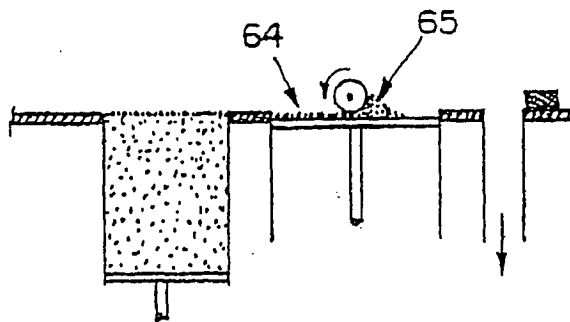


FIG. 5C

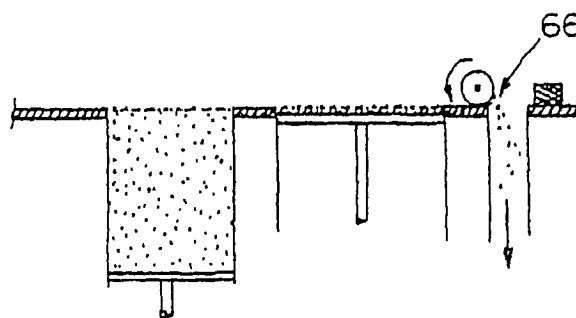


FIG. 5D

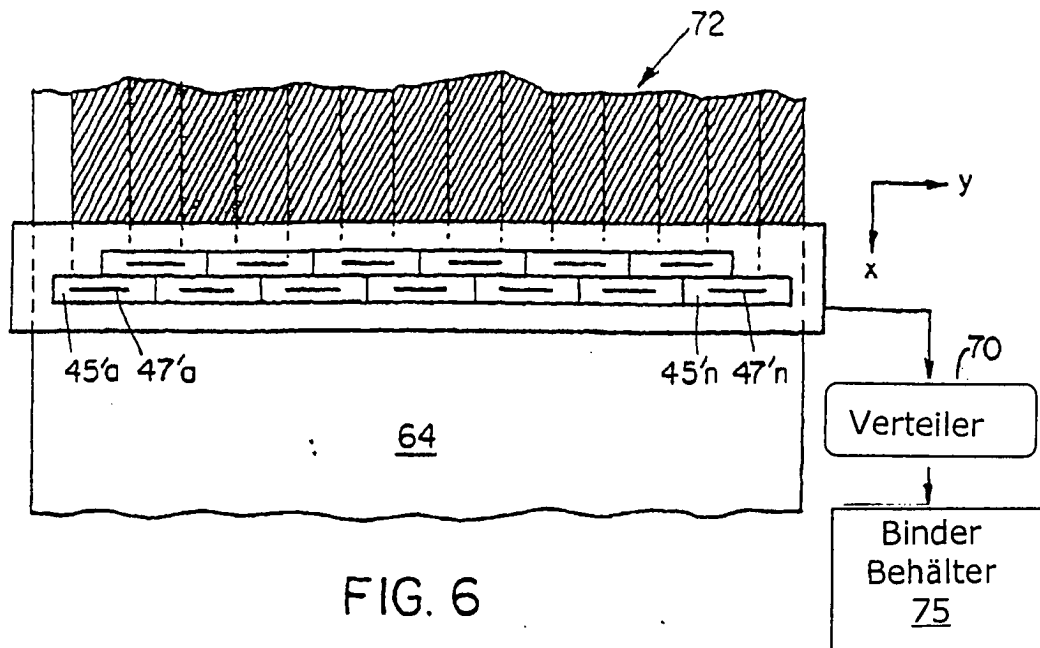


FIG. 6

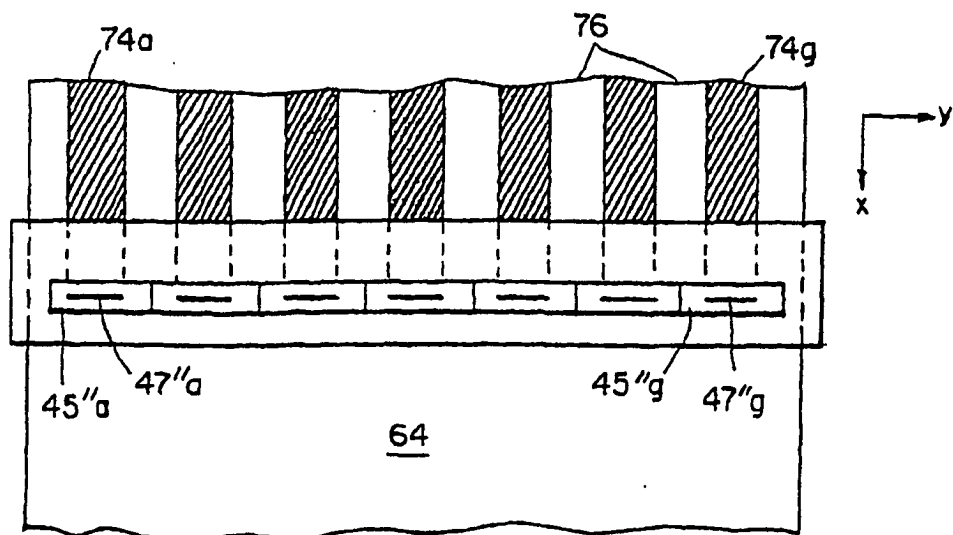


FIG. 7

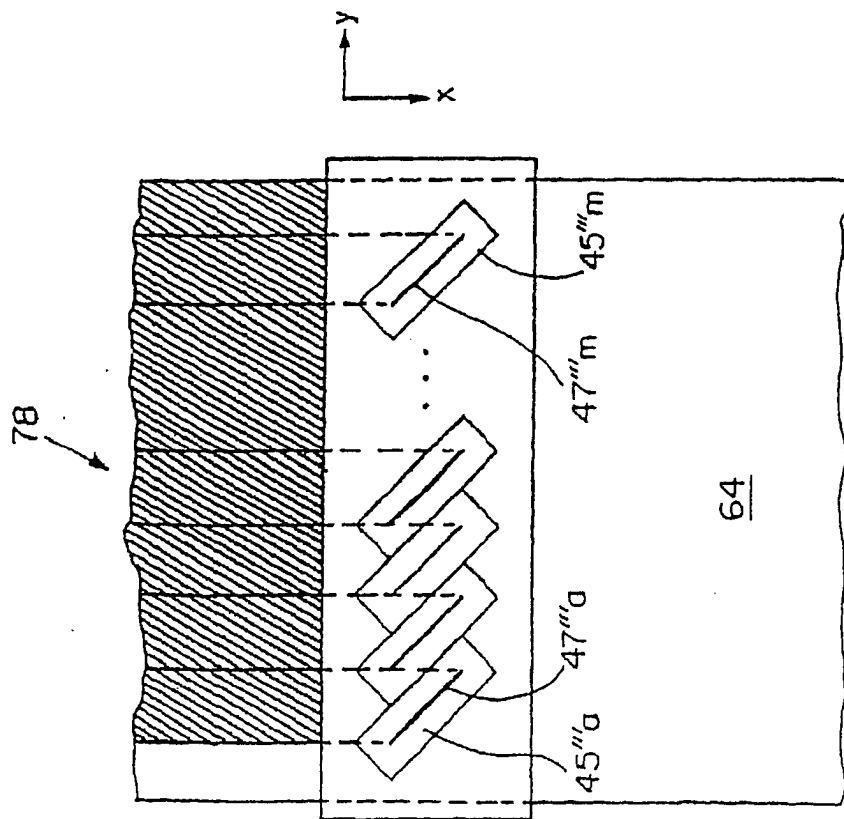


FIG. 8

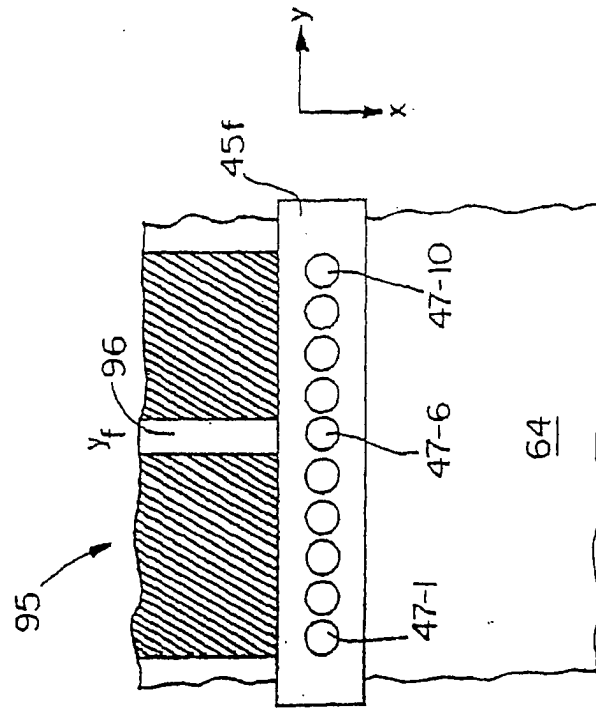


FIG. 9

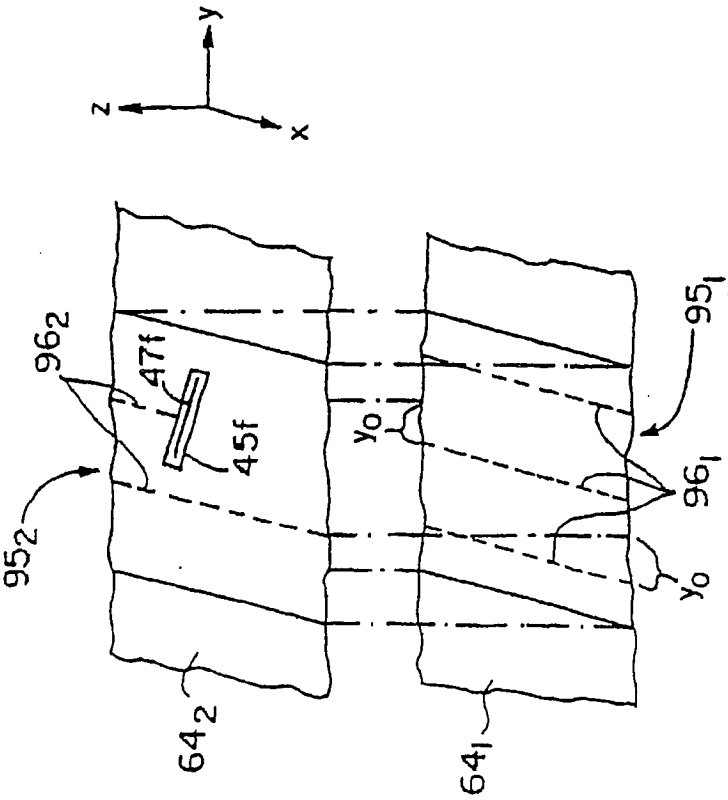


FIG. 10

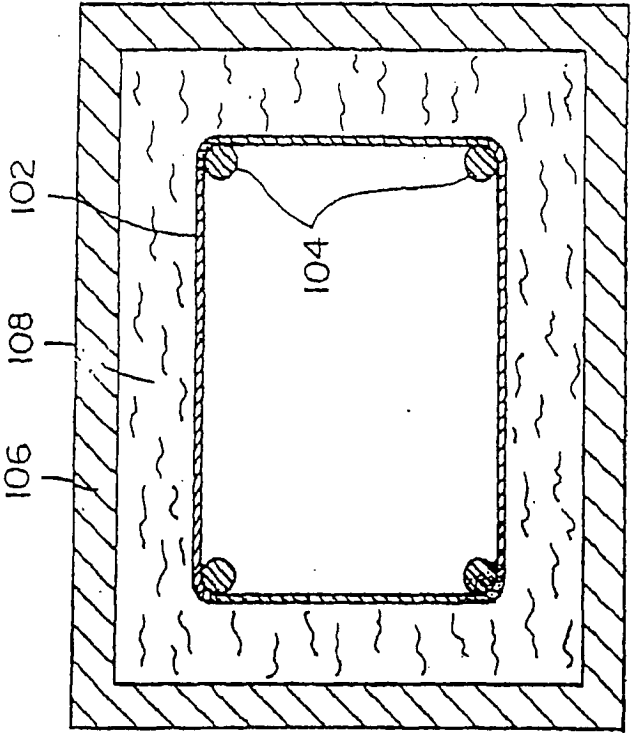


FIG. 11