



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 09 744 T2** 2006.12.07

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 418 965 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61M 5/30** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 09 744.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB02/03412**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 755 103.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/011380**

(86) PCT-Anmeldetag: **25.07.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **13.02.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.05.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **08.03.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.12.2006**

(30) Unionspriorität:
0118266 26.07.2001 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(73) Patentinhaber:
PowderJect Research Ltd., Oxford, GB

(72) Erfinder:
**KENDALL, Mark Anthony Fernance, The Oxford
Science Park, Oxford OX4 4GA, GB**

(74) Vertreter:
**Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert,
80539 München**

(54) Bezeichnung: **SCHALLDÄMPFUNGSVORRICHTUNG UND VERFAHREN FÜR EINE NADELLOSE SPRITZE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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 vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet von Partikelabgabe und insbesondere nadellose Spritzen, welche Partikel in einem Gasstrom beschleunigen, um sie so in ein Ziel (beispielsweise das Gewebe eines Probanden) abzugeben.

[0002] Die WO 94/24263 offenbart eine nadellose Spritze für die Injektion von Partikeln. Bei einer Aktivierung der Vorrichtung wird unter Druck stehendes Gas einer kleinen Brechkammer zugeführt, in welcher eine Partikelkassette angeordnet ist, die aus zwischen zwei zerbrechbaren Membranen angeordneten Partikeln besteht. Sobald der Druck in der kleinen Brechkammer einen bestimmten Wert erreicht hat, brechen die Membranen und Gas wird weiterhin zugeführt, so dass die Partikel eine Düse hinab und in das Ziel beschleunigt werden. Nachdem die Partikel auf das Ziel aufgeprallt sind, wird das zur Beschleunigung der Partikel verwendete Gas an einer Reihe von Prallblechen vorbei geleitet, um die reflektierte Schockwelle abzubauen und einen Schalldämpfungseffekt zur Verfügung zu stellen, bevor das Gas in die Atmosphäre entlüftet wird.

[0003] Bei einer Vorrichtung dieser Art weist die Kammer, in welcher sich Gas aufbaut, anfangs ein kleines Volumen auf, und Gas, welches nach einem Brechen der Membranen in die Kammer strömt, ist bei der Beschleunigung der Partikel wichtig. Diese Tatsache wird durch die WO 99/01168 bestätigt, in welcher eine Vorrichtung, die ein Ventil mit einer großen Fläche aufweist, bereitgestellt wird, so dass Gas nach dem Brechen der Membranen weiterhin aus dem Gasreservoir und die Düse hinab strömen kann. Diese Druckschrift schlägt den gleichen Schalldämpfungsmechanismus wie die WO 94/24263 vor.

[0004] Die WO 01/05455, auf welcher der Oberbegriff von Anspruch 1 basiert, offenbart eine nadellose Spritzenvorrichtung, bei welcher sich im Wesentlichen alle abgegebenen Partikel in einer quasi stetigen Gasströmung befinden, welche nach dem Durchlaufen eines Startprozesses hergestellt wird. Dies ermöglicht, dass die Partikel zuverlässig und wiederholt abgegeben werden.

[0005] Im Gegensatz zu der WO 94/24263 und der WO 99/01168 schlägt die WO 01/05455 die Verwendung eines Ausströmlochs vor, welches den Gasstrom von dem Reservoir zu der Kammer hinter einem Verschlussmittel beschränkt, sobald das Verschlussmittel gebrochen ist. Tatsächlich werden im Wesentlichen alle Partikel von dem Gas, welches sich hinter dem Verschlussmittel vor dem Brechen aufbaut, beschleunigt, und das Gas, welches nach dem Brechen aus dem Reservoir strömt, hat einen vernachlässigbaren Effekt auf die Beschleunigung der Partikel.

[0006] Man hat festgestellt, dass die von der Vorrichtung der WO 01/05455 emittierte Schockwelle bewirken kann, dass im Gebrauch ein lautes Geräusch von der Vorrichtung ausgeht. Es ist wünschenswert, dass dieses Geräusch möglichst leise gehalten wird, um so eine Beunruhigung von Benutzern der Vorrichtung zu vermeiden. Gegenwärtig ist kein Schalldämpfer vorgeschlagen worden, welcher für eine Benutzung bei einer Spritze von der in der WO 01/05455 offenbarten Form geeignet ist.

[0007] Ein Versuch, die Schalldämpfungslehren der WO 94/24263 oder der WO 99/01168 auf die Spritze der WO 01/05455 anzuwenden, hat sich nicht als fruchtbar erwiesen, da der frühere Schalldämpfer unter Druck stehendes Gas auf einen Bereich nahe der Zielebene beschränkt, was eine wesentliche Abhebekraft erzeugt, welche dazu neigt, die Vorrichtung weg aus dem Kontakt mit dem Ziel zu bewegen. Dies ist unerwünscht, da die Vorrichtung während der Injektion mit dem Ziel in Kontakt bleiben sollte, falls eine richtige Injektion sicherzustellen ist, und da ein Abheben der Vorrichtung Gas freigibt, was ermöglicht, dass Schall austritt, wodurch der Lärm zunimmt. Jedes Abheben ermöglicht auch, dass Partikel in die Atmosphäre entkommen, anstatt auf das Ziel aufzuprallen. Der hohe Druck nahe der Zielebene behindert auch den Partikelstrom, was zu niedrigeren Partikelauflaufgeschwindigkeiten führt, wodurch die Leistungscharakteristik der Vorrichtung verringert wird.

[0008] Somit besteht ein Bedarf an einer nadellosen Spritze, welche den verbesserten Betrieb der WO 01/05455 aufweist, aber welche in ihrem Betrieb ruhiger ist, wobei die Schalldämpfung die Leistungscharakteristik der Vorrichtung bei der Partikelabgabe nicht beeinflusst. Die Lehre der vorliegenden Erfindung kann ebenfalls vorteilhaft auf andere Arten von nadellosen Spritzen angewandt werden.

[0009] Entsprechend stellt die vorliegende Erfindung eine nadellose Spritzenvorrichtung bereit, umfassend: eine Energiequelle; wenigstens ein Ausströmloch, wobei das Ausströmloch bzw. die Ausströmlöcher eine effektive Ausströmlochfläche für den Durchgang von unter Druck stehendem Gas durch dasselbe bzw. durch dieselben von der En-

ergiequelle zu einer Treiberkammer zur Mitnahme von Partikeln und zur Beschleunigung derselben in ein Ziel aufweist bzw. aufweisen; und
 einen Schalldämpfer zum Empfangen des Gases von der Treiberkammer und zum Entlüften des Gases zu der Umgebung des Schalldämpfers durch wenigstens eine Schalldämpferentlüftungsöffnung, wobei die Entlüftungsöffnung bzw. die Entlüftungsöffnungen eine effektive Entlüftungsfläche aufweist bzw. aufweisen; wobei die effektive Ausströmlochfläche und die effektive Entlüftungsfläche derart sind, dass während des Gebrauchs der Vorrichtung zur Partikelabgabe der Gasmassendurchsatz durch die effektive Entlüftungsfläche im Wesentlichen gleich dem oder größer als der Gasmassendurchsatz durch die effektive Ausströmlochfläche ist.

[0010] Die Tatsache, dass der Gasmassendurchsatz durch die Entlüftungsfläche gleich dem oder größer als der Gasmassendurchsatz durch die Ausströmlochfläche ist, stellt sicher, dass ebensoviel Gas oder mehr Gas, wie bzw. als durch die Energiequelle bereitgestellt wird, die Vorrichtung während des Betriebs verlässt. Dies stellt sicher, dass der Druck in der Schalldämpferabschirmung der Vorrichtung nicht zunimmt, wenn die Vorrichtung betätigt wird, und dient somit dazu, einen schädlichen Aufbau von Gegendruck zu begrenzen, welcher dazu führen kann, dass die Vorrichtung von der Zielebene abhebt. Bevorzugt sind die Entlüftungsfläche und die Ausströmlochflächen so bemessen, dass sichergestellt ist, dass während des Gebrauchs der Massendurchsatz durch die Entlüftungsfläche größer als der Massendurchsatz durch die Ausströmlochfläche ist, so dass nach der anfänglichen Expansion von Gas von der Treiberkammer zu der Abschirmung der Druck in der Abschirmung während des Gebrauchs tatsächlich abnimmt. Bevorzugt ist die Entlüftungsfläche hinreichend klein, um eine angemessene Schalldämpfung zur Verfügung zu stellen, und hinreichend groß, um sicherzustellen, dass sich während des Gebrauchs kein Druck in der Vorrichtung aufbaut.

[0011] Bevorzugt ist die Energiequelle ein Reservoir von unter Druck stehendem Gas, beispielsweise Helium oder Stickstoff.

[0012] Um sicherzustellen, dass der Gasmassendurchsatz durch die Entlüftungsfläche größer als der Gasmassendurchsatz durch die Ausströmlochfläche ist, sollte das Verhältnis der Entlüftungsfläche zu der Ausströmlochfläche gleich oder größer als eine Konstante k sein, welche durch den folgenden Ausdruck gegeben ist:

$$k = \frac{\left(\frac{\gamma_1}{R_1} \right) \left(1 - \frac{\gamma_1 - 1}{2} \right)^{\gamma_1 - \frac{1}{2}}}{\left(\frac{\gamma_2}{R_2} \right) \left(1 - \frac{\gamma_2 - 1}{2} \right)^{\gamma_2 - \frac{1}{2}}} \frac{P_0}{P_s} ,$$

wobei γ_1 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas in dem Reservoir ist, R_1 die Gaskonstante für das Gas in der Energiequelle (dem Reservoir) ist, γ_2 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas in der Umgebung ist, R_2 die Gaskonstante für das Gas in der Umgebung ist, P_0 der Druck der Energiequelle ist, nachdem Gas von dem Schalldämpfer empfangen worden ist, und P_s der Druck im Schalldämpfer ist, nachdem Gas von dem Schalldämpfer empfangen worden ist.

[0013] Weiter bevorzugt sollte das Verhältnis der Entlüftungsfläche zu der Ausströmlochfläche größer als oder gleich $1,2k$ sein, um einen hinreichenden Druckabfall in dem Schalldämpfer sicherzustellen. Um eine angemessene Schalldämpfung sicherzustellen, sollte das Verhältnis der Entlüftungsfläche zu der Ausströmlochfläche bevorzugt weniger als $20k$, weiter bevorzugt weniger als $10k$, noch weiter bevorzugt weniger als $5k$ sein.

[0014] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst der Schalldämpfer eine Abschirmung, welche ein vorherbestimmtes Volumen aufweist, um das von der Treiberkammer empfangene Gas vor seiner Entlüftung aufzunehmen.

[0015] Das Volumen der Abschirmung, das Volumen der Treiberkammer und die Größe der Austrittsöffnung sollte bevorzugt derart gewählt werden, dass, wenn der Verschluss geöffnet ist und Gas von der Treiberkammer zu der Abschirmung strömt, der resultierende Druckausgleich in einer Abhebekraft auf die Vorrichtung von weniger als $20N$, weiter bevorzugt weniger als $15N$ resultiert.

[0016] In dieser Beschreibung umfasst der Begriff „Verschluss“ sowohl „Verschlussmittel“ als auch „Verschlusselement“.

[0017] Bevorzugt werden die Partikel durch eine Partikelaustrittsöffnung in der Abschirmung abgegeben, welche während des Gebrauchs auf das Ziel gedrückt wird.

[0018] Bevorzugt ist die wenigstens eine Schalldämpferentlüftungsöffnung durch wenigstens ein Loch ausgebildet, welches in der Abschirmung vorgesehen ist, und dieses wenigstens eine Loch ist bevorzugt in dem stromaufwärtigen Ende der Vorrichtung angeordnet, so dass das Gas im Wesentlichen die Länge der Vorrichtung zurücklegen muss, bevor es durch das wenigstens eine Loch entlüftet werden kann.

[0019] Um weitere Durchgänge für das Gas bereitzustellen, kann eine Abdeckung an der Vorrichtung angebracht sein, um einen ringförmigen Kanal für den Durchgang von Gas von der Abschirmung zu der Umgebung zu erzeugen. Dieser ringförmige Kanal kann eine Mehrzahl von Prallblechen umfassen, welche mit dem aus der Abschirmung entlüfteten Gasstrom wechselwirken und alle Schockwellen in dem Gasstrom dämpfen. Alternativ oder zusätzlich können Prallbleche oder Ähnliches innerhalb des Abschirmungsvolumens selbst enthalten sein.

[0020] Bevorzugt wird das Partikel enthaltende Gas, welches aus der Treiberkammer strömt, durch eine Düse aufgeweitet, welche mit der Treiberkammer verbunden ist, und diese Düse ist bevorzugt im Wesentlichen richtig aufgeweitet, obwohl sie dies nicht sein muss, um eine angemessene Leistungscharakteristik zu erhalten.

[0021] Um die während des Gebrauchs der Vorrichtung wahrgenommene Abhebekraft weiter zu beschränken, sollte die Partikelaustrittsöffnung in der Abschirmung bevorzugt nicht mehr als 100% größer als die Austrittsfläche der Düse sein. Die Partikelaustrittsöffnung sollte auch axial von dem Düsenaustritt beabstandet sein, so dass ein Pfad für die Entlüftung von Gas zur Verfügung gestellt wird.

[0022] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Schalldämpfung eines partikelbeschleunigenden Gasstroms bereit, wobei das Verfahren umfasst:

- (a) Zuführung von unter Druck stehendem Gas durch ein Ausströmloch mit einem ersten Massendurchsatz;
- (b) Beschleunigung von Partikeln mit dem unter Druck stehenden Gas, welches so zugeführt wird, so dass die Partikel eine Geschwindigkeit erreichen werden, welche hinreichend für ein Eindringen in ein Ziel ist;
- (c) Empfangen des Gases in einem Schalldämpfer und Entlüften des empfangenen Gases zu der Umgebung durch wenigstens eine Schalldämpferentlüftungsöffnung mit einem zweiten Massendurchsatz; wobei der zweite Massendurchsatz im Wesentlichen gleich dem ersten Massendurchsatz oder größer als der erste Massendurchsatz ist.

[0023] Erfindungsgemäße Ausführungsbeispiele werden nun nur beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten schematischen Figuren weiter beschrieben werden, wobei:

[0024] [Fig. 1](#) eine axialsymmetrische Querschnittsansicht einer nadellosen Spritzenvorrichtung mit einem Schalldämpfer nach der vorliegenden Erfindung ist;

[0025] [Fig. 2](#) eine erste Seitenquerschnittsansicht eines zweckmäßigen Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung ist;

[0026] [Fig. 3](#) eine zweite Seitenquerschnittsansicht des Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung von [Fig. 2](#) entlang der Linie X-X in [Fig. 2](#) ist;

[0027] [Fig. 4](#) ein Graph von Druck in der Abschirmung gegen die Zeit für drei verschiedene Ausströmlochgrößen ist;

[0028] [Fig. 5](#) eine Querschnittsansicht eines Teils einer nadellosen Spritze ist, welche eine Transferdurchführung zeigt, die die Treiberkammer und die Partikelrückhaltekommer verbindet;

[0029] [Fig. 6](#) ein Graph ist, welcher einen Druck in der Treiberkammer und der Partikelrückhaltekommer für den Fall zeigt, dass das Ausströmloch zu klein ist;

[0030] [Fig. 7](#) ein Graph ist, welcher einen Druck in der Treiberkammer und der Partikelrückhaltekommer für den Fall zeigt, dass das Ausströmloch zu groß ist;

[0031] [Fig. 8](#) ein Graph ist, welcher einen Druck in der Treiberkammer und der Partikelrückhaltekommer für den Fall zeigt, dass das Ausströmloch richtig bemessen ist;

- [0032] [Fig. 9](#) eine Zeichnung einer Partikelrückhalteanordnung (auch als eine Partikelkassette bezeichnet) nach der vorliegenden Erfindung ist;
- [0033] [Fig. 10a](#) bis [Fig. 10d](#) Zeichnungen sind, welche Phasen in der Strömung von Gas um die Partikelrückhalteanordnung zeigen, während welcher Partikel fluidisiert und in einem Gasstrom mitgenommen werden;
- [0034] [Fig. 11](#) eine Querschnittsansicht eines zweiten Kassettenteils ist, wobei der zweite Kassettenteil ein Teil der Partikelrückhalteanordnung der vorliegenden Erfindung ist;
- [0035] [Fig. 12](#) eine Querschnittsansicht eines ersten Kassettenteils ist, wobei der erste Kassettenteil ein Teil der Partikelrückhalteanordnung der vorliegenden Erfindung ist;
- [0036] [Fig. 13](#) eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A in [Fig. 12](#) ist;
- [0037] [Fig. 14](#) eine Querschnittsansicht eines dritten Kassettenteils ist, wobei der dritte Kassettenteil ein Teil der Partikelrückhalteanordnung der vorliegenden Erfindung ist;
- [0038] [Fig. 15](#) eine Querschnittsansicht einer zusammengebauten Partikelrückhalteanordnung nach der vorliegenden Erfindung ist;
- [0039] [Fig. 16](#) zwei teilweise aufgeschnittene Perspektivansichten eines Ausführungsbeispiels der Partikelrückhalteanordnung nach der vorliegenden Erfindung zeigt;
- [0040] [Fig. 17](#) das Ergebnis einer numerischen Fluidodynamikberechnung zeigt, welches die Gasgeschwindigkeit in der Partikelrückhalteanordnung während des Gebrauchs zeigt; und
- [0041] [Fig. 18](#) eine Großansicht der Gasgeschwindigkeitsverteilung in einer Ebene ist, welche eine Transferdurchführung halbiert und senkrecht zu der Längsrichtung der Partikelrückhalteanordnung ist.
- [0042] [Fig. 1](#) der beigefügten Zeichnung stellt schematisch das Schalldämpfungskonzept der vorliegenden Erfindung dar. Die Komponenten der nadellosen Spritze, welche das Reservoir (1), das Ausströmloch (2), die Treiberkammer (3), den Verschluss (4) und die Düse (8) umfassen, können im Wesentlichen wie in der WO 01/05455 offenbart ausgestaltet und angeordnet sein.
- [0043] In [Fig. 1](#) ist eine Energiequelle durch ein Reservoir (1) dargestellt, welches anfangs mit einem unter Druck stehenden Gas, beispielsweise Helium, gefüllt ist. Das Reservoir ist durch ein Ausströmloch (2) und ein (nicht gezeigtes) Ventil mit einer Treiberkammer (3) verbunden. Bei einem Öffnen des Ventils strömt Gas von dem Reservoir (1) über das Ausströmloch (2) zu der Treiberkammer (3), da der Gasdruck in dem Reservoir (1) anfangs größer als der Gasdruck in der Treiberkammer (3) ist. Die Treiberkammer kann anfangs Luft enthalten, da dies das günstigste Gas ist, obwohl sie so hergestellt sein kann, dass sie anfangs andere Gase, beispielsweise Helium, enthält. Ein Verschluss (4) definiert das stromabwärtige Ende der Treiberkammer (3) und dient anfangs dazu, einen Gasaufbau hinter sich zu erzeugen. In [Fig. 1](#) ist der Verschluss als eine Partikelkassette von der in der WO 94/24263 offenbarten Art dargestellt, wobei Partikel (5) zwischen zwei zerbrechbaren Membranen (6, 7) angeordnet sind. Die Kassette kann jedoch andere Formen annehmen, beispielsweise kann sie eine membranlose Kassette sein.
- [0044] [Fig. 1](#) zeigt auch eine Schalldämpferabschirmung (9), welche die Spritze einkapselt und welche eine Austrittsöffnung (10) für den Durchgang von Partikeln durch dieselbe zu einem (nicht gezeigten) Ziel aufweist, und welche auch eine Mehrzahl von Öffnungen (11) zur Entlüftung von Gas in die Atmosphäre aufweist.
- [0045] Bei einer Betätigung des Ventils strömt Gas aus dem Reservoir (1) in die Treiberkammer (3), wo es von dem Verschluss (4) eingedämmt wird. Gas strömt weiterhin von dem Reservoir (1) zu der Treiberkammer (3), bis ein bestimmter vorherbestimmter Druck in der Treiberkammer (3) hergestellt ist, wobei dieser Druck der Druck ist, welcher benötigt wird, um den Verschluss (4) zu öffnen. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel entspricht dieser Druck dem Druck, bei welchem die Diaphragmen (6, 7) brechen. Beim Brechen der Diaphragmen (oder allgemeiner bei einem Öffnen des Verschlusses) wird eine Druckdiskontinuität in der Vorrichtung erzeugt, so dass sich eine Schockwelle stromabwärts auf eine Düse (8) zu bewegt. Die Schockwelle ist eine Front, welche Gas mit einem hohen Druck von dem Gas bei Atmosphärendruck, welches anfangs in der Düse ist, abgrenzt. Die Schockwelle bewegt sich die Düse hinab und trifft auf die Zielebene benachbart zu der Austrittsöffnung (10) auf, wobei sie an diesem Punkt reflektiert wird, so dass sich ein Teil von ihr in dem ring-

förmigen Raum innerhalb der Schalldämpfungsabschirmung (9) und außerhalb der Düse (8) bewegt. Gleichzeitig nimmt das Gas, welches hinter der Schockwelle aus der Treiberkammer strömt, die Partikel (5) mit, so dass sie entlang der Düse und durch die Austrittsöffnung (10) passieren, um mit einer Geschwindigkeit auf die Zielebene aufzuprallen, welche hinreichend ist, um in sie einzudringen.

[0046] Die Schalldämpferabschirmung (9) ist eingerichtet, um ein vorherbestimmtes Gasvolumen V_s einzukapseln. Dieses Volumen ist als das gesamte Volumen innerhalb der Schalldämpferabschirmung einschließlich desjenigen der Treiberkammer und der Düse definiert. Sobald die Schockwelle durch die in der Abschirmung enthaltene Mehrzahl von Löchern (11) die Schalldämpferabschirmung verlassen hat, hat sich das Gas, welches anfangs in der Treiberkammer war, in die Schalldämpferabschirmung ausgedehnt, und der resultierende Druck in der Schalldämpferabschirmung wird im Allgemeinen konstant und ist durch die folgende Gleichung gegeben:

$$P_s = \frac{(P_D - P_{s0}) \cdot V_D}{V_s} + P_{s0},$$

wobei P_s der Druck in der Schalldämpferabschirmung nach dem Druckausgleich ist, P_D der Druck in der Treiberkammer gerade vor dem Öffnen des Verschlusses (4) ist, P_{s0} der Anfangsdruck in dem Schalldämpfer ist, V_D das Volumen in der Treiberkammer (d.h. das Volumen zwischen dem Ausströmloch (2) und dem Verschluss (4)) und V_s das Volumen der Abschirmung (welches das Volumen der Treiberkammer und der Düse einschließt) ist. Falls der Massendurchsatz durch die Entlüftungsfläche größer als derjenige durch das Ausströmloch ist, fällt dieser Druck dann mit der Zeit ab, wenn Gas aus dem Schalldämpfer entlüftet wird.

[0047] Die obige Gleichung nimmt eine isotherme Expansion an, bei welcher die Temperatur des Gases vor der Ausdehnung die gleiche wie nach der Ausdehnung ist. Somit würde sich in dem üblichen Fall, in welchem sich die Schalldämpferabschirmung anfangs bei Atmosphärendruck ($P_{s0} = 100$ kPa) und für ein typisches Treiberkammervolumen V_D von 4.5 ml, Schalldämpferabschirmungsvolumen V_s von 50 ml und Treiberdruck P_D von 1570 kPa der Druck P_s in der Schalldämpferabschirmung bei ungefähr 232 kPa einpendeln, sobald die Schockwelle passiert ist. Es ist dieser Druck, welcher die anfängliche Abhebekraft bestimmt, die ein Benutzer bei einer Aktivierung der Vorrichtung erfährt. Insbesondere ist die Abhebekraft gleich dem Druck ($P_s - P_0$) multipliziert mit der Fläche der Austrittsöffnung (10) (d.h. der Fläche, über welche der Differenzdruck wirkt, wobei P_0 der Druck in der Umgebung ist, typischerweise 100 kPa). Eine typische Austrittsöffnungsfläche ist 100 mm², was zu einer Abhebekraft von ungefähr 13,2 N führt.

[0048] [Fig. 4](#) stellt den experimentell gewonnenen Effekt einer Veränderung der Größe des Ausströmlochs bezüglich der Entlüftungsfläche des Schalldämpfers dar, wobei andere Parameter, beispielsweise die Austrittsebenenfläche, das Abschirmungsvolumen etc. konstant bleiben. Bei dem Experiment wurde die Entlüftungsfläche konstant gehalten, und die Größe des Ausströmlochs wurde verändert. Der Graph zeigt den Druck in der Abschirmung aufgetragen gegen die Zeit.

[0049] In allen Fällen gibt es eine große anfängliche, plötzliche Druckzunahme, wenn die Schockwelle durch die Vorrichtung passiert. Der Druck nimmt sehr schnell auf einen Wert von ungefähr 260 kPa ab und folgt dann einer Abfallkurve, welche durch die Beziehung zwischen der Ausströmlochgröße und der effektiven Entlüftungsfläche bestimmt ist. Die folgenden Bezugnahmen auf einen Spitzenabschirmungsdruck beziehen sich auf den maximalen Abschirmungsdruck, welcher in der Abfallkurve erreicht wird, d.h. nach der in [Fig. 4](#) gezeigten großen anfänglichen Druckzunahme.

[0050] Die mit „1“ nummerierte Linie ist der Fall, in welchem das effektive Entlüftungsfläche/Ausströmloch-Verhältnis zu niedrig ist. Dies führt zu einem absoluten Spitzenabschirmungsdruck von ungefähr 340 kPa nach 7,5 ms, welcher hinreichend groß ist, um eine nicht annehmbare Abhebekraft zu verursachen. In 300 mm von der Vorrichtung wurde ein Spitzenschallpegel von 102-108 dB gemessen.

[0051] Die mit „2“ nummerierte Linie ist der Fall, in welchem das effektive Entlüftungsfläche/Ausströmloch-Verhältnis erhöht wurde. Dies führt zu einem Spitzenabschirmungsdruck von ungefähr 270 kPa nach 4,25 ms. Der gemessene Spitzenschallpegel in 300 mm von der Vorrichtung nahm auf 106 bis 110 dB zu.

[0052] Die mit „3“ nummerierte Linie ist der Fall, in welchem das effektive Entlüftungsfläche/Ausströmloch-Verhältnis weiter erhöht wird. Dies führt zu einem Abschirmungsdruck, welcher seinen Spitzenwert aufweist, sobald die Schockwelle passiert ist und abfällt. In 300 mm von der Vorrichtung wurde ein Spitzenschallpegel von 115 bis 118 dB gemessen.

[0053] Somit ist das Verhältnis der Kurve „1“ unannehmbar, aber dasjenige der Kurven „2“ und „3“ ist annehmbar, da der Druck als ein Ergebnis eines höheren Massendurchsatzes durch das Ausströmloch als durch die effektive Entlüftungsfläche nicht wesentlich zunimmt. Die Kurve „2“ ist wünschenswerter als die Kurve „3“, da die Spitzenabhebekraft ungefähr die gleiche wie für Kurve „3“ ist, aber der Schalldämpfungseffekt größer ist, da es einen Unterschied von 8 bis 9 dB in den erzielten Schallpegeln gibt.

[0054] Man wird verstehen, dass eine bevorzugte Weise zur Verringerung der Abhebekraft darin besteht, sicherzustellen, dass das Volumen der Schalldämpferabschirmung (V_s) möglichst groß ist, um so den Wert von P_s zu verringern (siehe die obige Gleichung). Eine andere bevorzugte Weise zur Verringerung der Abhebekraft besteht darin, die Fläche der Austrittsöffnung (10) möglichst klein zu machen, so dass der Druck P_s über eine kleinere Fläche wirkt, was eine geringere Kraft erzeugt.

[0055] Das bei einer Betätigung der Vorrichtung wahrgenommene Geräusch rührt hauptsächlich von der Schockwelle her, welche durch das plötzliche Öffnen des Verschlusses (4) ausgelöst wird, und welche von dem Ziel reflektiert wird und die Vorrichtung durch die Entlüftungsfläche verlässt. Man hat herausgefunden, dass ein Leiten einer solchen Schockwelle durch eine Engstelle, wodurch sie in Kompressionswellen abgebaut wird, einen niedrigeren Pegel an hörbarem Schall erzeugt. Somit ist die effektive Schalldämpferengstelle, welche der Schockwelle (und dem nachfolgenden Strom) dargeboten wird, ein wichtiger Vorrichtungssparameter. Die effektive Schalldämpferengstelle ist als die kleinste Fläche definiert, durch welche sich die Schockwelle auf ihrem Weg von der Zielebene zu der Umgebung bewegt. In [Fig. 1](#) sind drei Hauptengstellen dargestellt, wobei entweder eine von ihnen, zwei von ihnen oder sogar alle von ihnen (falls alle die gleiche Größe aufweisen) die effektive Schalldämpferengstelle darstellen können. Die erste Engstelle, welcher die reflektierte Schockwelle bei ihrem Durchgang von der Öffnung (10) zu der Umgebung (18) begegnet, ist die aufgrund des Elements (14), welches in dem ringförmigen Raum der Abschirmung (9) vorgesehen ist. Dieses Element (14) umfasst einen ringförmigen Ring mit einem im Allgemeinen diamantförmigen Querschnitt, welcher in der Vorrichtung durch eine Befestigung an einer Wand oder mehreren der Wänden der Abschirmung (9) und der Wand der Treiberkammer (3) über einen oder mehrere (nicht gezeigte) radiale Arme aufgehängt ist. Wie in [Fig. 1](#) ersichtlich ist, bewirkt die Anwesenheit des Elements (14) eine Engstelle in dem Weg der Schockwelle, so dass die Schockwelle gezwungen ist, durch zwei konzentrische, im Allgemeinen ringförmige Durchgänge zu passieren, welche in [Fig. 1](#) mit (16) und (17) bezeichnet sind. Die Summe der Fläche dieser zwei Durchgänge ist gleich der Fläche, durch welche die Schockwelle für ihre Bewegung beschränkt ist. Dies ist die erste Engstelle.

[0056] Die zweite Engstelle wird durch die Mehrzahl von Löchern (11), welche in der Außenwand der Abschirmung (9) ausgebildet sind, gebildet, wobei die Summe der Flächen jedes der Löcher gleich der Fläche ist, durch welche die Schockwelle passieren muss.

[0057] Die dritte Engstelle wird durch das um die Abschirmung (9) platzierte Abdeckungselement (15) und die Reihe von Prallblechen (12, 13) an der Außenoberfläche der Abschirmung erzeugt (sie können gleichermaßen an der Innenoberfläche des Abdeckungselements (15) vorgesehen sein). Der zwischen dem Abdeckungselement und der Abschirmung erzeugte ringförmige Durchgang weist eine Fläche auf, durch welche die Schockwelle passieren muss. Die dritte Engstelle ist der Teil dieses ringförmigen Durchgangs, welcher der Schockwelle die kleinste Fläche darbietet.

[0058] Die kleinste der ersten, zweiten und dritten Flächen, welche oben beschrieben worden sind, wird gleich der effektiven Entlüftungsfläche des Schalldämpfers sein und wird den maximalen Massendurchsatz bestimmen, welcher durch den Schalldämpfer und in die Umgebung passieren kann. Je kleiner diese Fläche ist, desto kleiner ist der Gasmassendurchsatz, welcher in die Umgebung passieren kann, aber umso mehr Geräuschdämpfung tritt durch den Abbau des primären Schocks auch ein. Im Grenzfall einer Engstelle, welche eine Fläche von 0 mm² aufweist (d.h., die Abschirmung ist vollständig geschlossen), kann kein Gas in die Umgebung passieren, und die Vorrichtung sollte im Ergebnis theoretisch geräuschlos sein.

[0059] Da die effektive Entlüftungsfläche den Massendurchsatz beeinflusst, welcher in die Umgebung passieren kann, gibt es eine Beziehung zwischen dieser Fläche und dem Druck, welcher sich während des Gebrauches in der Abschirmung (9) aufbaut. Falls der maximale Massendurchsatz, welcher den Schalldämpfer (der die Abschirmung (9), die Löcher (11), die Prallbleche (12, 13) und das Element (14) umfasst) verlassen kann, kleiner als der Massendurchsatz ist, welcher von dem Reservoir (1) durch das Ausströmloch (2) zugeführt wird, dann ist insbesondere ersichtlich, dass sich Druck in der Vorrichtung aufbaut, sobald die Schockwelle passiert ist, was dazu dient, die Abhebekraft zu erhöhen, was unerwünscht ist. Somit sollte gemäß der vorliegenden Erfindung die effektive Entlüftungsfläche der Schalldämpferabschirmung derart sein, dass der Massendurchsatz aus dem Schalldämpfer gleich dem Gasmassendurchsatz oder größer als der Gasmassendurchsatz

durch das Ausströmloch (2) ist, sobald sich der Verschluss geöffnet hat und die Schockwelle die Vorrichtung verlassen hat. Um diese Bedingung bei der schematisch dargestellten Vorrichtung zu erreichen (d.h. bei einer Vorrichtung, bei welcher die Energiequelle ein Reservoir von unter Druck stehendem Gas ist), gibt die folgende Gleichung die relative Größe der Ausströmlochfläche und der Entlüftungsfläche an:

$$\frac{\text{Entlüftungsfläche}}{\text{Ausströmlochfläche}} > \frac{\left(\frac{\gamma_1}{R_1} \right) \left(1 - \frac{\gamma_1 - 1}{2} \right)^{\gamma_1 - \frac{1}{2}}}{\left(\frac{\gamma_2}{R_2} \right) \left(1 - \frac{\gamma_2 - 1}{2} \right)^{\gamma_2 - \frac{1}{2}}} \frac{P_0}{P_s},$$

wobei γ_1 das Verhältnis von spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas in dem Reservoir (1) ist, R_1 die Gaskonstante für das Gas in dem Reservoir (1) ist, γ_2 das Verhältnis von spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas in der Umgebung (18) ist, R_2 die Gaskonstante für das Gas in der Umgebung (18) ist, P_0 der Druck in der Energiequelle (1) ist, nachdem Gas von dem Schalldämpfer (9) empfangen worden ist, und P_s der Druck in dem Schalldämpfer (9) ist, nachdem Gas von dem Schalldämpfer (9) empfangen worden ist.

[0060] Da es günstig ist, eine möglichst kleine effektive Entlüftungsfläche zu haben (um den Schalldämpfungseffekt zu maximieren), ist es notwendig, ein kleines Ausströmloch (2) zu haben, um sicherzustellen, dass der Massendurchsatz durch das Ausströmloch nicht größer als der Massendurchsatz durch den Schalldämpfer ist. Es gibt jedoch eine Beschränkung hinsichtlich der kleinsten Größe, welche das Ausströmloch aufweisen kann, da das Ausströmloch groß genug sein muss, um den effizienten Transfer von Gas von dem Reservoir (1) zu der Treiberkammer (3) bei einer Betätigung zu ermöglichen. Die Strömung von Gas durch eine Engstelle, beispielsweise ein Ausströmloch, erzeugt einen Energieverlust aufgrund von Reibung, was bedeutet, dass höhere Anfangsdrücke in dem Reservoir (1) nötig sind, um einen Druck zu erreichen, welcher hinreichend ist, um den Verschluss (4) in der Treiberkammer (3) zu öffnen, falls sehr kleine Ausströmlöcher verwendet werden. Weiterhin ist eine hinreichende Treiberkammerfüllrate nötig, um ein reproduzierbares Brechen der Membran oder allgemeiner ein reproduzierbares Öffnen des Verschlusses sicherzustellen. Es ist festgestellt worden, dass, falls die Füllrate sehr niedrig ist, die Schwankung des Brechdrucks für Membranen mit der gleichen Spezifikation breiter ist, als wenn eine höhere Füllrate verwendet wird.

[0061] Es ist daher ersichtlich, dass das Vorsehen eines Ausströmlochs zusammen mit einem Schalldämpfer, welcher eine vorherbestimmte effektive Entlüftungsfläche aufweist, einen nützlichen Schalldämpfungseffekt sicherstellt, ohne den Druck in der Vorrichtung während des Betriebs unangemessen zu erhöhen, wodurch eine erhöhte Abhebekraft vermieden wird, welche für die Leistungscharakteristik der Vorrichtung und die Benutzerfreundlichkeit schädlich ist. Zusätzlich verringern die zusätzlichen Merkmale der Erfindung (z.B. das große Schalldämpfervolumen und die kleine Partikelaustrittsöffnung) das Problem der Abhebekraft weiter, ohne die erreichbare Schalldämpfung oder die Leistungscharakteristik der Vorrichtung zu beeinflussen.

[0062] Die erreichte Schalldämpfung kann derart sein, dass die Verwendung poröser Medien, wie sie in der WO 94/242643 in Betracht gezogen wurde, nicht nötig ist, wodurch die Vorrichtungskosten verringert werden. Dennoch kann sie als ein alternatives oder zusätzliches Beschränkungsverfahren eingesetzt werden, um den Lärm weiter zu verringern.

[0063] [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen Querschnitte eines zweckmäßigen Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Dieselben Komponenten, die in [Fig. 1](#) gezeigt sind, sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Die Partikel (5) sind deuteilichkeitshalber nicht dargestellt, aber wären (wie in [Fig. 1](#)) in dem Verschluss zwischen den zerbrechbaren Membranen (6, 7) anwesend.

[0064] Das Gasreservoir (1) weist eine zerbrechliche Spitze (21) auf, welche durch Einsatz des Knopfes (19) abgebrochen werden kann. Beim Drücken des Knopfes strömt Gas aus dem Reservoir (1) und in den ringförmigen Raum (20), welcher das Reservoir (1) umgibt (siehe [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)). Das Gas wird dann in die Treiberkammer (3) geleitet, welche in dem Verschluss (4) endet (siehe insbesondere [Fig. 2](#)).

[0065] Die Mehrzahl von Löchern (11) in [Fig. 1](#) ist bei diesem Ausführungsbeispiel durch ein einziges Loch ersetzt, und das im Allgemeinen diamantförmige Element (14) von [Fig. 1](#) ist durch eine Reihe von Flächenengstellen in der Schalldämpferabschirmung (9) ersetzt, welche nicht notwendigerweise diamantförmig sind. Das Ausströmloch wird durch die kleinste Fläche gebildet, durch welche das Gas auf seinem Weg von dem Reservoir (1) zu der Treiberkammer (3) strömt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist dieses durch den ringförmigen

Raum (20) ausgebildet, welcher das Gasreservoir (1) umgibt.

[0066] Weiterhin ist die Erfindung auf den Fall anwendbar, in welchem „Transferdurchführungen“, wie sie in Fig. 12a bis 12c und 13a bis 13c der WO 01/05455 offenbart sind, verwendet werden, um die Partikel in der Partikelrückhaltekommer (Partikelkassette) vorzumischen (oder zu fluidisieren). In diesem Fall gibt es eine weitere Anforderung an die Größe des verwendeten Ausströmlochs.

[0067] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Teils der nadellosen Spritzenvorrichtung bis zu der stromabwärtigen Membran 7. Der Druck in dem Reservoir 1 zu irgendeinem Zeitpunkt wird als P_1 bezeichnet, der Druck in der Treiberkammer wird als P_3 bezeichnet, und der Druck in der Partikelkassette (zwischen den Membranen) wird als P_4 bezeichnet.

[0068] Um eine gute Partikelvermischung zu erreichen, sollte ein Gasstrahl in die Kassette eintreten, bevor eine der Membranen bricht, um dadurch die Partikel zu mischen, so dass sie das gesamte Kassettenvolumen überspannen. Dann sollten die Membranen nacheinander brechen, wobei die stromaufwärtige Membran (6) vor der stromabwärtigen Membran (7) bricht. Falls die stromabwärtige Membran (7) zuerst bricht, besteht eine Möglichkeit, dass die stromaufwärtige Membran (6) nie bricht, wobei der Gasstrom durch einen Strom von dem Reservoir zu der Treiberkammer und durch die Transferdurchführung (80) getrieben wird.

[0069] Dieses Beispiel ist in Fig. 6 gezeigt, welche eine graphische Darstellung von P_3 , P_4 und $(P_3 - P_4)$ mit der Zeit ist. Diese Situation resultiert typischerweise, wenn das Ausströmloch im Vergleich mit der Fläche der Transferdurchführung zu klein ist, so dass ein Gasdruck in der Kassette zu schnell zunimmt, was dazu führt, dass die stromabwärtige Membran (7) zuerst bricht. Der Brechdruck jeder Membran ist 1,45 MPa, und der anfängliche Reservoirdruck P_1 ist 6 MPa. In Fig. 6 ist ersichtlich, dass der Druck P_4 den Brechdruck von 1,45 MPa vor dem Druck $(P_3 - P_4)$ erreicht, welcher der Druck über die stromaufwärtige Membran ist.

[0070] Fig. 7 zeigt eine andere Situation, welche eintritt, wenn das Ausströmloch im Vergleich mit der Transferdurchführungsfläche zu groß ist. In diesem Fall nimmt der Druck P_3 rasch zu, und der Druck P_4 nimmt verhältnismäßig langsam zu. Dies resultiert in einem raschen, aufeinander folgenden Öffnen beider Membranen in der richtigen Reihenfolge, aber mit einer sehr geringen Partikelvermischungszeit (in Fig. 7 nur ungefähr 1,65 ms). Dies führt zu einer begrenzten Partikelvermischung.

[0071] Fig. 8 zeigt ein Beispiel, in welchem das Ausströmloch und die Transferöffnungen so gewählt sind, dass sie eine geeignete Größe aufweisen. Beide Membranen brechen nacheinander mit einer Vermischungszeit von ungefähr 5,5 ms, welche angemessen ist, um eine gute Vermischung zu erreichen.

[0072] Die tatsächlichen Werte für die Größen des Ausströmlochs und der Transferdurchführung hängen von dem Reservoirvolumen, dem Treibervolumen und dem Kassettenvolumen ab, aber der Fachmann kann, sobald diese Parameter gewählt sind, die richtigen Ausströmloch- und Transferdurchführungsgrößen durch ein geeignetes einfaches Experiment bestimmen, um die hier beschriebenen Resultate zu erhalten.

[0073] Die beschriebenen Ausführungsbeispiele haben Partikelkassetten verwendet, bei welchen die Partikel anfangs zwischen zwei zerbrechbaren Membranen angeordnet sind. Jedoch können andere Einrichtungen zur Anordnung der Partikel verwendet werden, welche nicht notwendigerweise Membranen benötigen, beispielsweise schnell öffnende Ventile. In dieser Hinsicht wird auf die WO 99/01169 für Beispiele von Kassetten ohne Membranen Bezug genommen.

[0074] Ein Ausführungsbeispiel einer Partikelkassette („Partikelrückhalteanordnung“), welche ausgestaltet ist, um eine Vermischung und eine Fluidisierung der Partikel vor einer Beschleunigung der Partikel bereitzustellen, wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 9 bis Fig. 18 beschrieben werden.

[0075] Fig. 9 stellt schematisch eine Partikelrückhalteanordnung (60) nach der vorliegenden Erfindung dar. Die Partikel (70) sind in einer Kammer (71) angeordnet, welche ausgestaltet ist, um die Partikel aufzunehmen, zu enthalten und einzudämmen. Die Innenwände (72) der Kammer (71) sind im Allgemeinen zylinderförmig, und bei diesem Beispiel sind zwei Öffnungen (43) vorgesehen, welche zu einem ringförmigen Raum (67) um die Partikelrückhaltekommer (71) führen. Die Partikelrückhaltekommer (71) ist längs (d.h. an ihren stromaufwärtigen und stromabwärtigen Enden) durch eine Membran begrenzt. Die stromaufwärtige Membran (62) und die stromabwärtige Membran (63) sind ausgestaltet, um zu brechen, wenn ein Differenzdruck mit einer bestimmten Größe über sie ausgeübt wird. Die Partikelrückhalteanordnung (60) ist an ihrem stromaufwärtigen Ende durch eine weitere zerbrechbare Membran (61) abgedichtet. Der ringförmige Raum (67) befindet sich

durch Umfangsöffnungen (54) in einer Fluidverbindung mit dem Bereich stromaufwärts der stromaufwärtigen zerbrechbaren Membran (62). Der Bereich (73) stromaufwärts von der Membran (62) ist auch im Allgemeinen zylinderförmig ausgestaltet und weist einen Durchmesser auf, welcher im Wesentlichen gleich dem Durchmesser der Partikelrückhaltekommer (71) ist.

[0076] Fig. 10a bis Fig. 10b stellen die Arbeitsweise der Partikelrückhalteanordnung dar. Im Gebrauch wird die Partikelrückhalteanordnung (60) als eine Partikelkassette (4) für die in Fig. 1 gezeigte nadellose Spritze verwendet. Somit wird der Membran (61) der Gasdruck von der Treiberkammer 3 dargeboten, und die stromabwärtige Membran (63) verhindert, dass die Partikel (70) (welche in Fig. 1 mit (5) bezeichnet sind) aus der Düse, durch die Austrittsebene (10) und aus der Vorrichtung fallen.

[0077] Bei einer Betätigung kann Gas aus dem Reservoir (1) durch das Ausströmloch (2) strömen, so dass der Druck in der Treiberkammer (5) zunimmt. Wenn der Druck in der Treiberkammer (3) auf eine Größe zunimmt, welche um einen vorherbestimmten Betrag größer als der Druck in der Kammer (73) ist, bricht die Membran (61). Für die meisten Anwendungen wird vorhergesehen, dass der Anfangsdruck in der Kammer (73) (und somit in der Kammer (71)) der Atmosphärendruck (näherungsweise 100 kPa) sein wird. Wenn die Membran (61) bricht (beispielsweise bei einem Differenzdruck von 600 kPa, d.h. bei einem Druck stromabwärts der Membran (61) von 100 kPa und einem Druck stromaufwärts der Membran (61) von 700 kPa), strömt Gas in die Kammer (73) und trifft auf die Membran (62) auf (siehe Fig. 10a). Die Membran (62) ist ausgestaltet, um bei einem höheren Differenzdruck (z.B. 1,45 MPa) als die Membran (61) zu brechen. Somit strömt Gas weiterhin durch das Ausströmloch (2), und der Druck in der Kammer (73) nimmt zu. Gas strömt durch die Entlüftungslöcher (54) und in den ringförmigen Raum (67), welcher die Partikelrückhaltekommer (71) umgibt. Von dort strömt das Gas durch die Öffnungen (43) und in die Kammer (71) (siehe Fig. 10b). Die Öffnungen (43) sind so ausgeformt und so ausgerichtet, dass das Gas Strahlen bildet, bevorzugt Schallstrahlen oder Ultraschallstrahlen, welche Gasstrudel (Wirbel) in der Partikelrückhaltekommer (71) erzeugen. Diese Gasströme nehmen die Partikel (70) mit und bewirken, dass sie in dem Gas fluidisiert werden, so dass die Partikel nicht mehr zusammengeklumpt sind, sondern das gesamte Volumen der Partikelrückhaltekommer (71) überspannen. Der Druck in der Treiberkammer nimmt weiterhin zu, bis die stromaufwärtige Membran (62) bricht. Die Folge daraus ist in Fig. 10c gezeigt. Wie ersichtlich ist, sind die Partikel in der Kassette aufgrund der Vormischung, welche durch die in Fig. 10b dargestellten Gasstrahlen bereitgestellt wird, gut fluidisiert.

[0078] Da das Volumen der Partikelrückhaltekommer (71) im Allgemeinen verhältnismäßig klein ist, dauert es nicht lange, bevor der Druck stromaufwärts der Membran (63) derart ist, dass er ein Brechen dieser Membran bewirkt, wie in Fig. 10d gezeigt ist. Von da an ist der vorhergehend beschriebene Strom, in welchem die Partikel aus der Partikelrückhalteanordnung (60) und durch die Düse (8) in das Ziel beschleunigt werden, hergestellt. Da die Partikel nicht zusammengeklumpt sind (wie in Fig. 9 gezeigt ist), wenn die stromaufwärtige Membran (62) bricht, hat man festgestellt, dass man eine gleichmäßigere Partikelverteilung und daher eine homogenere Partikelverteilung erhält. Ähnlich erhält man auch eine homogenere Geschwindigkeitsverteilung. Dies führt dazu, dass die Partikel gleichmäßig über das Ziel verteilt sind und in Tiefen eindringen, welche innerhalb der definierten Toleranzen liegen.

[0079] Eine bevorzugte physikalische Konstruktion der Partikelrückhalteanordnung (60) wird nun beschrieben werden. Es sollte sich verstehen, dass dies nur eine bevorzugte Konstruktion ist, und dass sie auf verschiedene Weisen modifiziert werden kann, um das gewünschte Ergebnis zu erreichen. Beispielsweise ist es nicht nötig, dass es zwei Transferdurchführungen (46) gibt, welche zu zwei Öffnungen (43) führen, und man hat einen zufriedenstellenden Betrieb erreicht, wenn es nur eine Öffnung (43) gibt. Weiterhin sind die Öffnungen (43) nicht darauf beschränkt, benachbart zu den Membranen (62) oder (63) zu sein, und können im Allgemeinen irgendwo entlang der Innenwand (72) der Partikelrückhaltekommer (71) angeordnet sein. Weiterhin sind die zylinderförmigen Innenwände und Umfangsöffnungen nur bevorzugt, und jede Form kann verwendet werden, welche die Funktion erreicht.

[0080] Fig. 11 bzw. Fig. 12 zeigen in einer Querschnittsansicht zweite bzw. erste Kassettenteile. Der zweite Kassettenteil (30) von Fig. 11 ist im Allgemeinen zylinderförmig ausgestaltet und weist im Wesentlichen vertikale Innenwände (33) und (34) auf. Die Innenwand (33) weist aus Gründen, welche später ersichtlich werden, einen geringfügig kleineren Durchmesser als die Innenwand (34) auf. Ein Schulterabschnitt (31) ist benachbart zu einer Sitzfläche (32) vorgesehen. Der Schulterabschnitt (31) ist ausgestaltet, um mit der Außenoberfläche des ersten Kassettenteils (40), welcher später beschrieben wird, zu wechselwirken. Eine Ausnehmung (35) ist an dem oberen Ende des zweiten Kassettenteils (30) vorgesehen, und diese Ausnehmung (35) hilft bei der Montage der Kassette mit.

[0081] [Fig. 12](#) zeigt einen ersten Kassettenteil (40) nach der vorliegenden Erfindung. Der erste Kassettenteil (40) umfasst ein im Wesentlichen ringförmiges Element, welches innerhalb seiner Abgrenzungen eine Aufnahme (oder Kammer) zum Empfangen von Partikeln definiert. Der erste Kassettenteil (40) weist im Allgemeinen zylinderförmige Außenwände (42) und eine geringfügig verjüngte Sitzfläche (41) an seinem unteren Ende auf. Die Sitzfläche (41) ist dazu bestimmt, während des Gebrauchs an der Sitzfläche (32) des zweiten Kassettenteils (30) anzuliegen. Weiterhin ist die Schulter (31) des zweiten Kassettenteils (30) dazu bestimmt, an der Außenoberfläche (42) des ersten Kassettenteils anzuliegen, um einen Presssitz bereitzustellen. Diese Konfiguration ist in [Fig. 15](#) gezeigt.

[0082] Auf [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) zurückverweisend, gibt es Öffnungen (43) an der Innenoberfläche des ersten Kassettenteils (40) und Öffnungen (44) an der Außenoberfläche des ersten Kassettenteils (40). Diese Öffnungen sind durch Transferdurchführungen (46) verbunden, so dass Gas, welches den ersten Kassettenteil (40) umgibt, in die Aufnahme zum Empfangen von Partikeln eintreten kann. Die Transferdurchführungen (46) sind im Wesentlichen kegelförmig und laufen nach innen zusammen. Sie sind in drei Dimensionen angewinkelt, so dass, wenn Gas durch sie strömt, bevorzugt ein Schallstrahl oder ein Überschallstrahl gebildet wird, welcher dazu neigt, eine wirbelnde Gasbewegung in der Kammer zu erzeugen, welche die Partikel eindämmt. Die Transferdurchführungen (46) sind so angewinkelt, dass das Gas dazu neigt, auf die Membranen (62, 63) aufzuprallen, welche an jeder Seite des ersten Kassettenteils (40) angeordnet sind. Weiterhin sind die Öffnungen (43) an verschiedenen longitudinalen Enden des ersten Kassettenteils (40) vorgesehen und sind in verschiedene Richtungen ausgerichtet, so dass ein Gasstrom im Uhrzeigersinn an einem Ende der Partikeleinschlusskammer hergestellt wird, und ein Gasstrom im Gegenuhrzeigersinn an dem anderen Ende der Partikeleinschlusskammer hergestellt wird. Dies ist in [Fig. 16](#) dargestellt, wobei die Gasströme als (65) und (66) bezeichnet sind. Wie aus [Fig. 13](#) deutlich ist, sind die Transferdurchführungen (46) an der gleichen lateralen Seite des ersten Kassettenteils vorgesehen (d.h. oberhalb der in [Fig. 13](#) gezeigten Mittellinie) und es hat sich erwiesen, dass dies für eine gute Fluidisierung der Partikel sorgt, wenn ein Gasdruck in die Öffnungen (44) eingeführt wird und ein Gasstrom durch die Transferdurchführungen (46) hergestellt wird. Jedoch können andere Ausgestaltungen einer Transferdurchführung in den Seitenwänden des ersten Partikelkassettenteils (40) gute Ergebnisse zur Verfügung stellen, und es ist im Allgemeinen für die vorliegende Erfindung nicht wesentlich, dass die Transferdurchführungen (46) die in [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) gezeigten speziellen Formen aufweisen.

[0083] [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) zeigen eine vorteilhafte Ausgestaltung von Transferdurchführungen (46), wobei die Durchführungen zueinander sowohl in der Richtung des Gasstroms als auch umfangs versetzt sind. Die longitudinale (d.h. in der Richtung des Gasstroms) Versetzung ist in [Fig. 12](#) als im Wesentlichen gleich der longitudinalen Länge der Partikelrückhaltekommer gezeigt, obwohl dies nicht wesentlich ist, und ein geringeres Ausmaß an Versetzung verwendet werden kann. Die Transferdurchführungen sind auch angewinkelt, um Gas gegen die Membranen (62, 63) nach außen zu lenken. Es hat sich herausgestellt, dass die Wechselwirkung der von den Öffnungen (43) emittierten Strahlen mit den Membranen und die resultierenden Gaswirbel eine effektive Partikelvermischung bewirken.

[0084] Wie aus [Fig. 13](#) deutlich ist, sind die Transferdurchführungen (46) so angewinkelt, dass sie Gaswirbel erzeugen, welche sich in entgegengesetzte Richtungen drehen. Die rechte Transferdurchführung (46) von [Fig. 13](#) ist eingerichtet, um einen Gaswirbel im Wesentlichen im Uhrzeigersinn in der Partikelrückhaltekommer zu erzeugen, und die linke Transferdurchführung (46) von [Fig. 13](#) ist eingerichtet, um einen Gaswirbel im Wesentlichen im Gegenuhrzeigersinn in der Partikelrückhaltekommer (71) zu erzeugen. In [Fig. 13](#) sind die Öffnungen (43) umfangs um einen Winkel von ungefähr 120° versetzt, und es ist bevorzugt, dass sich jede Umfangversetzung in dem Bereich von einschließlic 90° bis einschließlic 180° befindet. Andere Umfangversetzungen können jedoch verwendet werden.

[0085] [Fig. 14](#) zeigt einen dritten Partikelkassettenteil gemäß der vorliegenden Erfindung. Der dritte Kassettenteil (50) weist, was er mit den ersten und zweiten Kassettenteilen gemein hat, im Allgemeinen zylinderförmige Innen- und Außenwände auf, welche ein ringförmig ausgeformtes Element ausbilden. Ein Vorsprung oder mehrere Vorsprünge (51) können an den Außenwänden ausgebildet sein, und diese sind dazu bestimmt, einen Presssitz gegen die Innenwand (34) des zweiten Kassettenteils (30) bereitzustellen, wenn die Partikelkassette zusammengebaut ist. Das untere Ende des dritten Kassettenteils (50) weist eine Anzahl von Aufformungen (52) um den Umfang auf. Die Aufformungen (52) sind abgestuft und sind so ausgestaltet, dass der obere Teil (53) der Aufformungen (52) im montierten Zustand an der oberen Oberfläche des ersten Kassettenteils (40) anliegt, wie in [Fig. 15](#) gezeigt ist. Die Aufformungen sind durch Entlüftungslöcher (54) beabstandet, welche so ausgebildet sind, dass Gas durch die Entlüftungslöcher (54) passieren kann, wenn die ersten und dritten Kassettenteile aneinander angebracht sind. Die Aufformungen (52) sind so ausgeformt, dass sie mittels Reibung oder Übermaß den oberen Teil des ersten Kassettenteils (40) ergreifen.

[0086] Die Partikelkassette nimmt, wenn sie zusammengebaut ist, die in [Fig. 15](#) dargestellte Form an. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Membran (61) verhältnismäßig dünn mit einem relativ niedrigen Brechdruck und ist ausgestaltet, um die Einheit im Gebrauch keimfrei zu halten. Gäbe es dies nicht, besteht eine Möglichkeit, dass sich Partikel durch die Öffnungen (43), in den ringförmigen Raum (67), durch die Luftlöcher (54) und durch das stromaufwärtige Ende der Partikelrückhalteanordnung nach außen bewegen könnten.

[0087] Um die Partikelkassette zusammenzubauen, wird eine erste Membran (62) an den oberen Rand des ersten Kassettenteils (40) heißversiegelt oder mit diesem verbunden. Ähnlich wird die zweite Membran (63) mit der Sitzfläche (32) des zweiten Kassettenteils (30) heißversiegelt oder verbunden. Die dritte Membran (61) wird mit der oberen Fläche des dritten Kassettenteils (50) heißversiegelt oder verbunden. Die erste Membran und der erste Kassettenteil definieren so eine Aufnahme, in welcher die Partikel enthalten sein können. Die Öffnungen (43) sind sehr klein, so dass es für die Partikel sehr schwierig ist, die Kammer zu verlassen, sobald sie in dieser sind. Sobald die Partikel der Kammer des ersten Kassettenteils (40) zugeführt worden sind, wird der erste Kassettenteil (40) mit dem zweiten Kassettenteil (30) zusammengebracht, wobei die Vorderkante des ersten Kassettenteils mit den Schultern (31) des zweiten Kassettenteils in Eingriff tritt. Der erste Kassettenteil (40) wird eingedrückt, bis die Sitzfläche (41) des ersten Kassettenteils an der Sitzfläche (32) des zweiten Kassettenteils anliegt (mit der zweiten Membran (63) zwischen den zwei Sitzflächen). In dieser Konfiguration sind die Partikel zwischen den ersten und zweiten Membranen gefangen. Der dritte Kassettenteil (50), welcher die dritte Membran (61) daran aufweist, wird dann eingedrückt, so dass die Aufformungen (52) in den zwischen den ersten und zweiten Kassettenteilen erzeugten ringförmigen Zwischenraum gleiten. Übermaß und/oder Reibung stellt sicher, dass diese Bewegung die ersten und zweiten Teile fest aneinander befestigt und die Kassette effektiv „verriegelt“. Man wird einsehen, dass es ziemlich schwierig ist, den dritten Kassettenteil zu entfernen, sobald er installiert ist, insbesondere falls die obere Fläche (55) des dritten Kassettenteils so bemessen ist, dass sie mit der oberen Fläche des zweiten Kassettenteils bündig ist, wenn sie montiert ist (dies ist jedoch nicht in [Fig. 15](#) gezeigt).

[0088] Die Membran (61) stellt sicher, dass die Partikel in der Kassette nicht in Kontakt mit irgendwelchen äußeren Partikeln oder Gasen kommen können und stellt somit die Keimfreiheit der Kassette sicher.

[0089] Im Gebrauch wird die Kassette in eine nadellose Spritze, wie die in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigte, eingeführt, und ein Gasdruck wird der dritten Membran (61) zugeführt. Die Membran (61) bricht ziemlich leicht, und Gas tritt in den durch den dritten Kassettenteil definierten Innenraum (73) ein. Gas kann durch die Luftlöcher (54) und in den ringförmigen Raum (67) zwischen dem ersten Kassettenteil und dem zweiten Kassettenteil strömen. Von dort kann Gas durch die Transferdurchführungen (46) und durch die Öffnungen (43) nach außen in die Partikeleinschlusskammerpassieren. Die so gebildeten Gasströme bewirken, dass die Partikel fluidisiert und vermischt werden.

[0090] [Fig. 16](#) zeigt die Wirbel (65, 66) von Gas, welche im Gebrauch in der Partikelrückhalteammer (71) gebildet werden (die Membranen sind in [Fig. 16](#) deuthlichkeitshalber nicht dargestellt).

[0091] Anschließend an eine solche Fluidisierung bricht die stromaufwärtige Membran (62), und die Partikel werden in dem Hauptteil des Gasstroms mitgenommen, gefolgt von dem Brechen der stromabwärtigen Membran (63) kurz darauf.

[0092] Ein Heißsiegeln oder Klebstoff ist nicht notwendig, um die Membranen abzudichten, und die ersten bzw. zweiten Membranen können gegen die ersten bzw. zweiten Kassettenteile aufgrund des Festsitzes zwischen den verschiedenen Kassettenteilen abgedichtet sein. Beispielsweise kann die erste Membran (62) dadurch abgedichtet sein, dass sie zwischen den ersten und dritten Kassettenteilen eingekeilt ist. Ähnlich kann die zweite Membran (63) zwischen den ersten und zweiten Kassettenteilen eingekeilt sein, wobei kein spezieller Heißsiegel- oder Klebeschritt notwendig ist.

[0093] [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) zeigen das Ergebnis einer numerischen Fluidodynamikanalyse der Strömung innerhalb der Partikelrückhalteammer.

[0094] [Fig. 17](#) zeigt ein Modell der Partikelrückhalteammer (71) mit den Membranen an den oberen und unteren Enden. Der von den Öffnungen (43) emittierte Strahl weist eine Geschwindigkeit in dem Bereich von 200 m/s auf. Da der Strahl in die Wand der Partikelrückhalteammer (71) gerichtet ist, und da die Wand im Wesentlichen zylinderförmig ist, ist die Strömung um die Wand gerichtet, so dass eine Wirbelbewegung erzeugt wird. Ein Teil der Strömung ist auch in einer longitudinalen Richtung auf die Mitte der Kammer zu gerichtet. Es ist ersichtlich, dass die zwei Strahlen bewirken, dass sich Wirbel in entgegengesetzten Richtungen bilden, und

dass die Hauptströmung nach unten von dem oberen Strahl nach unten auf den unteren Strahl auftrifft.

[0095] Ähnlich trifft aufgrund von Symmetrie die Hauptströmung nach oben, welche aus dem unteren Strahl hervorgeht, zentral in den oberen Strahl auf. Somit werden von einem Strahl mitgenommene Partikel in den anderen gespeist, was eine zirkulierende Bewegung von Partikeln in der Kammer erzeugt. Dies bewirkt eine gute Fluidisierung von Partikeln.

[0096] [Fig. 18](#) zeigt den Strahl detaillierter. Die Strömung verlangsamt sich, wenn sie auf die Kammerwand trifft, und wird in drei Dimensionen um den Umfang und nach unten in die Seitenebene abgelenkt. Die Strahlgeschwindigkeit ist näherungsweise 150 m/s.

[0097] Für jedes der Ausführungsbeispiele können die zur Herstellung der Kassettenteile und der Membranen verwendeten Materialien herkömmlich sein, beispielsweise können die Membranen Mylar sein, wie in der WO 94/24263 offenbart, und die ersten und zweiten Kassettenteile sind bevorzugt aus Kunststoffmaterial hergestellt, beispielsweise unter Verwendung von Spritzguss. Sowohl die Membranen als auch die Kassettenteile könne aus einem Polycarbonat hergestellt sein, z.B. aus Evaxon 260 (EVA)-Polymer. Falls ein Heißsiegeln verwendet wird, hat sich eine Temperatur von 110°C und ein Druck von 760 kPa (110 psi) über 1,5 Sekunden hinweg als akzeptabel herausgestellt.

[0098] Die Kassette ist für jede Art von Partikeln geeignet, einschließlich pulverisierter Heilmittel und Trägerpartikel, welche mit einem genetischen Material beschichtet sind.

Patentansprüche

1. Nadellose Spritzenvorrichtung, umfassend:

eine Energiequelle (1);

wenigstens ein Ausströmloch (2), wobei das Ausströmloch bzw. die Ausströmlöcher eine effektive Ausströmlochfläche für den Durchgang von unter Druck stehendem Gas durch dasselbe bzw. durch dieselben von der Energiequelle (1) zu einer Treiberkammer (3) zur Mitnahme von Partikeln (5) und zu ihrer Beschleunigung in ein Ziel aufweist bzw. aufweisen;

und gekennzeichnet durch:

einen Schalldämpfer (9-17) zum Empfangen des Gases von der Treiberkammer (3) und zum Entlüften des Gases zur Umgebung (18) des Schalldämpfers durch wenigstens eine Schalldämpferentlüftungsöffnung, wobei die Entlüftungsöffnung bzw. die Entlüftungsöffnungen eine effektive Entlüftungsfläche aufweist bzw. aufweisen;

wobei die effektive Ausströmlochfläche und die effektive Entlüftungsfläche derart sind, dass im Gebrauch der Vorrichtung zur Partikelabgabe der Gasmassendurchsatz durch die effektive Entlüftungsfläche im Wesentlichen gleich dem oder größer als der Gasmassendurchsatz durch die effektive Ausströmlochfläche ist.

2. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Energiequelle ein Reservoir (1) von unter Druck stehendem Gas ist.

3. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die effektive Ausströmlochfläche und die effektive Entlüftungsfläche derart sind, dass:

$$\left(\frac{\left(\gamma_1 / R_1 \right) \left(1 - \frac{\gamma_1 - 1}{2} \right)^{\gamma_1 - \frac{1}{2}}}{\left(\gamma_2 / R_2 \right) \left(1 - \frac{\gamma_2 - 1}{2} \right)^{\gamma_2 - \frac{1}{2}}} \right) \frac{P_0}{P_s} \leq \frac{\text{Entlüftungsfläche}}{\text{Ausströmlochfläche}} \leq 10 \left(\frac{\left(\gamma_1 / R_1 \right) \left(1 - \frac{\gamma_1 - 1}{2} \right)^{\gamma_1 - \frac{1}{2}}}{\left(\gamma_2 / R_2 \right) \left(1 - \frac{\gamma_2 - 1}{2} \right)^{\gamma_2 - \frac{1}{2}}} \right) \frac{P_0}{P_s},$$

wobei γ_1 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas im Reservoir ist, R_1 die Gaskonstante für das Gas im Reservoir ist, γ_2 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas in der Umgebung ist, R_2 die Gaskonstante für das Gas in der Umgebung ist, P_0 der Druck in der Energiequelle ist, nachdem Gas vom Schalldämpfer empfangen worden ist, und P_s der Druck im Schalldämpfer ist, nachdem Gas vom Schalldämpfer empfangen worden ist.

4. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 3, wobei die effektive Ausströmlochfläche und die effektive Entlüftungsfläche derart sind, dass:

$$1,2 \left(\frac{\left(\gamma_1 / R_1 \right) \left(1 - \frac{\gamma_1 - 1}{2} \right)^{\gamma_1 - \frac{1}{2}}}{\left(\gamma_2 / R_2 \right) \left(1 - \frac{\gamma_2 - 1}{2} \right)^{\gamma_2 - \frac{1}{2}}} \right) \frac{P_0}{P_S} \leq \frac{\text{Entlüftungsfläche}}{\text{Ausströmlochfläche}},$$

wobei γ_1 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas im Reservoir ist, R_1 die Gaskonstante für das Gas im Reservoir ist, γ_2 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas in der Umgebung ist, R_2 die Gaskonstante für das Gas in der Umgebung ist, P_0 der Druck in der Energiequelle ist, nachdem Gas vom Schalldämpfer empfangen worden ist, und P_S der Druck im Schalldämpfer ist, nachdem Gas vom Schalldämpfer empfangen worden ist.

5. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, wobei die effektive Ausströmlochfläche und die effektive Entlüftungsfläche derart sind, dass:

$$\frac{\text{Entlüftungsfläche}}{\text{Ausströmlochfläche}} \leq 5 \left(\frac{\left(\gamma_1 / R_1 \right) \left(1 - \frac{\gamma_1 - 1}{2} \right)^{\gamma_1 - \frac{1}{2}}}{\left(\gamma_2 / R_2 \right) \left(1 - \frac{\gamma_2 - 1}{2} \right)^{\gamma_2 - \frac{1}{2}}} \right) \frac{20 P_0}{P_S},$$

wobei γ_1 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas im Reservoir ist, R_1 die Gaskonstante für das Gas im Reservoir ist, γ_2 das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten für das Gas in der Umgebung ist, R_2 die Gaskonstante für das Gas in der Umgebung ist, P_0 der Druck in der Energiequelle ist, nachdem Gas vom Schalldämpfer empfangen worden ist, und P_S der Druck im Schalldämpfer ist, nachdem Gas vom Schalldämpfer empfangen worden ist.

6. Nadellose Spritzenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1-5, wobei der Schalldämpfer eine Abschirmung (9) umfasst, welche ein vorherbestimmtes Volumen zur Aufnahme des von der Treiberkammer (3) empfangenen Gases vor seiner Entlüftung aufweist.

7. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Abschirmung (9) eine Partikelaustrittsöffnung (10) umfasst, welche während des Gebrauchs an das Ziel zu drücken ist, so dass die Partikel (5) durch die Öffnung (10) und in das Ziel passieren können.

8. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Schalldämpferabschirmung (9) und die Treiberkammer (3) jeweils ein entsprechendes Volumen aufweisen und die Partikelaustrittsöffnung (10) eine derartige Fläche aufweist, dass die Abhebekraft auf die Vorrichtung während des Gebrauchs weniger als 20 N ist.

9. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Schalldämpferabschirmung (9) und die Treiberkammer (3) jeweils ein entsprechendes Volumen aufweisen und die Partikelaustrittsöffnung (10) eine derartige Fläche aufweist, dass die Abhebekraft auf die Vorrichtung während des Gebrauchs weniger als 15 N ist.

10. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Abschirmung (9) ein Volumen aufweist, welches um wenigstens 5 mal, weiter bevorzugt um wenigstens 10 mal oder 20 mal größer als dasjenige der Treiberkammer (3) ist.

11. Nadellose Spritzenvorrichtung nach einem der Ansprüche 6-10, wobei die Abschirmung (9) Elemente (14) umfasst, welche die Querschnittsfläche der Abschirmung (9) einengen, um Schockwellen zu dämpfen, welche entlang der Abschirmung passieren.

12. Nadellose Spritzenvorrichtung nach einem der Ansprüche 6-11, wobei an der Abschirmung (9) wenigstens ein Loch (11) vorgesehen ist, das die wenigstens eine Schalldämpferentlüftungsöffnung ausbildet.

13. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 12, wobei das wenigstens eine Loch (11) im Wesentlichen am stromaufwärtigen Ende der Vorrichtung angeordnet ist.

14. Nadellose Spritzenvorrichtung nach einem der Ansprüche 6-13, welche weiterhin eine Abdeckung (15) umfasst, um einen ringförmigen Kanal für den Durchgang von Gas von der Abschirmung (9) zur Umgebung (18) zu erzeugen.

15. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 14, welche weiterhin eine Mehrzahl von Prallblechen (12, 13) in dem ringförmigen Kanal umfasst, um mit der Gasströmung aus der Abschirmung zu wechselwirken.

16. Nadellose Spritzenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1-15, welche weiterhin ein Widerstandsmaterial umfasst, um eine Schockwelle abzubauen, welche sich durch die Vorrichtung bewegt.

17. Nadellose Spritzenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1-16, welche weiterhin eine mit der Treiberkammer (3) verbundene Düse (8) zum Aufweiten des Partikel enthaltenden Gases umfasst, welches aus der Treiberkammer strömt.

18. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 17 bei Abhängigkeit von Anspruch 7, wobei die Partikelaustrittsöffnung (10) nicht mehr als 100% größer als die Austrittsfläche der Düse (8) ist, und wobei die Öffnung axial von dem Düsenaustritt beabstandet ist.

19. Nadellose Spritzenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche weiterhin eine erste und zweite Membran (6, 7) am stromabwärtigen Ende der Treiberkammer (3) umfasst, wobei die ersten und zweiten Membranen (6, 7) längs beabstandet sind, um so eine Partikelrückhaltekommer (4) zu erzeugen.

20. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 19, welche weiterhin eine Transferdurchführung (80) zur Zuführung von unter Druck stehendem Gas von der Treiberkammer (3) zur Partikelrückhaltekommer (4) umfasst.

21. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 20, wobei die Ausströmlochfläche und die minimale Fläche der Transferdurchführung (80) so ausgewählt sind, dass im Gebrauch eine strom-aufwärtige Membran (6) der Membranen vor einer stromabwärtigen Membran (7) der Membranen bricht.

22. Nadellose Spritzenvorrichtung nach Anspruch 21, wobei im Gebrauch die stromabwärtige Membran (7) mehr als 2 ms nachdem Gas durch die Transferdurchführung (10) zu strömen beginnt bricht.

23. Verfahren zur Schalldämpfung für eine partikelbeschleunigende Gasströmung, wobei das Verfahren umfasst:

(a) Zuführung von unter Druck stehendem Gas durch ein Ausströmloch (2) mit einem ersten Massendurchsatz;
 (b) Beschleunigung von Partikeln (5) mit dem unter Druck stehenden Gas, welches so zugeführt wird, so dass die Partikel (5) eine Geschwindigkeit erreichen werden, welche hinreichend für ein Eindringen in ein Ziel ist;
 (c) Empfangen des Gases in einem Schalldämpfer (9-17) und Entlüften des empfangenen Gases zur Umgebung (18) durch wenigstens eine Schalldämpferentlüftungsöffnung mit einem zweiten Massendurchsatz; wobei der zweite Massendurchsatz im Wesentlichen gleich dem ersten Massendurchsatz oder größer als der erste Massendurchsatz ist.

24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei der Schritt (a) eine Zuführung von unter Druck stehendem Gas zu einer Treiberkammer (3) umfasst, um so den Gasdruck in der Treiberkammer aufzubauen.

25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, weiterhin umfassend ein Zerschneiden einer Membran (6), um so einer Düse (8) stromabwärts der Treiberkammer (3) Gas zuzuführen.

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei der Schritt (b) eine Mitnahme von benachbart zu der Membran (6) angeordneten Partikeln (5) in dem unter Druck stehenden Gas und eine Beschleunigung des Partikel enthaltenden Gases in der Düse (8) umfasst.

27. Verfahren nach Ansprüchen 23-26, welches weiterhin ein Vorbeiführen des in dem Schalldämpfer empfangenen Gases an Verengungen (14) und/oder Prallplatten (12, 13) in dem Schalldämpfer umfasst, um alle Schockwellen in dem Gas vor einer Entlüftung des Gases zur Umgebung (18) zu dämpfen.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

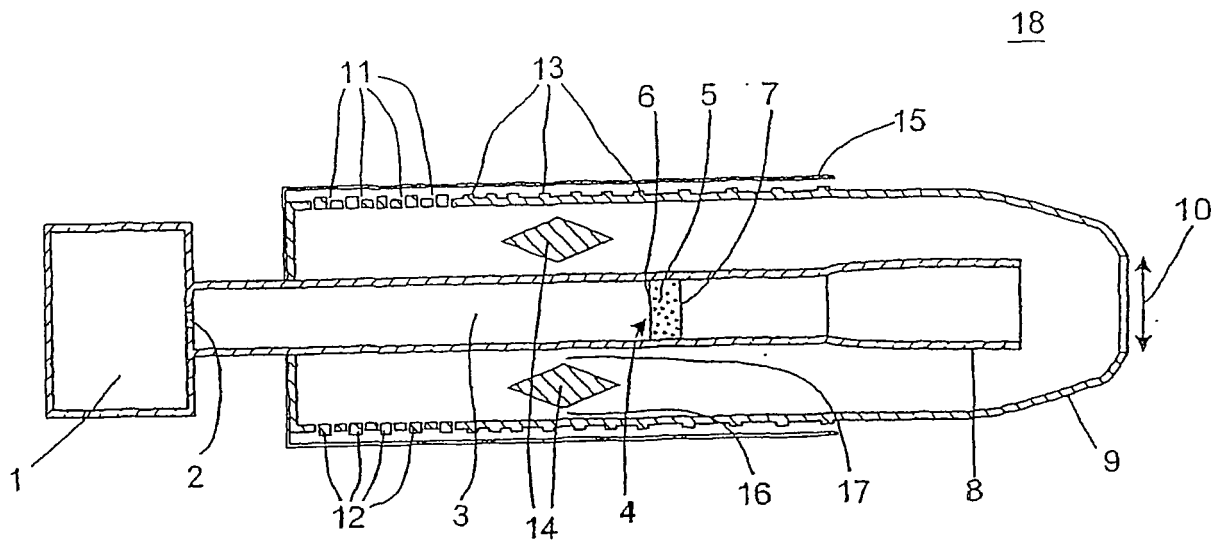


Fig. 2

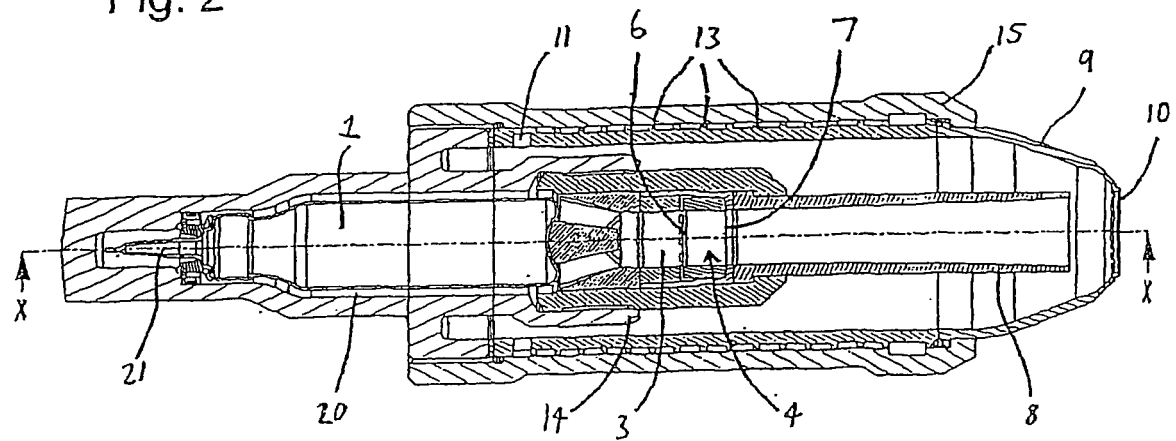


Fig. 3

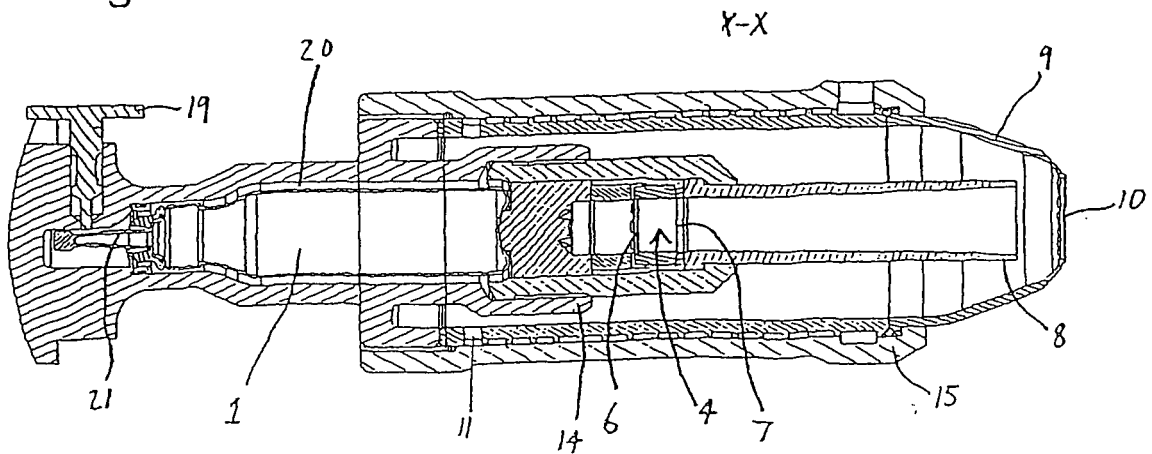


Fig. 4

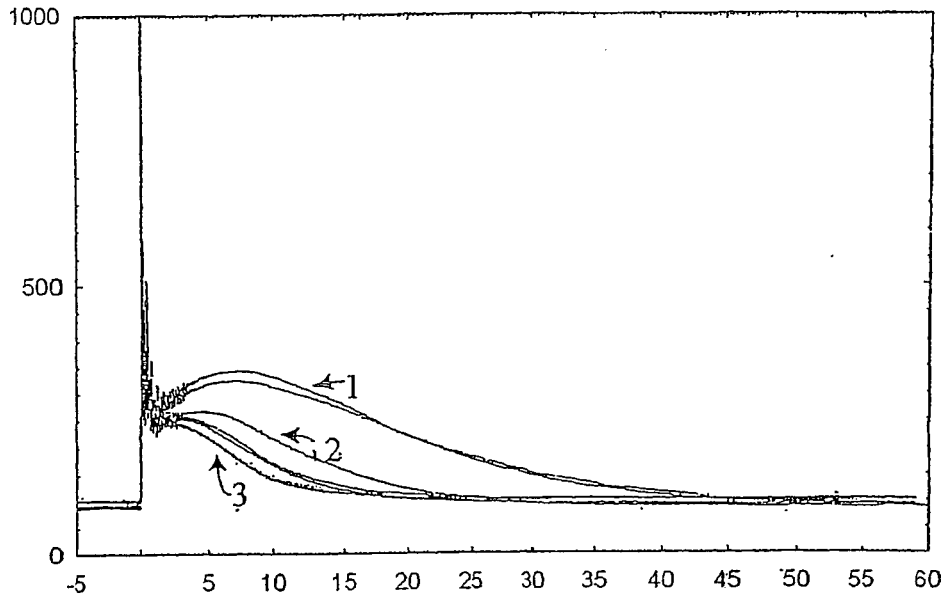


Fig. 5

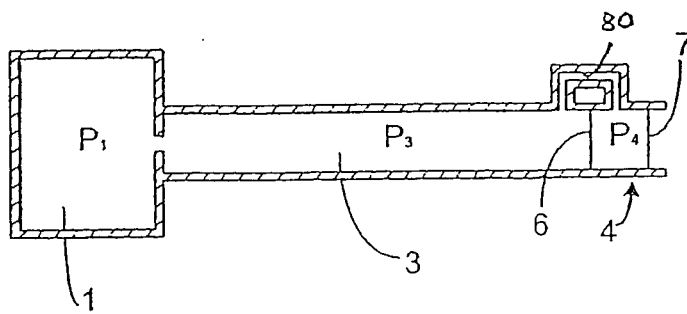


Fig. 6

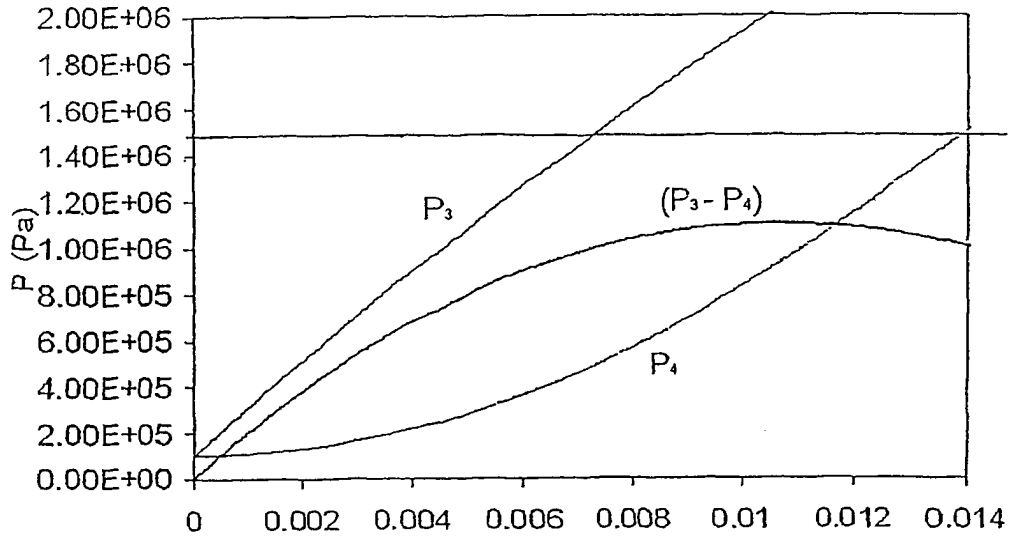


Fig. 7

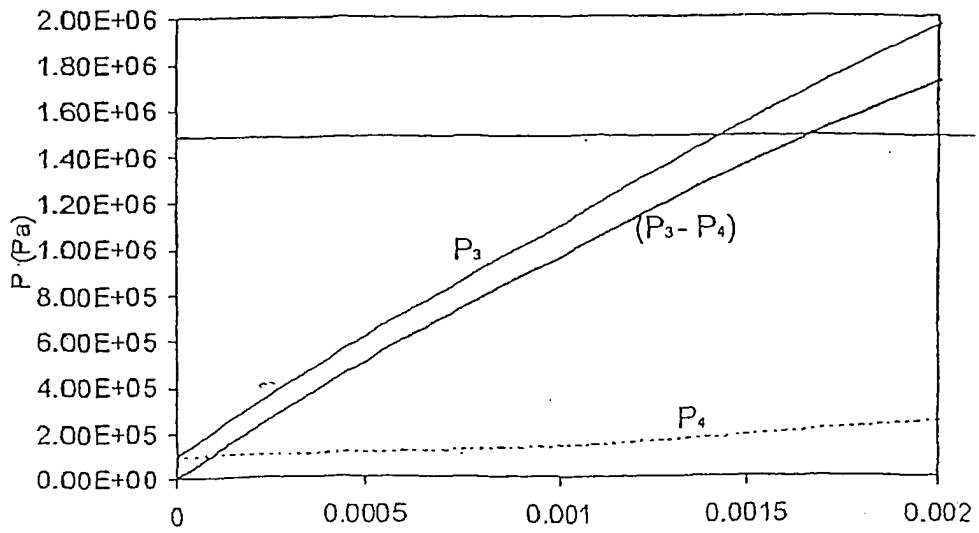


Fig. 8

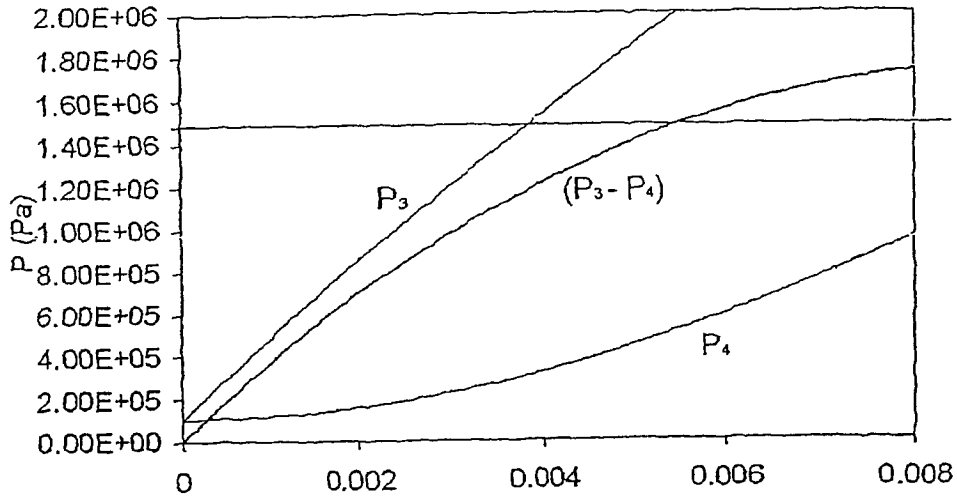


Fig. 9

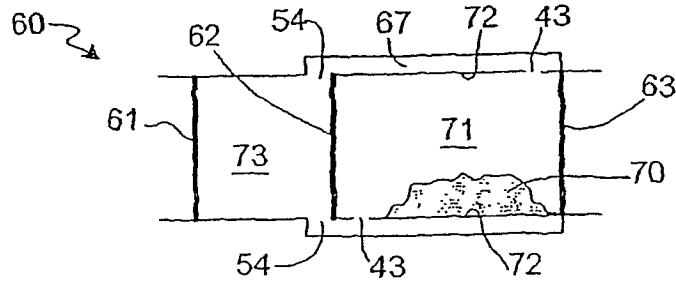


Fig. 10a

Fig. 10b

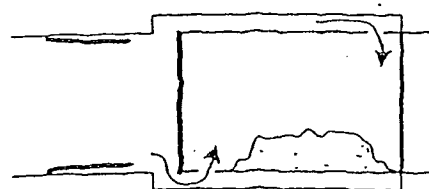
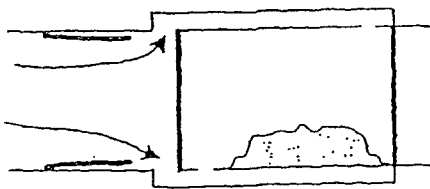


Fig. 10c

Fig. 10d

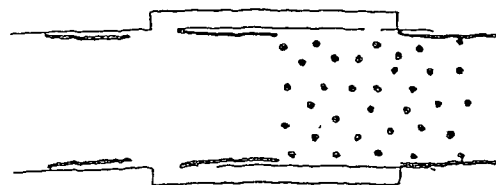
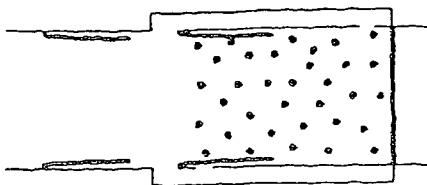


Fig. 11

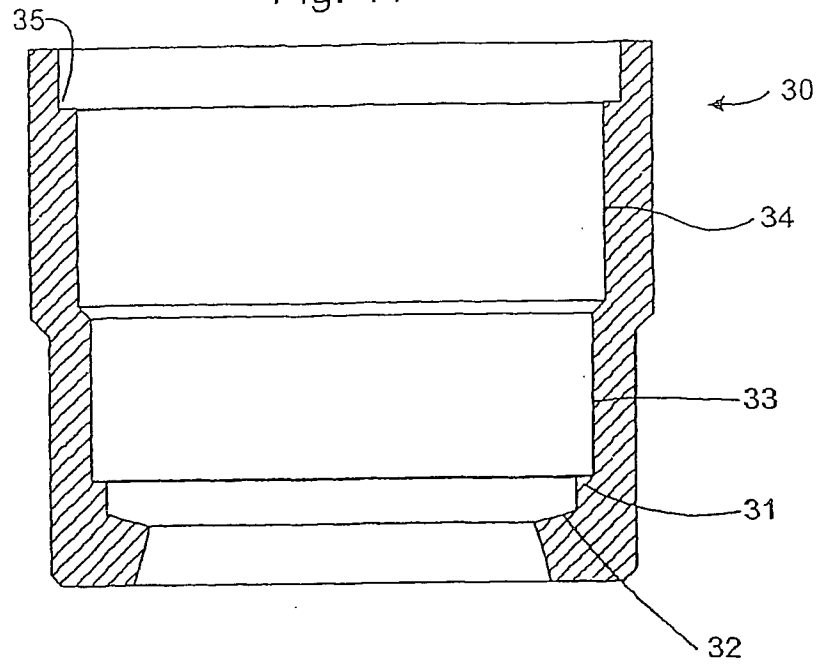


Fig. 12

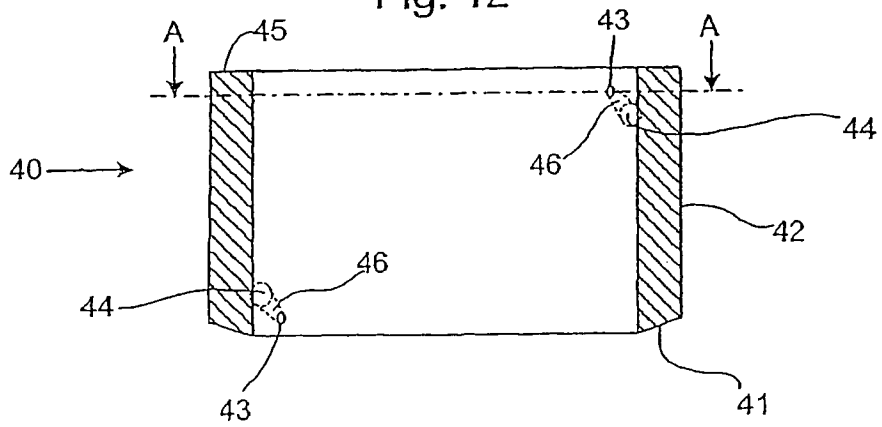


Fig. 13

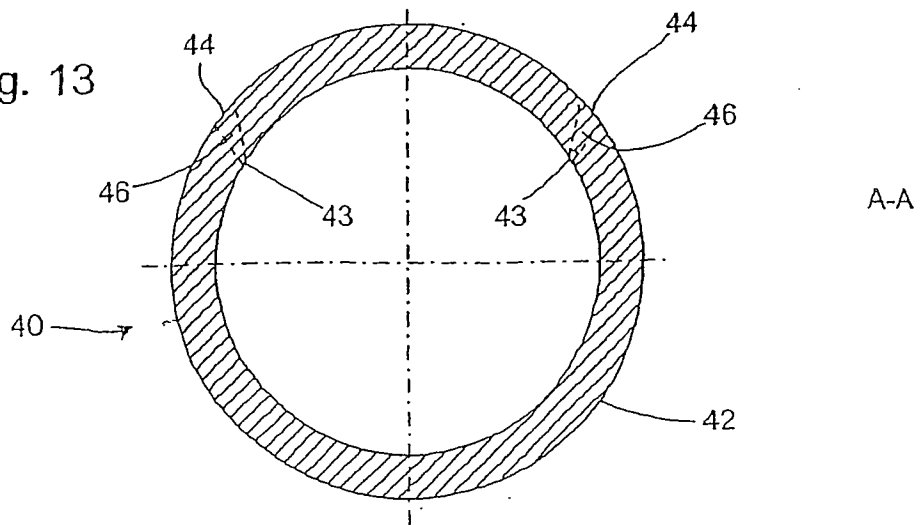


Fig. 14

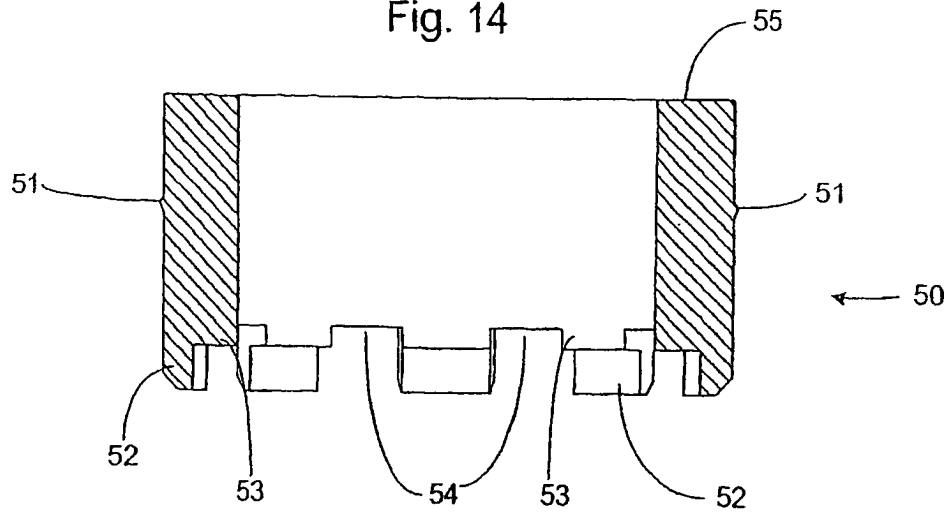


Fig. 15

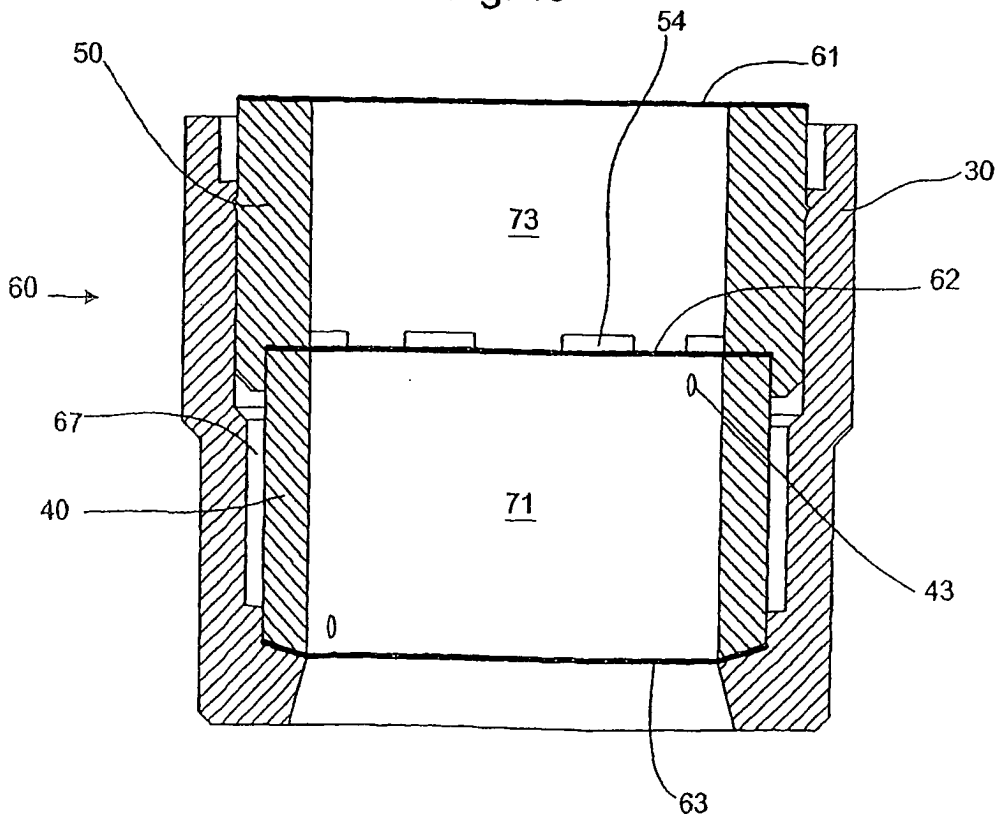


Fig. 16

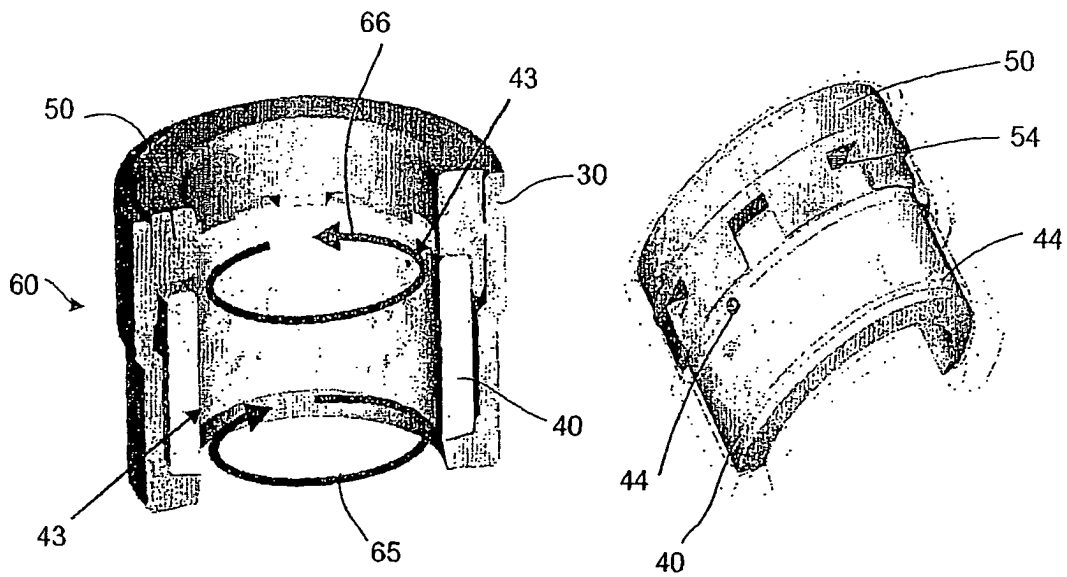


Fig.17.

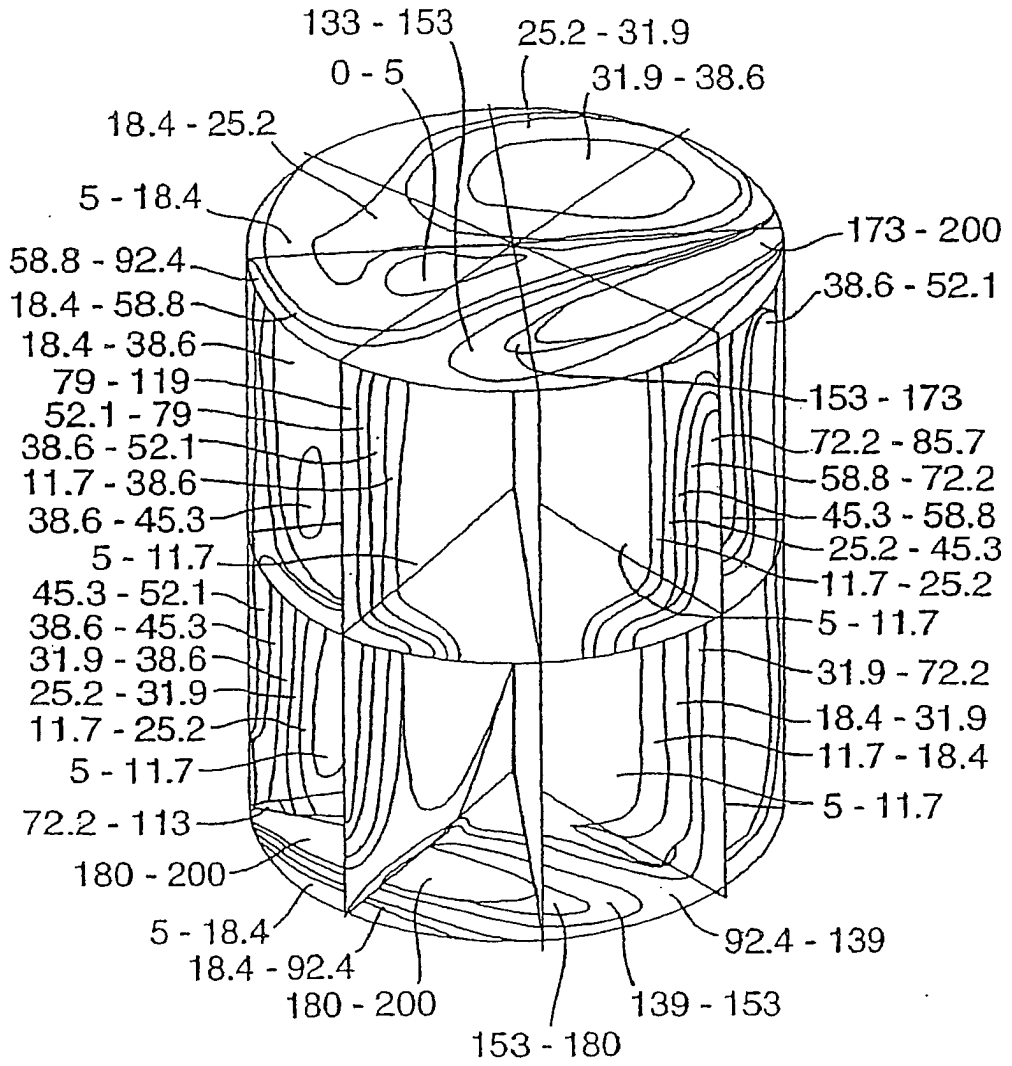


Fig.18.

