



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 055 326 A1** 2008.05.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 055 326.8**

(22) Anmeldetag: **23.11.2006**

(43) Offenlegungstag: **29.05.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B29C 67/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Voxeljet Technology GmbH, 86167 Augsburg, DE

(74) Vertreter:
Wagner, S., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80538 München

(72) Erfinder:
Kashani, Kaveh, 80807 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 103 42 882 A1

EP 17 00 686 A2

WO 07/0 39 450 A1

WO 06/0 24 373 A2

WO 05/0 25 780 A1

WO 98/28 124 A3

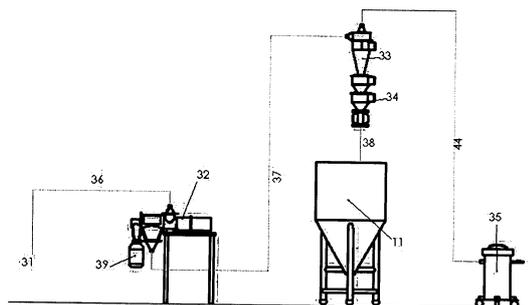
WO 01/07 239 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Förderung von überschüssigem Partikelmaterial beim Aufbau von Modellen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Förderung von überschüssigem Partikelmaterial beim Aufbau von Modellen. Zur Förderung des Partikelmaterials von einer Erfassungsstelle bis zu einem Prozesspulvervorrat ist dabei ein durchgehendes pneumatisches Fördersystem vorgesehen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Förderung von überschüssigem Partikelmaterial beim Aufbau von Modellen.

[0002] Verfahren zum schichtweisen Aufbau dreidimensionaler Bauteile sind schon seit längerer Zeit bekannt.

[0003] Beispielsweise wird in der europäischen Patentschrift EP 0 431 924 B1 ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte aus Computerdaten beschrieben. In diesem Dokument wird ausgeführt, dass Partikelmaterial dünn-schichtig auf eine Plattform aufgetragen und selektiv mittels eines Druckkopfes mit Binder bedruckt wird. Der bedruckte Bereich verklebt und verfestigt sich unter dem Einfluss des Binders. Anschließend wird die Plattform um eine Schichtdicke abgesenkt und mit einer neuen Schicht Partikelmaterial versehen, die wieder selektiv entsprechend der Form des zu bildenden Bauteiles bedruckt wird. Diese Schritte werden wiederholt, bis eine gewisse Höhe erreicht ist. Aus den bedruckten und verfestigten Bereichen entsteht so ein dreidimensionales Objekt. Dieses Objekt ist in loser Partikelmaterial eingebettet. Nach dem Bauprozess wird es entnommen und von loser Partikelmaterial befreit.

[0004] Bei einem solchen Verfahren fallen beim und nach dem Herstellungsprozess große Mengen ungenutzten Partikelmaterials an. Dieses Partikelmaterial wird gesiebt und/oder anderweitig wiederaufbereitet und dem Prozess wieder zugeführt.

[0005] Dem Fachmann ist aus der Praxis ein Verfahren bekannt, bei dem ungenutztes und/oder überschüssiges Partikelmaterial vom Bediener der Anlage mittels einer Schaufel aufgenommen und in einem Behälter gesammelt wird. Dieser Behälter wird dann in eine Siebmaschine entleert. Das gesiebte Partikelmaterial gelangt in einen weiteren Behälter, von wo es wieder der Vorrichtung zum Aufbau von Modellen zugeführt werden kann.

[0006] Bei großen Anlagen und oder großen Mengen an Partikelmaterial ist der Aufwand für eine solche so genannte manuelle Wiederaufbereitung des Pulvers sehr hoch.

[0007] Ferner kann bei der Verarbeitung und Handhabung des Partikelmaterials Material verschüttet und Staub aufgewirbelt werden. Dies ist für den Bediener unangenehm oder sogar gefährlich. Risiken ergeben sich aus der Rutschgefahr durch verschüttetes Partikelmaterial und ein Gesundheitsrisiko beim Einatmen des Partikelmaterials und gegebenenfalls eine Explosionsgefahr durch aufgewirbelten Staub.

[0008] Aus der Gebrauchsmusterschrift DE 201 07 262 U1 ist eine Vorrichtung Wiederaufbereitung von Partikelmaterial beschrieben. Bei dieser Vorrichtung geschieht der Materialtransport durch 4 getrennt gesteuerte Schneckenförderer, es werden 2 Siebmaschinen verwendet und eine separate Dosier- und Mischeinrichtung. Insgesamt ist die Vorrichtung sehr aufwendig, stör anfällig und teuer, sie bedarf einer komplexen Steuerung und weist einen relativ hohen Platzbedarf auf.

[0009] In EP 1 700 686 A2 ist eine weitere Vorrichtung und ein Verfahren zum Wiederaufbereiten von Partikelmaterial beschrieben. Auch hier werden vier verschiedene pneumatische Förderer und eine Vielzahl von Ventilen verwendet. Dieses komplexe System bedarf einer aufwendigen Steuerung.

[0010] Die Förderleitungen stehen durch die eingesetzte Druckförderung unter Überdruck. Bei einer Undichtigkeit wird Partikelmaterial in die Umgebung ausgeblasen.

[0011] Weiter wird ein Verfahren beschrieben, mit dem eine besonders gründliche Durchmischung des prozessierten Partikelmaterials erzielt werden kann, um dem anschließenden Prozess ein Partikelmaterial mit gleichbleibenden Eigenschaften zur Verfügung stellen zu können. Dies ist jedoch nicht immer notwendig. Prozesse wie das oben beschriebene 3D-Drucken benötigen keine so aufwendige Homogenisierung des Partikelmaterials.

[0012] Es ist daher ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine einfache, zuverlässige, flexible, kompakte und kostengünstige Vorrichtung zur Förderung von überschüssigem Partikelmaterial beim Aufbau von Modellen beispielsweise mittels eines Rapid Prototyping-Verfahrens bereitzustellen, wobei zur Förderung des Partikelmaterials von einer Erfassungsstelle bis zu einem Prozesspulvervorrat ein durchgehendes pneumatisches Fördersystem vorgesehen ist.

[0013] Mit einer solchen erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es möglich, das Partikelmaterial schnell und ohne hohen Arbeitsaufwand aufzunehmen, wieder aufzubereiten und dem Prozess zurückzuführen.

[0014] Durch den Saugluftstrom des pneumatischen Fördersystems kann das Partikelmaterial auch effizient aufgenommen werden. Gegebenenfalls an der Absaugstelle aufgewirbeltes Partikelmaterial wird mit eingesaugt. Auf diese Weise wird die Staubbelastung und damit die damit verbundenen Gefahren erheblich gemindert.

[0015] Da das Partikelmaterial in einem durchgehenden, das heißt einem zusammenhängenden, oder in gewisser Weise geschlossenen System ver-

arbeitet wird, entsteht keine Umweltbelastung und Gefahr durch austretenden Pulverstaub.

[0016] Unter geschlossen ist gemäß der vorliegenden Erfindung zu verstehen, dass von der Erfassungsstelle bis zu einem Prozesspulvervorrat, wie beispielsweise ein Silo kein Partikelmaterial austreten kann.

[0017] Unter überschüssigem Partikelmaterial ist vorzugsweise das Partikelmaterial zu verstehen, das zwar in einem Bauprozess verwendet wird, jedoch nicht für das endgültige Bauteil benötigt wird.

[0018] Überschüssiges Pulver oder auch Abfallpulver tritt bei einem Rapid-Prototyping-Prozess insbesondere an folgenden Stellen auf:

- Bei jedem Beschichtungsvorgang fällt verfahrensbedingt ein gewisser Teil des Partikelmaterials als unverbrauchtes Abfallpulver an. Der Beschichter überfährt das Baufeld und schiebt dabei eine Pulverwalze vor sich her. Er trägt eine gewisse Schichtdicke neues Partikelmaterial auf das Baufeld auf und glättet die Schicht mit Hilfe einer Klinge. Nach der Überfahrt bleibt ein Rest des Partikelmaterials vor der Beschichterklinge übrig und fällt bei Anlagen nach Stand der Technik in einen Abfallbehälter.
- Nach der Beendigung des Bauprozesses liegen die Bauteile, von loser Partikelmaterial umgeben, in dem Baucontainer vor. Zum Entpacken der Teile wird das umliegende Partikelmaterial abgesaugt oder anderweitig entfernt und die Bauteile entnommen.
- Die vereinzelt Bauteile sind von einer Lage lose anhaftendem Partikelmaterial umgeben und werden schließlich mittels Luftstahl, Pinsel oder anderen Mitteln gereinigt. Das anfallende Pulver wird gesammelt.

[0019] Eine Erfassungsstelle für das überschüssige Partikelmaterial kann daher an allen möglichen Orten sein. Beispielsweise käme dafür die Druckvorrichtung, der Baucontainer, die Entpackstation, die Reinigungsstation usw. in Frage.

[0020] Der Prozesspulvervorrat könnte als eine Sammelstelle angesehen werden oder direkt den allgemeinen Pulvervorrat für den Bauprozess darstellen, aus dem das Pulver dem Druckprozess wieder zugeführt wird.

[0021] Unter einem Fördersystem könnte eine Sauganlage zu verstehen sein, es wäre jedoch im Sinne der Erfindung ebenso vorstellbar, dass das Fördersystem mehrere Sauganlagen umfasst.

[0022] Der Luftstrom des pneumatischen Fördersystems könnte beispielsweise durch einen Unterdruckgenerator erzeugt werden. Dieser kann sich

entweder direkt an einem Abscheider befinden oder als separates Element ausgeführt sein. Als Unterdruckgenerator eignet sich beispielsweise ein elektrischer oder pneumatischer Sauger mit ausreichendem Fördervolumenstrom und Unterdruck.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist im pneumatischen Fördersystem ein Sieb enthalten. Bei einer derartigen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung könnte die Förderung des Partikelmaterials derart erfolgen, dass das Partikelmaterial eine Siebanlage passiert und dabei Verunreinigungen abgeseibt werden.

[0024] Das überschüssige Partikelmaterial kann üblicherweise wieder verwendet werden. Jedoch weist es unter Umständen Verunreinigungen, wie beispielsweise Schmutz, der von außerhalb der Anlage in das Partikelmaterial gelangt; Partikelmaterial, das durch Binderdämpfe oder Bindertropfen verklebt wurde und Agglomerate bildet; Partikelmaterial, das durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung versintert wurde und Agglomerate bildet; durch elektrostatische Kräfte agglomeriertes Partikelmaterial; abgebrochene Ecken von gedruckten Bauteilen auf.

[0025] Um das überschüssige Partikelmaterial von solchen gegebenenfalls enthaltenen Verunreinigungen zu Befreien wird es vorzugsweise mit einer Siebmaschine gesiebt. Dabei wird es gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung von der Saugluft in und durch die Siebmaschine gefördert.

[0026] Grundsätzlich eignen sich verschiedene Siebmaschinen für diese Anwendung. Sie sollten jedoch vorzugsweise dicht gegenüber der Umgebung sein, damit kein Pulver aus der Siebmaschine austreten kann und der Saugluftstrom ohne Verluste durch die Siebmaschine gelangt.

[0027] Geeignete Siebmaschinen könnten beispielsweise Wurfsiebmaschinen und Wirbelstromsiebmaschinen sein.

[0028] Die Art und Größe der Siebmaschine bestimmen den Durchsatz an Partikelmaterial und den Druckverlust der Saugluft. Die Siebanlage kann von einem Fachmann gemäß den Anforderungen des Gesamtsystems so dimensioniert werden, dass ausreichend Partikelmaterial durchgeseibt werden kann und der Druckverlust durch die Siebmaschine so gering ist, dass ein ausreichender Luftvolumenstrom erreicht wird.

[0029] Die Siebmaschine weist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens einen Überkornausfluss auf, durch den die Verunreinigungen, die vom Sieb zurückgehalten werden, ausgeschieden werden können. An diesen

Ausfluss wird ein luftdichter Behälter angeschlossen, in dem das Überkorn gesammelt wird. In regelmäßigen Abständen wird der Behälter durch den Bediener der Anlage oder automatisch geleert und das Überkorn entsorgt.

[0030] Die Maschenweite des Siebes sollte an das Partikelmaterial und die Anforderungen des Aufbauprozesses angepasst werden. Die Maschenweite entspricht üblicherweise dem Durchmesser der größten gewünschten Kornfraktion im Partikelmaterial. Sinnvolle Maschenweiten für Siebe in solchen Vorrichtungen könnten im Bereich von 70 bis 500 µm liegen.

[0031] Gegebenenfalls könnte in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Abscheider vorgesehen sein. In einem solchen Abscheider könnte das Partikelmaterial nach dem Sieben vom Saugluftstrom getrennt werden und fällt in einen Zielbehälter beziehungsweise Prozesspulvervorrat.

[0032] Dieser Abscheider kann zum Beispiel in Form eines Zyklonabscheiders und/oder eines filternden Abscheiders ausgeführt sein. Ein Fachmann kann je nach Anwendung und Partikelmaterial einen geeigneten, ihm bekannten, Abscheider auswählen.

[0033] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Prozesspulvervorrat luftdicht ausgeführt und direkt mit einem Abscheider verbunden.

[0034] Nach einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung könnte der Zielbehälter mittels einer Schleuse von dem Abscheider getrennt sein. Als Schleuse eignet sich beispielsweise eine Zellradschleuse zum kontinuierlichen Austrag von Partikelmaterial aus dem Abscheider in den Zielbehälter, eine Doppelpendelklappe zum kontinuierlichen Austrag von Partikelmaterial aus dem Abscheider in den Zielbehälter, oder eine durch den Unterdruck im System betätigte, einfache Pendelklappe, die beim Abschalten der pneumatischen Förderung öffnet und das Partikelmaterial ausgibt. Im letzteren beschriebenen Beispiel speichert ein Zwischenbehälter das abgeschiedene Partikelmaterial. Die Förderluft wird von Zeit zu Zeit, automatisch zeit- oder sensorgesteuert, oder manuell durch den Bediener, aber spätestens bei Erreichen des Höchstfüllstandes im Zwischenbehälter abgeschaltet und das Partikelmaterial in den Zielbehälter ausgegeben.

[0035] Der Durchsatz der Schleuse könnte zusätzlich durch einen geeigneten Sensor erfasst werden und in der Systemsteuerung weiterverarbeitet werden.

[0036] Dies könnte der Kontrolle des Pulveraufbereitungssystems oder zur Steuerung der integrierten

Mischanlage dienen.

[0037] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung überprüft dazu ein Sensor den Füllstand des Partikelmaterials im Schleusenbehälter.

[0038] Nach einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung überprüft dazu ein Sensor Drehungen des Rades einer Zellradschleuse.

[0039] Ferner weist die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer besonders bevorzugten Vorrichtung ein Erfassungselement auf.

[0040] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Erfassungselement in dem Bereich einer Vorrichtung integriert, bei dem das überschüssige Partikelmaterial anfällt. Bei der Vorrichtung handelt es sich zum Beispiel um eine Rapid-Prototyping-Anlage und/oder eine Vorrichtung zum Entpacken oder Säubern von Bauteilen.

[0041] Zum Entfernen des Partikelmaterials aus dieser Vorrichtung muss nunmehr nur die pneumatische Förderung an den entsprechenden Anschluss angeschlossen werden.

[0042] Mit dem Erfassungselement wird durch den Saugluftstrom an der Erfassungsstelle das Partikelmaterial aufgenommen und durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gefördert.

[0043] Hierbei könnte das Erfassungselement einen Saugstutzen und/oder eine Sauglanze aufweisen.

[0044] Sauglanzen ermöglichen das Absaugen von großen Mengen lagernden Partikelmaterials in einen Behälter.

[0045] Mit dem Erfassungselement wird durch den Saugluftstrom an der Absaugstelle das Partikelmaterial aufgenommen und durch die Aufbereitungsanlage gefördert.

[0046] Das Erfassungselement könnte gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Bearbeitungsstation und/oder einem Baucontainer zum Aufbau des Modells angeordnet sein.

[0047] Darüber hinaus könnte das Erfassungselement auch zusätzlich oder alternativ in einer Entpackstation und/oder einer Reinigungsstation angeordnet sein.

[0048] Das Abfallpulver wird an den entsprechenden Stellen erfasst und eingesaugt. Als Erfassungselemente eignen sich zum Beispiel Saugstutzen in verschiedener Form, auch kombiniert mit Bürsten, oder Sauglanzen.

[0049] Ferner könnte es vorteilhaft sein, dass das Erfassungselement zusätzlich an einem Frischpulverbehälter angeordnet ist.

[0050] Gemäß einer derartigen Ausgestaltung der Erfindung wäre es möglich, dass neben dem überschüssigen Partikelmaterial noch Frischpulver dem Prozesspulvervorrat zugeführt wird und dadurch gegebenenfalls nach einem zusätzlichen Mischvorgang direkt aus dem Prozesspulvervorrat wieder das Partikelmaterial für den Bauprozess bereitgestellt wird.

[0051] Um eine zu hohe Beladung der Saugluft mit Partikelmaterial und somit eine Überlastung des Pulveraufbereitungssystems zu vermeiden, könnten gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, gegebenenfalls in der Öffnungsweite verstellbare, Falschlufföffnungen an den Erfassungselementen vorgesehen sein.

[0052] Es könnte auch vorteilhaft sein, wenn die Vorrichtung derart ausgestaltet ist, dass mehrere, auch zuschaltbare Erfassungselemente vorgesehen sind. Diese Erfassungselemente könnten entweder gleichzeitig und/oder separat betrieben werden. Wird an mehreren Stellen abgesaugt, ist ein höherer Luftvolumenstrom notwendig. Ein Fachmann kann den Unterdruckgenerator nach den Anforderungen entsprechend dimensionieren.

[0053] Darüber hinaus könnte die Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weiterhin eine Wiederaufbereitungsvorrichtung für das Partikelmaterial umfassen.

[0054] Die pneumatische Fördereinrichtung befördert gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zudem das Partikelmaterial durch das gesamte Wiederaufbereitungssystem. Weitere Fördereinrichtungen sind nicht erforderlich.

[0055] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Förderung von überschüssigem Partikelmaterial beim Aufbau von Modellen, wobei das Partikelmaterial von einer Erfassungsstelle bis zu einem Prozesspulvervorrat durchgehend pneumatisch gefördert wird.

[0056] Gemäß einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens erfolgt die pneumatische Förderung durch ein Sieb erfolgt.

[0057] Hierbei könnte die Erfassungsstelle ein Baucontainer, eine Aufbaustation, eine Entpackstation und/oder eine Reinigungsstation sein.

[0058] Ferner könnte es vorteilhaft sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zusätzlich Frischpulver mitgefördert wird.

[0059] Hierbei könnte beispielsweise nach einer gewissen Menge an wiederaufbereitetem Partikelmaterial frisches Partikelmaterial eingesaugt werden. Dies könnte beispielsweise manuell durch den Bediener gesteuert werden, in dem er statt Abfallpulver neues Partikelmaterial aus einem Vorrat saugt. Eine automatische Steuerung wäre jedoch ebenfalls denkbar.

[0060] Ferner könnte es vorteilhaft sein, wenn vor der Zuführung zum Prozesspulvervorrat eine Wiederaufbereitung des Pulvers erfolgt.

[0061] Bei einigen Rapid Prototyping Verfahren, wie beispielsweise dem Lasersintern, muss verfahrensbedingt das überschüssige Pulver in einem gewissen Verhältnis mit neuem, unbenutztem Pulver vermischt werden. In einem solchen Fall ist für die Aufbereitung des Partikelmaterials zusätzlich eine genaue und automatisierte Zudosiereinrichtung für frisches Partikelmaterial notwendig.

[0062] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird eine Dosiereinrichtung in die Pulveraufbreitungsanlage integriert. Dabei wird nach einer gewissen Menge an wiederaufbereitetem Partikelmaterial eine genau dosierte Menge frisches Partikelmaterial eingetragen. Dies könnte automatisiert ohne Eingriff des Bedieners erfolgen. Das frische bzw. neue und das wiederaufbereitete Partikelmaterial vermischen sich dann beim Durchlaufen der Pulveraufbereitungsanlage, so dass schließlich ein homogenes Partikelmaterial erhalten wird. Die Dosiereinrichtung könnte dabei beispielsweise vor dem Abscheider im Unterdruckteil der Pulveraufbereitungsanlage und/oder hinter dem Abscheider und vor dem Zielbehälter integriert sein.

[0063] Werden sehr hohe Anforderungen an die Homogenität des Partikelmaterials gestellt, ist eine zusätzliche Mischeinrichtung notwendig um die unterschiedlichen Bestandteile des Partikelmaterials (z.B. frisches und gebrauchtes Partikelmaterial) zu einer homogenen Mischung zu verarbeiten.

[0064] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung könnte eine Mischanlage entweder vor dem Abscheider im Unterdruckteil der Pulveraufbereitungsanlage und/oder hinter dem Abscheider und/oder im Zielbehälter integriert sein.

[0065] Geeignete Mischanlagen umfassen beispielsweise statische Mischer als Einbauten in den Förderleitungen, Rührer, die sich in einem Behälter hinter dem Abscheider befinden, Mischer, die auf dem Prinzip des unterschiedlichen Haldenauf- und -abbaus in einem Behälter hinter dem Abscheider beruhen.

[0066] Dadurch, dass das Partikelmaterial mittels pneumatischer Saugförderung durch das Wiederauf-

breitungssystem gefördert wird herrscht im Inneren des Systems (z.B. Rohrleitungen, Siebmaschine) üblicherweise ein Unterdruck. Dieser kann das Austreten von Staub in die Umgebung durch eventuelle Undichtheiten verhindern.

[0067] Weiterhin kann es auch sinnvoll sein, unter Umständen in Abhängigkeit des verwendeten Aufbauprozesses, weitere Komponenten bzw., weitere Verfahrensschritte in der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. Verfahren zu integrieren.

[0068] Diese weiteren Komponenten könnten entweder vor dem Abscheider im Förderluftstrom der erfindungsgemäßen Vorrichtung und/oder hinter dem Abscheider und vor dem Zielbehälter integriert sein.

[0069] Zur näheren Erläuterung wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

[0070] In der Zeichnung zeigt dabei:

[0071] [Fig. 1](#) die Abfolge beim 3D-Drucken als beispielhaftes RP-Verfahren;

[0072] [Fig. 2](#) den schematischen Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

[0073] [Fig. 3](#) eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

[0074] [Fig. 4](#) eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform;

[0075] [Fig. 5](#) eine erfindungsgemäße Absaugvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform

[0076] [Fig. 6](#) eine erfindungsgemäße Absaugvorrichtung gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform

[0077] Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) wird im Folgenden die Abfolge des 3D-Druckens als schichtweisen Aufbau von Modellen aus Partikelmaterial und Bindemittel bei einem Rapid-Prototyping-Verfahren beschrieben.

[0078] Beim Aufbau eines Bauteiles, wie beispielsweise eines Gussmodells, wird eine Bauplattform **4**, auf der das Modell aufgebaut werden soll, um eine Schichtstärke des Partikelmaterials **5** abgesenkt. Danach wird das Partikelmaterial **5**, beispielsweise das sehr feine und alkohollösliche Kunststoffpulver auf Basis von Polyethylmethacrylat, mit Hilfe eines Beschichters **1** in einer gewünschten Schichtstärke auf die Bauplattform **4** aufgetragen. Danach schließt sich

das selektive Auftragen von Bindemittel, auf auszuhärtende Bereiche an. Dies kann beispielsweise mittels eines Drop-on-demand-Tropfenerzeugers **3**, nach Art eines Tintenstrahldruckers, durchgeführt werden. Diese Auftragungsschritte werden wiederholt, bis das fertige Bauteil, eingebettet in loses Partikelmaterial **5** über seine gesamte Höhe aufgebaut ist.

[0079] Am Anfang steht der Beschichter **1** in der Ausgangslage, was in [Fig. 1a](#) dargestellt ist.

[0080] Wie in [Fig. 1b](#) dargestellt ist, wird im Folgenden zum Aufbau eines Modells die Bauplattform **4** um mehr als eine Schicht abgesenkt.

[0081] Danach fährt der Beschichter **1**, wie in [Fig. 1c](#) gezeigt, ohne Partikelmaterial auszustoßen in die Position gegenüber der Befüllvorrichtung **2**, bis er über dem Rand der Bauplattform **4** steht.

[0082] Nun wird die Bauplattform **4** genau auf Schichthöhe angehoben, was aus [Fig. 1d](#) ersehen werden kann. Das heißt, dass die Bauplattform **4** nun genau um eine Schichthöhe abgesenkt ist.

[0083] Anschließend fährt der Beschichter **1** in konstanter Fahrt über die Bauplattform **4**. Dabei gibt er Partikelmaterial **5** in genau der richtigen Menge ab und beschichtet die Bauplattform **4**. Dies ist in [Fig. 1e](#) gezeigt.

[0084] Der Beschichter **1** fährt nach der Beschichtungsfahrt ohne Schwingbewegung in Eilfahrt zur Ausgangsposition zurück. Restliches Partikelmaterial **6** vor der Beschichterklinge fällt in den Abfallschacht **7**. Dort sammelt sich das Abfallpulver **8** über mehrere Schichten hinweg an.

[0085] Der Beschichter kann bei Bedarf über die Befüllvorrichtung **2** neu befüllt werden. Dies ist in [Fig. 1f](#) gezeigt.

[0086] Der Druckkopf **3** überfährt nun die Bauplattform **4** und dosiert dabei den Binder selektiv an den Stellen ein, wo eine Aushärtung erzielt werden soll. Dies ist in [Fig. 1g](#) dargestellt.

[0087] Nachdem der Druckkopf **3** in Ausgangslage zurück gefahren ist befinden sich alle Komponenten wieder in Anfangsposition. Dies ist in [Fig. 1h](#) dargestellt, die der [Fig. 1a](#) entspricht.

[0088] Der Druckprozess des Bindemittels auf das Partikelmaterials **1** kann schon während oder auch nach dem Beschichten erfolgen.

[0089] Die Schritte 1a bis 1h wiederholen sich bis das Bauteil, eingebettet in loser Partikelmaterial, über die gesamte Höhe gedruckt wurde.

[0090] Das Bauteil wird ausreichende Zeit im Pulverbett gelassen, bis es eine genügende Festigkeit besitzt.

[0091] Danach kann es herausgenommen und von anhaftenden Pulverresten gereinigt werden.

[0092] Das Bauteil kann durch geeignete Prozesse nachbehandelt werden.

[0093] Bezug nehmend auf [Fig. 2](#) wird eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

[0094] Anfangs befindet sich das Partikelmaterial im Prozesspulvorrat **11**, von wo es in die Vorrichtung zum Aufbau von Modellen eingebracht wird.

[0095] Das anfallende Abfallpulver wird gemäß der gezeigten Ausführungsform in einem Abfallpulvercontainer **21** zwischengespeichert. Von dort gelangt es nach der Beendigung des Bauprozesses pneumatisch in die Pulverauffbereitungsanlage **15**.

[0096] Die gedruckten Bauteile befinden sich nach dem Herstellungsprozess, vom losen Partikelmaterial umgeben, in einem Baucontainer **17**.

[0097] Der Baucontainer **17** wird nach Fertigstellung der Bauteile in die Entpackstation **13** gesetzt. Dort wird das, im Baucontainer **17** vorliegende, ungebundene Partikelmaterial entfernt, die Bauteile werden vereinzelt und vom umliegenden Partikelmaterial befreit. Das lose Partikelmaterial gelangt wiederum pneumatisch in die Pulverauffbereitungsanlage **15**.

[0098] Die vereinzelt Bauteile werden schließlich in der Reinigungsstation **14** von restlichem anhaftendem Partikelmaterial gesäubert. Das abfallende Partikelmaterial gelangt in die Pulverauffbereitungsanlage **15**. Die Bauteile **24** liegen nun gereinigt vor und können je nach Bedarf weiter verarbeitet werden.

[0099] In der Pulverauffbereitungsanlage **15** wird das angefallene Partikelmaterial gesammelt, gereinigt und wieder aufbereitet. Je nach Bedarf wird frisches Partikelmaterial aus dem Frischpulvorrat **41** zugemischt.

[0100] Das aufbereitete Partikelmaterial gelangt nun wieder in den Prozesspulvorrat **11** und der beschriebene Kreislauf beginnt von vorne.

[0101] Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) wird Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beschrieben.

[0102] Überschüssiges, unter Umständen verschmutztes Partikelmaterial wird an der Erfassungsstelle **31** aufgenommen. Zum Absaugen von großen

Mengen Partikelmaterial aus einem Behälter eignet sich als Erfassungselement besonders eine Sauglanze. Zum gezielten Absaugen von Pulver aus dem Baucontainer wird vorzugsweise eine Saugdüse verwendet.

[0103] Dabei befinden sich Falschlufföffnungen in entsprechender Größe am Erfassungselement, um eine Überladung des Saugluftstroms mit Partikelmaterial **36** zu verhindern.

[0104] Das Partikelmaterial gelangt mit dem Luftstrom **36** in die Siebmaschine **32**, nach Art einer Wirbelstromsiebmaschine. Verschmutzungen und verklebtes Partikelmaterial werden in den Überkornbehälter **39** befördert.

[0105] Das gereinigte Partikelmaterial wird mit dem Luftstrom **37** weiter in den Abscheider **33** gefördert. Der Abscheider **33** trennt das Partikelmaterial von dem Luftstrom **37**. Das Partikelmaterial fällt in eine Zwischenkammer.

[0106] Daran schließt sich eine Schleuse **34**, bestehend aus einer Pendelklappe, eine Schleusenkammer und ein Quetschventil an. Das Partikelmaterial fällt an der Pendelklappe vorbei in die Schleusen-kammer. Das Quetschventil wird zeitgesteuert in regelmäßigen Abständen geöffnet und wieder geschlossen. Beim Öffnen des Quetschventils schließt die Pendelklappe durch den im Abscheider **33** herrschenden Unterdruck. Das wieder aufbereitete Pulver **38** in der Schleusen-kammer entleert sich in den Prozesspulvorrat **11**. Beim Schließen des Quetschventils öffnet die Pendelklappe und Partikelmaterial strömt von der Zwischenkammer in die Schleusen-kammer.

[0107] Im Prozesspulvorrat **11** wird das aufbereitete Partikelmaterial gelagert. Der 3D-Drucker entnimmt daraus das für seinen Betrieb nötige Partikelmaterial.

[0108] Der Luftstrom ohne Partikelmaterial **44** wird im pneumatischen Fördersystem **35** erzeugt.

[0109] Bezug nehmend auf [Fig. 4](#) wird eine Pulverauffbereitungsanlage gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt.

[0110] Das verschmutzte Partikelmaterial wird, wie bereits beschrieben, an der Erfassungsstelle **31** aufgenommen.

[0111] Das Partikelmaterial gelangt mit dem Luftstrom **36** in die Siebmaschine **32**, nach Art einer Wirbelstromsiebmaschine. Verschmutzungen und verklebtes Partikelmaterial wird in den Überkornbehälter **39** ausgegeben.

[0112] Das gereinigte Partikelmaterial wird mit dem Luftstrom **37** in den Abscheider **33** gefördert. Der Abscheider **33** trennt das Partikelmaterial von dem Luftstrom. Es fällt in eine Zwischenkammer.

[0113] Daran schließt eine Schleuse **34**, bestehend aus einer Pendelklappe, eine Schleusenkammer und ein Quetschventil an. Zunächst ist das Quetschventil geschlossen. Das Partikelmaterial fällt an der Pendelklappe vorbei in die Schleusenkammer. Das Quetschventil wird geöffnet, sobald sich die Schleusenkammer zu einem bestimmten Teil gefüllt hat. Dies wird durch einen geeigneten Sensor an entsprechender Stelle in der Schleusenkammer detektiert und an die Steuerung weitergeleitet.

[0114] Durch den im Abscheider **33** herrschenden Unterdruck schließt die Pendelklappe zwischen Schleusenkammer und Zwischenkammer. Das wieder aufbereitete Pulver **38** in der Schleusenkammer entleert sich in den Prozesspulvervorrat **11**.

[0115] Nachdem das gesamte Partikelmaterial ausgeflossen ist schließt das Quetschventil. Die Pendelklappe öffnet und es kann wieder Partikelmaterial in die Schleusenkammer fließen.

[0116] Bei jedem n-ten Schleusentakt, also wenn eine gewisse Menge an Partikelmaterial aufbereitet wurde, startet die Steuerung die Zentralschleuse **42** für eine gewisse Anzahl von Umdrehungen. Die Anzahl der Schleusentakte n liegt vorzugsweise zwischen 1 und 10 und besonders vorzugsweise bei 1. Die Zentralschleuse **42** entnimmt eine bestimmte, gesteuerte Menge an frischem Partikelmaterial aus dem Frischpulvervorrat **41** und gibt sie auf dem Luftstrom **36** auf.

[0117] Die Auffrischrate ist das Verhältnis von wiederaufbereitetem zu frischem Partikelmaterial. Die Menge an wiederaufbereitetem Partikelmaterial kann durch die Taktzahl n bestimmt. Die Menge an frischem Partikelmaterial wird durch die Zudosiereinrichtung für frisches Partikelmaterial **42** festgelegt. Eine vorzugsweise elektronische Steuerung steuert und überwacht den Ablauf der Pulverauffbereitungs- und Mischeinrichtung. Der Bediener gibt der Steuerung die Mengen und somit die Auffrischrate so vor, wie es vom Rapid-Prototyping-Prozess benötigt wird.

[0118] Die Auffrischungsrate liegt vorzugsweise zwischen 5 und 50 %.

[0119] Beim Durchlaufen der Pulverauffbereitungsanlage mischt sich das frische Partikelmaterial mit dem wieder aufbereiteten Partikelmaterial, so dass nach der Aufbereitung schließlich homogen durchmisches Partikelmaterial im Prozesspulvervorrat **11** vorliegt.

[0120] Im Prozesspulvervorrat **11** wird das aufbereitete Partikelmaterial gelagert. Der 3D-Drucker entnimmt daraus das für den Betrieb benötigte Partikelmaterial.

[0121] Der Förderluftstrom wird im pneumatischen Fördersystem **35** erzeugt. Vom Abscheider **33** geht der Luftstrom ohne Partikelmaterial **44** zum Sauger **35**.

[0122] Bezug nehmend auf [Fig. 5](#) wird eine Absaugvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt.

[0123] Gesammeltes Partikelmaterial wird mittels einer Sauglanze aus dem Abfallpulvercontainer **21** gesaugt.

[0124] Die Sauglanze weist zwei ineinander liegende Rohre unterschiedlichen Durchmessers auf. Am innen liegenden, dünnen Rohr **53** wird der Saugschlauch zur Pulverauffbereitungsanlage **55** angeschlossen.

[0125] Die Lanze wird, mit der anderen Seite voran, in einen mit Partikelmaterial gefüllten Behälter wie dem Abfallpulvercontainer **21** gesteckt. Saugluft **52** strömt zwischen den innen liegenden Rohr **53** und außen liegenden Rohr **54** zum offenen Ende **56** des innen liegenden Rohres **53**. Hier reißt es umliegendes Partikelmaterial **51** mit und befördert es mit dem Saugluftstrom **36** weiter.

[0126] Dies geschieht ohne weiteres zutun des Bediener selbstständig bis der Behälter **21** geleert ist.

[0127] Bezug nehmend auf [Fig. 6](#) wird eine Absaugvorrichtung gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt.

[0128] Partikelmaterial wird mittels eines Saugstutzens **62** aufgenommen. Das Partikelmaterial wird in der Öffnung **61** aufgenommen und durch den Saugschlauch **55** zur Pulverauffbereitungsanlage gefördert.

[0129] Seitlich am Stutzen **62** befindet sich eine Falschlufföffnung **63**. So wird eine zu hohe Beladung der Saugluft mit Partikelmaterial verhindert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Förderung von überschüssigem Partikelmaterial beim Aufbau von Modellen, wobei zur Förderung des Partikelmaterials von einer Erfassungsstelle bis zu einem Prozesspulvervorrat ein durchgehendes pneumatisches Fördersystem vorgesehen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei im pneumatischen Fördersystem ein Sieb enthalten ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei im pneumatischen Fördersystem ein Abscheider enthalten ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Erfassungselement vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erfassungselement einen Saugstutzen aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erfassungselement eine Sauglanze aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erfassungselement in einer Bearbeitungsstation und/oder einem Baucontainer zum Aufbau des Modells angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erfassungselement in einer Entpackstation und/oder einer Reinigungsstation angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erfassungselement zusätzlich an einem Frischpulverbehälter angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erfassungselement Falschlufföffnungen aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere, auch zuschaltbare Erfassungselemente vorgesehen sind.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, zwischen Abscheider und Prozesspulvervorrat eine Wiederaufbereitungsvorrichtung für das Partikelmaterial vorgesehen ist.

13. Verfahren zur Förderung von überschüssigem Partikelmaterial beim Aufbau von Modellen, wobei das Partikelmaterial von einer Erfassungsstelle bis zu einem Prozesspulvervorrat durchgehend pneumatisch gefördert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die pneumatische Förderung durch ein Sieb erfolgt.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 14, wobei die Erfassungsstelle ein Baucontainer, eine Aufbaustation, eine Entpackstation und/oder eine Reinigungsstation ist.

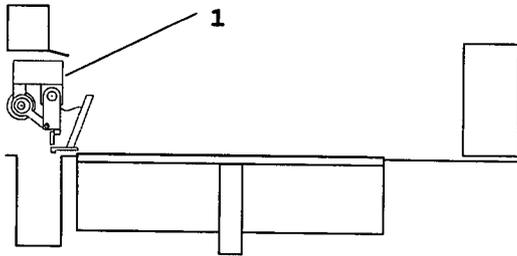
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 15, wobei zusätzlich Frischpulver mitgefördert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei nach der Förderung eine Wiederaufbereitung des Pulvers erfolgt.

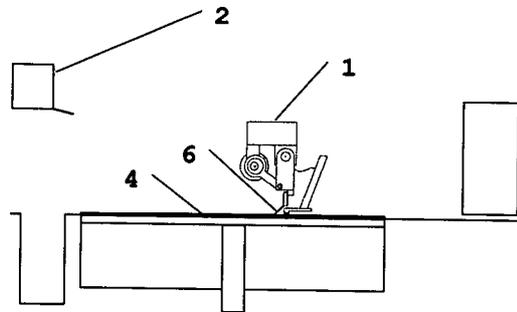
Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

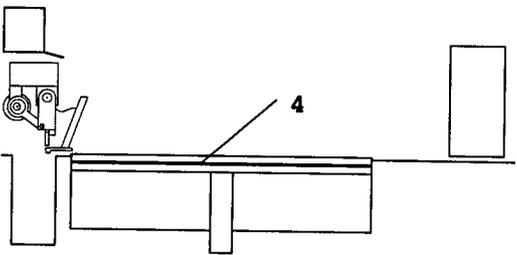
1a



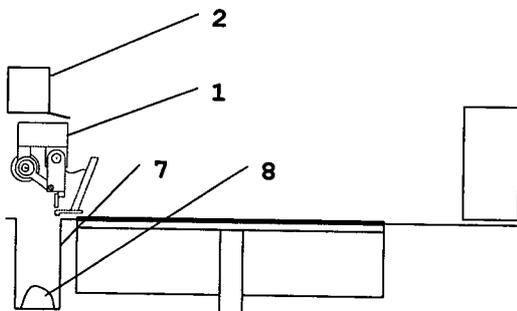
1e



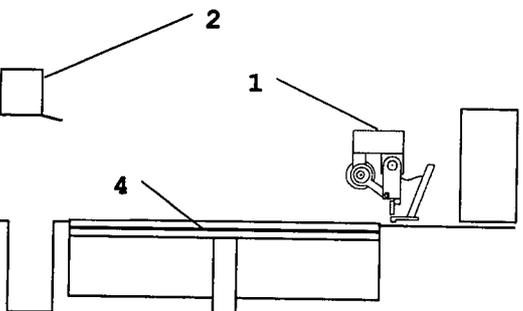
1b



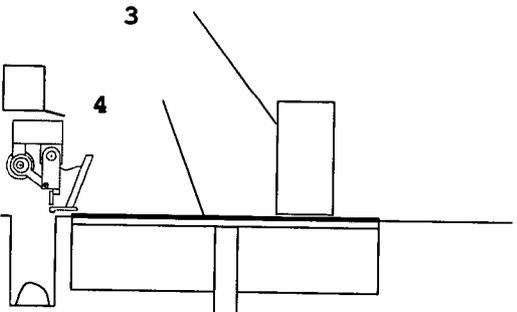
1f



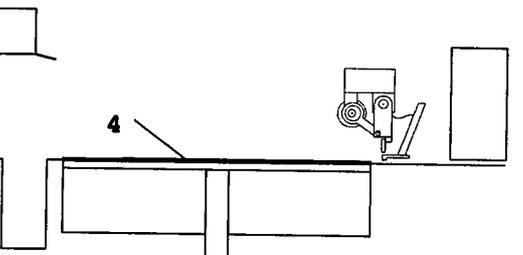
1c



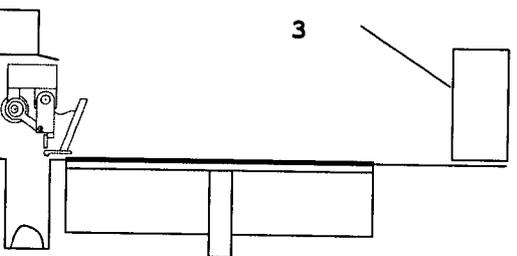
1g



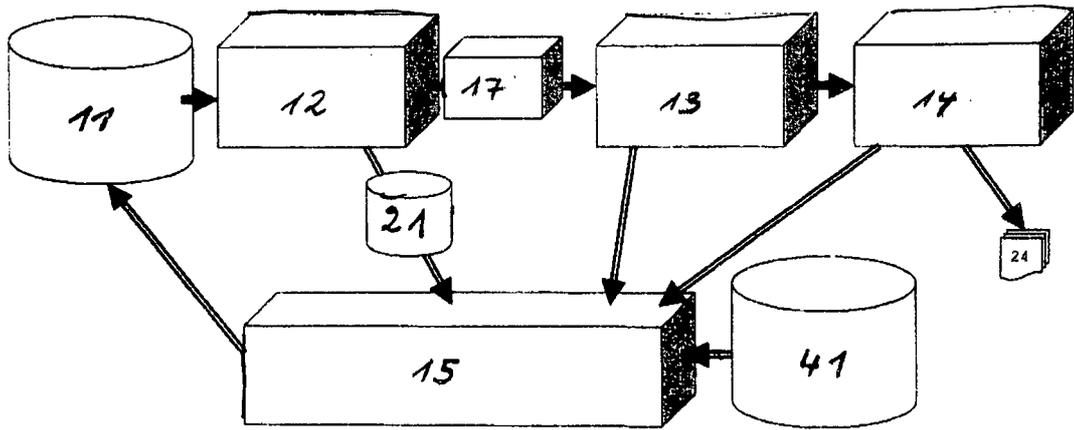
1d



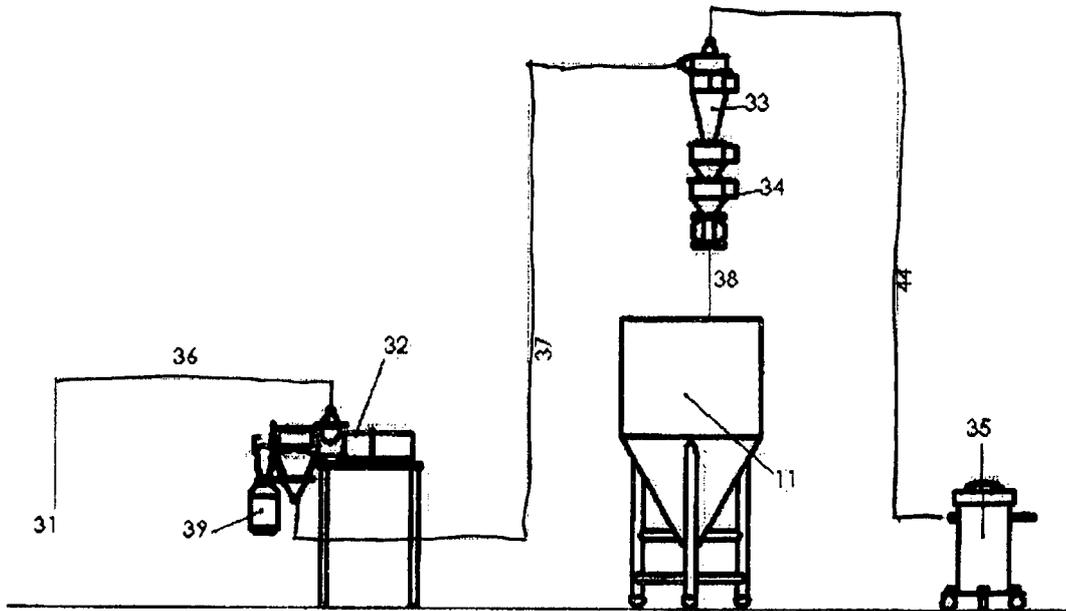
1h



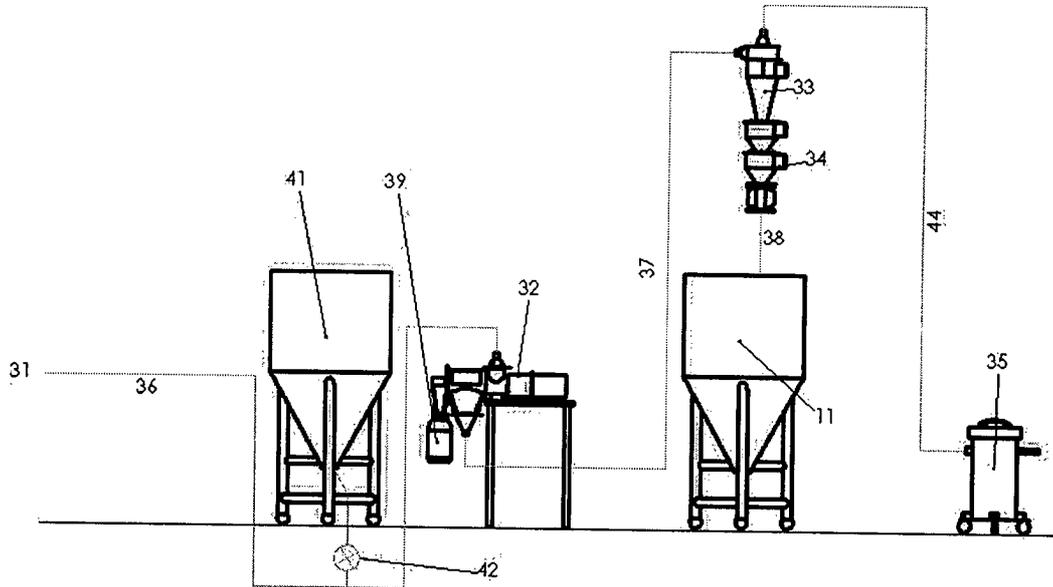
Figur 1



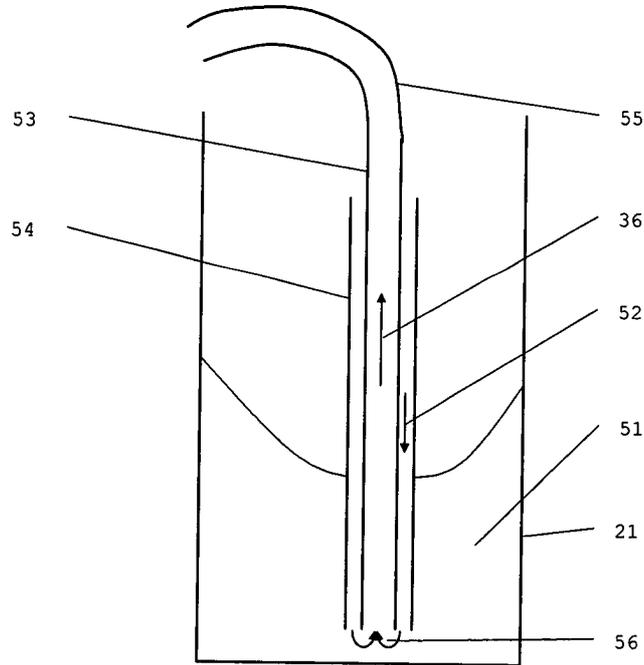
Figur 2



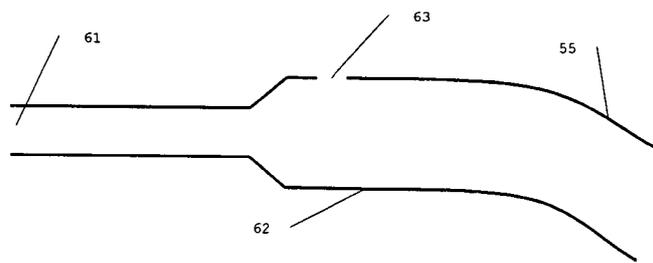
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6