

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. Oktober 2011 (06.10.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2011/121114 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/055110
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
1. April 2011 (01.04.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
- |                |                                 |    |
|----------------|---------------------------------|----|
| 102010013800.2 | 3. April 2010 (03.04.2010)      | DE |
| 102010017834.9 | 22. April 2010 (22.04.2010)     | DE |
| 102010036928.4 | 10. August 2010 (10.08.2010)    | DE |
| 102010044929.6 |                                 |    |
|                | 10. September 2010 (10.09.2010) | DE |
| 102010048280.3 | 14. Oktober 2010 (14.10.2010)   | DE |
| 102010060716.9 |                                 |    |
|                | 22. November 2010 (22.11.2010)  | DE |

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (72) Erfinder; und
- (71) Anmelder : KIPP, Jens Werner [DE/DE]; Klashofsiedlung 3, 33659 Bielefeld (DE).
- (74) Anwalt: TER MEER STEINMEISTER & PARTNER, GBR; Artur-Ladebeck-Str. 51, 33617 Bielefeld (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

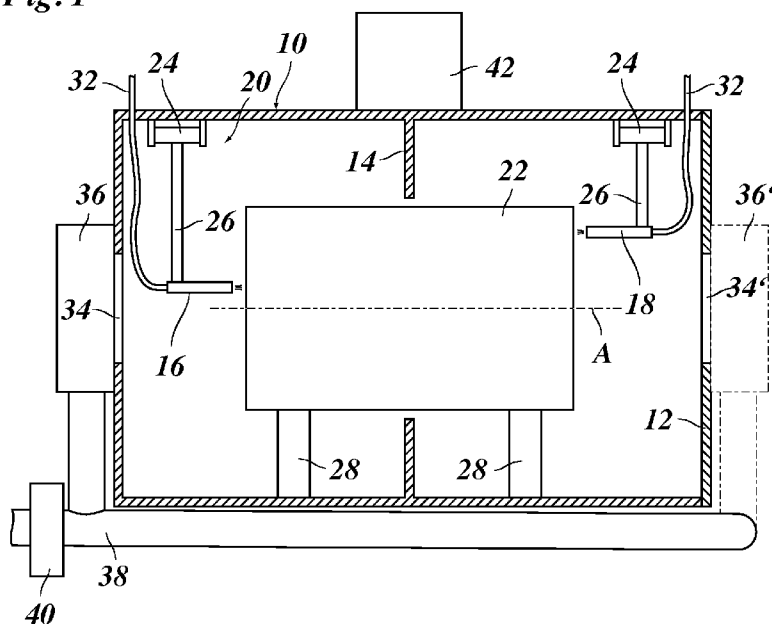
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CLEANING FILTERS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM REINIGEN VON FILTERN

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for cleaning filters (22) which are designed as solid bodies having pores and/or having channels which are open towards the surface, by blasting using a blasting medium, characterised in that the blasting medium is gaseous and contains solid or liquid blasting agents, if appropriate in the form of substances having a boiling point of no more than 140° C, the blasting medium is accelerated in a jet nozzle (16, 18) so that it strikes the filter (22) at least at almost the speed of sound, and during blasting the filter (22) is disposed in front of an intake opening (34, 34') which draws in the blasting medium as well as ambient air.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Reinigen von Filtern (22), die als Festkörper mit Poren und/oder zur Oberfläche offenen Kanälen ausgebildet sind, durch Abstrahlen mit einem Strahlmedium, dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlmedium gasförmig ist und festes oder flüssige Strahlmittel allenfalls in der Form von Substanzen mit einem Siedepunkt von nicht mehr als

140° C enthält, das Strahlmedium in einer Strahldüse (16, 18) so beschleunigt wird, dass es mit mindestens annähernd Schallgeschwindigkeit auf den Filter (22) trifft, und der Filter (22) beim Abstrahlen vor einer Saugöffnung (34, 34') angeordnet wird, die das Strahlmedium sowie Umgebungsluft ansaugt.

WO 2011/121114 A2

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM REINIGEN VON FILTERN

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen von Filtern, die als Festkörper mit Poren und/oder zur Oberfläche offenen Kanälen ausgebildet sind, durch Abstrahlen mit  
5 einem Strahlmedium, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Insbesondere befasst sich die Erfindung mit der Reinigung von Partikelfiltern, beispielsweise Abgasfiltern für Dieselaggregate von Kraftfahrzeugen, Schiffen und dergleichen. Um die Nutzungsdauer solcher Filter zu verlängern und dennoch die einschlägigen Abgasnormen einzuhalten, sollten diese hochbelasteten Filter von Zeit zu Zeit  
10 ausgebaut und durch Abstrahlen gereinigt und regeneriert werden. Bisher wird zu diesem Zweck zumeist ein Hochdruckreiniger eingesetzt, mit dem der Filter mit Wasser abgestrahlt wird. Nachteilig ist dabei jedoch die hohe Umweltbelastung durch den Anfall großer Mengen von mit Schadstoffen verunreinigtem Wasser. Da die von dem Filter abgelösten Verunreinigungen als Staub oder Schlamm zurückspritzen, ist das herkömmliche  
15 Verfahren auch mit einer hohen Gesundheitsbelastung für das Personal verbunden. Weiterhin ist es bekannt, die Verunreinigungen bei hoher Temperatur zu verbrennen und die Asche mit Druckluft auszublasen. Beide bekannten Verfahren haben den Nachteil, dass sie die katalytischen Eigenschaften des Filters beeinträchtigen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, das eine effiziente und schonende  
20 Reinigung der Filter bei verminderter Umwelt- und Gesundheitsbelastung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass

- das Strahlmedium gasförmig ist und festes oder flüssiges Strahlmittel allenfalls in der Form von Substanzen enthält, deren Hauptkomponente einen Siedepunkt von  
25 nicht mehr als 140° C hat,

- das Strahlmedium in einer Strahldüse so beschleunigt wird, dass es mit mindestens annähernd Schallgeschwindigkeit auf den Filter trifft, und
- der Filter beim Abstrahlen vor einer Saugöffnung angeordnet wird, die das Strahlmedium sowie Umgebungsluft ansaugt.

5 Bei dem Strahlmedium handelt es sich um ein Gas, beispielsweise Druckluft oder Stickstoff, das entweder keine festen oder flüssigen Strahlmittel enthält oder in dem als Strahlmittel feine Tröpfchen oder Partikel einer leichtflüchtigen Substanz suspendiert sind. Geringe Beimischungen schwerer flüchtiger Substanzen mit einem Siedepunkt von mehr als 140 °C sind nicht generell ausgeschlossen, jedoch enthält das Strahlmedium vorzugsweise nur Substanzen, deren Siedepunkt nicht mehr als 140 °C beträgt. Dieses Strahlmedium kann mit einer geeigneten Strahldüse, beispielsweise einer Laval-Düse, auf Schallgeschwindigkeit oder Überschallgeschwindigkeit beschleunigt werden. Dadurch wird eine besonders intensive und dennoch schonende Reinigungswirkung erzielt, und der Strahl dringt tief in die Poren und Kanäle des Filters ein, so dass der  
10 Reinigungseffekt nicht auf die Oberfläche beschränkt bleibt. Über die Saugöffnung wird nicht nur das Strahlmittel abgesaugt, sondern auch Umgebungsluft angesaugt. Das gewährleistet einen wirksamen Abtransport der Verunreinigungen und verhindert, dass diese Verunreinigungen unkontrolliert in die Umgebung gelangen.

15 Gegenstand der Erfindung ist außerdem eine Vorrichtung, die zur Durchführung dieses Verfahrens geeignet ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Vorzugsweise hat das Strahlmedium bzw. das Gemisch aus Strahlmedium und Strahlmittel beim Verlassen der Strahldüse eine mittlere Temperatur von weniger als 0° C.  
25 Durch die niedrige Temperatur des Strahlmediums wird ein Versprödungseffekt erzielt, der die Ablösung der Verunreinigungen von dem Filtermaterial begünstigt.

In einer Ausführungsform ist das Strahlmedium Stickstoffgas, das durch Entspannung von flüssigem Stickstoff gewonnen wird und deshalb eine niedrige Temperatur hat.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die tiefe Temperatur dadurch erreicht, dass dem gasförmigen Strahlmedium (z. B. Druckluft) Trockeneis oder Trockenschnee als Strahlmittel zugesetzt wird. Besonders zweckmäßig ist dazu eine Strahldüse, in der der Trockenschnee an Ort und Stelle durch Entspannung von flüssigem CO<sub>2</sub> erzeugt wird. Ein Beispiel einer solchen Strahldüse ist in EP 1 501 655 B1 beschrieben.

Um das Strahlmittel und die Verunreinigungen wirksam abzusaugen, ist es zweckmäßig, insbesondere bei geschlossenen Filtersystemen mit nur an den entgegengesetzten Enden offenen Filtern, wenn die Saugdüse direkt an ein offenes Ende angesetzt wird. Die Saugdüse sollte dann vorzugsweise einen Unterdruck von wenigstens 1 kPa (0,01 bar) weiter vorzugsweise wenigstens 5 oder 10 kPa erzeugen.

Bei Filtern mit porösem Filtermaterial sollte außerdem das Strahlmittel porengängig sein, sei es dadurch, dass es beim Auftreffen auf das Filtermaterial schnell verdampft oder sublimiert und dann durch die Poren abgesaugt werden kann, und/oder dadurch, dass die Partikel des Strahlmittels so klein sein (oder durch Verdampfung oder Sublimation so klein werden), dass sie durch die Poren hindurchgehen. Wenn als Strahlmittel Trockenschnee verwendet wird, der mit einer Strahldüse gemäß EP 1 501 655 B1 erzeugt wird, lässt sich die Menge an eingestrahltm Trockenschnee und die Größe der Trockenschneepartikel dadurch steuern, dass der Druck der Druckluft und der Durchsatz an flüssigem CO<sub>2</sub> geeignet eingestellt werden, und/oder durch geeignete Gestaltung und Dimensionierung des Entspannungsraums, in dem sich das flüssige CO<sub>2</sub> entspannt. Beispiele hierfür werden auch in EP 1 765 551 B1 und WO 2005/005377A1 gegeben. Generell sollten die Verfahrensparameter so gewählt werden, dass die pro Zeiteinheit aus der Düse zugeführte Menge an Strahlmittel kleiner ist als die Menge an Strahlmittel, die pro Zeiteinheit durch die Poren des Filtermaterials hindurchtreten oder durch die

Gasströmung wieder zur Einstrahlseite hin ausgeworfen werden kann. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Strahlmittel den Filter verstopft.

Bei dem Strahlmedium kann es sich gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung auch um Druckluft handeln, dem eine Flüssigkeit, z. B. Wasser als Strahlmittel hinzugesetzt  
5 wird. Das Wasser wird dann zu feinen Tröpfchen vernebelt, die in der Düse auf hohe Geschwindigkeit beschleunigt werden, so dass eine entsprechend hohe Reinigungswirkung erzielt wird. Die eingesetzte Wassermenge ist jedoch bei gleicher oder höherer Reinigungswirkung deutlich kleiner als bei dem herkömmlichen Abstrahlen mit einem Hochdruckreiniger, und dementsprechend fallen geringere Kosten für die Entsorgung  
10 des Abwassers an.

Mit Hilfe eines Manipulatorsystems wird eine Relativbewegung zwischen Strahldüse und Filter erzeugt, so dass der Strahl auf alle gewünschten Oberflächenbereiche des Filters gerichtet werden kann. Der Bewegungsablauf wird je nach Geometrie und Beschaffenheit des zu reinigenden Filters gesteuert.

15 Abgas-Partikelfilter haben zumeist eine allgemein zylindrische Form. Bei Edelstahlfiltern ist die Mantelfläche des Zylinders durch Kanäle durchbrochen. Das Manipulatorsystem kann dann so gestaltet sein, dass der Filter um seine Längsachse gedreht und gleichzeitig in Axialrichtung relativ zur ortsfesten Düse bewegt wird. Wenn der Filter die Form eines Hohlzylinders hat, kann in entsprechender Weise auch eine Reinigung  
20 von der inneren Umfangsfläche her erfolgen.

Andere Filtertypen, beispielsweise die meisten Keramikfilter, weisen eine nicht durchbrochene Mantelfläche auf, und Gaskanäle verlaufen von den beiden Stirnflächen des Filters axial in das Innere des Filterkörpers, wo die von entgegengesetzten Stirnflächen her eintretenden Gaskanäle einander überlappen, jedoch zumeist durch Wände aus dem  
25 porösen Keramikmaterial voneinander getrennt bleiben. Zur Reinigung solcher Filter kann das Manipulatorsystem mindestens an einem Ende des Filters eine auf die dortige Stirnfläche gerichtete radial bewegliche Düse haben. Durch Überlagerung der radialen

Bewegung der Düse mit einer Drehung des Filters um seine Längsachse kann dann die gesamte Stirnfläche abgereinigt werden, wobei der auf hohe Geschwindigkeit beschleunigte Strahl des Strahlmediums tief in die Gaskanäle eindringt. Wenn eine Düse nur an einem Ende des Filters vorgesehen ist, kann das Manipulatorsystem so ausgebildet sein, dass der Filter um 180° um die Querachse gedreht werden kann, um die entgegengesetzte Stirnfläche zu reinigen.

Natürlich sind auch Manipulatorsysteme möglich, bei denen nur die Düse relativ zum feststehenden Filter bewegt wird.

Vorzugsweise weist das Manipulatorsystem eine programmierbare Steuereinrichtung auf, mit der sich der Bewegungsablauf programmieren lässt. In dieser Steuereinrichtung können mehrere Programme für unterschiedliche Filtertypen gespeichert sein, so dass es genügt, den jeweiligen Filtertyp oder einige wenige kennzeichnende Parameter des Filters einzugeben, und der Reinigungsvorgang im übrigen automatisch ablaufen kann. Wahlweise kann die Steuereinrichtung auch die Möglichkeit bieten, die Geschwindigkeit der Bewegungsabläufe und damit die Dauer und Intensität des Reinigungsvorgangs je nach Verschmutzungsgrad oder Materialbeschaffenheit des Filters zu variieren.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

- 20      Fig. 1      einen schematischen axialen Schnitt durch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 2      die Vorrichtung nach Fig. 1 in einem schematischen Querschnitt;
- Fig. 3      einen axialen Schnitt durch eine Vorrichtung gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel;

- Fig. 4 eine Skizze einer Vorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;
- Fig. 5 eine abgewandelte Ausführungsform der Vorrichtung nach Fig. 4; und
- Fig. 6 eine vergrößerte Schnittdarstellung eines Teils eines Keramikfilters.

5

In Fig. 1 ist im Längsschnitt ein quaderförmiges Gehäuse 10 gezeigt, das an einem Ende eine Klappe 12 aufweist und innen durch eine Trennwand 14 in zwei Abteile unterteilt ist. Im Inneren des Gehäuses 10 sind im gezeigten Beispiel zwei Strahldüsen 16, 18 und ein Manipulatorsystem 20 angeordnet, das es erlaubt, einen Filter 22 von allgemein zylindrischer Form, beispielsweise einen Keramikfilter mit geschlossener Mantelfläche, zu halten und den Filter und die Strahldüsen relativ zueinander zu bewegen. Das Manipulatorsystem 20 umfasst Schwenkantriebe 24 für die an schwenkbaren Armen 26 gehaltenen Strahldüsen 16 und 18.

Der Filter 22 ist auf zwei Sätzen von Lagerböcken 28 so abgestützt, dass jedes Ende des Filters in einem der Abteile des Gehäuses liegt. Wie Fig. 2 zeigt, umfasst jeder Satz vier schwenkbare oder ausfahrbare und zurückziehbare Lagerböcke 28, die jeweils am freien Ende eine Rolle 30 tragen. Die Rollen 30 liegen an der Mantelfläche des zylindrischen Filters 22 an und halten so den Filter 22 stabil in seiner Position. Mindestens eine der Rollen 30 ist drehantriebbar, so dass ein Drehantrieb gebildet wird, der Teil des Manipulatorsystems 20 ist und mit dem sich der Filter 22 um seine Längsachse A (Fig. 1) drehen lässt.

Die Strahldüsen 16 und 18 sind auf die entgegengesetzten Stirnflächen des zylindrischen Filters 22 gerichtet. Wie Fig. 2 zeigt, lassen sich die Arme 26 mit Hilfe der Schwenkantriebe 24 so verschwenken, dass sich die Strahldüse (z. B. die Strahldüse 18 in Fig. 2) so auf einem Kreisbogen B bewegt, dass die Radialposition der Strahldüse

25

variiert werden kann. Im gezeigten Beispiel geht der Kreisbogen B durch die Achse A des Filters, so dass auch der Mittelpunkt der Stirnfläche des Filters 22 erreicht werden kann. Durch Kombination der Schwenkbewegungen der Arme 24 mit der Drehung des Filters 22 lassen sich die gesamten Stirnflächen des Filters 22 abstrahlen.

5 Zur Anpassung an Filter mit unterschiedlichen Abmessungen können erforderlichenfalls die Axialpositionen der Strahldüsen 16 und 18 motorisch oder von Hand verstellbar sein.

Die Strahldüsen 16 und 18 sind jeweils als Laval-Düsen ausgebildet und über flexible Leitungen 32 mit einer nicht gezeigten, außerhalb des Gehäuses 10 angeordneten Druckluftquelle und einer Quelle für flüssiges CO<sub>2</sub> verbunden. Die Strahldüsen sind beispielsweise so aufgebaut, wie in EP 1 501 655 B beschrieben wird. Das flüssige CO<sub>2</sub> wird in der Strahldüse in einem Entspannungsraum entspannt, so dass ein Teil des CO<sub>2</sub> verdampft und die entstehende Verdunstungskälte dazu führt, dass ein anderer Teil des CO<sub>2</sub> zu Trockenschneepartikeln auskondensiert. Diese werden dann von der Druckluftströmung zur Laval-Düse mitgenommen, wo die Druckluft und die CO<sub>2</sub>-Partikel auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt werden. Auf diese Weise wird ein energiereicher Strahl erzeugt, der auf die Oberfläche des Filters 22 trifft und tief in die dort vorhandenen Poren und/oder Kanäle eindringt. Die CO<sub>2</sub>-Partikel entfalten dabei nicht nur eine mechanische Wirkung, sondern führen auch zu einer starken Abkühlung des Filtermaterials und damit zu einer Versprödung, die die Ablösung der Verunreinigungen begünstigt. Schließlich verdampfen die Partikel wieder zu gasförmigem CO<sub>2</sub>, das zusammen mit der Druckluft für den Abtransport der abgelösten Verunreinigungen sorgt.

In der Klappe 12 und in der gegenüberliegenden Wand des Gehäuses 10 sind Saugöffnungen 34, 34' vorgesehen. In dem in Fig. 1 gezeigten Zustand ist eine Saugkammer 36, die über eine Saugleitung 38 und einen Staubabscheider 40 mit einem nicht gezeigten Sauggebläse verbunden ist, so vor die linke Saugöffnung 34 geschwenkt, dass Luft aus dem entsprechenden Abteil des Gehäuses abgesaugt wird. Durch die andere Saugöff-

nung 34' kann unterdessen Luft in das andere Abteil des Gehäuses eintreten. Die Trennwand 14 zwingt diese Luft, durch den Filter 22 zu strömen.

Wenn mit der oben beschriebenen Vorrichtung ein Filter 22 gereinigt werden soll, so wird zunächst die Klappe 12 geöffnet, und der Filter 22 wird in der in Fig. 1 gezeigten Position eingespannt. Die Arme 26 sind dabei in eine Position geschwenkt, in der sie flach unter der Decke des Gehäuses 10 liegen, so dass sie beim Einführen des Filters nicht im Weg sind. Anschließend wird die Klappe 12 geschlossen, die Saugkammer 36 wird vor die Saugöffnung 34 geschwenkt, und die Strahldüse 18, das Manipulatorsystem 20 und die Absaugung werden in Betrieb gesetzt. Auf diese Weise wird zunächst die rechte Stirnfläche des Filters 22 gereinigt. Dabei wird das Gehäuse und insbesondere der Filter 22 von einem Luftstrom durchspült, der die gleiche Richtung hat wie der von der Strahldüse 18 abgegebene Strahl, und die vom Filter 22 abgelösten Verunreinigungen werden zusammen mit dem gasförmigen CO<sub>2</sub> aus dem Inneren des Gehäuses abgesaugt. Die Verunreinigungen werden in dem Staubabscheider 40 abgeschieden und gesammelt. Das vom Sauggebläse abgesaugte Gemisch aus Luft und CO<sub>2</sub> kann bedenkenlos in die Umgebung entlassen werden.

Anschließend wird eine gleichfalls an die Saugleitung 38 angeschlossene Saugkammer 36' vor die Saugöffnung 34' geschwenkt, während die Saugkammer 36 von der Saugöffnung 24 weg geschwenkt wird, so dass die Luft nun in entgegengesetzter Richtung durch den Filter 22 strömt. Mit Hilfe des Manipulatorsystems 20 wird nun die Strahldüse 16 über die linke Stirnfläche des Filters bewegt, um auch diese zu reinigen.

Das Manipulatorsystem und gegebenenfalls auch die Zufuhrsysteme für Druckluft und CO<sub>2</sub> zu den Strahldüsen sind mit einer programmierbaren elektronischen Steuereinrichtung 42 verbunden, die die Bewegungsabläufe, im gezeigten Beispiel also die Drehung des Filters 22 um die Achse A und die Bewegungen der Strahldüsen 16, 18 in der gewünschten Weise steuert. Gegebenenfalls werden mit Hilfe der Steuereinrichtung 42 auch die Strahldüsen nach Bedarf an- und abgeschaltet. Auch das Sauggebläse kann

durch die Steuereinrichtung 42 so angesteuert werden, dass die Absaugung immer dann erfolgt, wenn die Strahldüsen in Betrieb sind. Zur Vermeidung von Rückverschmutzungen auf dem Filter sollte die Absaugung auf einen Luftwechsel ausgelegt sein, der pro Minute mindestens dem - fachen, vorzugsweise mindestens dem 10-fachen, weiter vorzugsweise mindestens dem 100-fachen des Volumens des Filters 22 entspricht.

In der Steuereinrichtung 42 können verschiedene Programme für unterschiedliche Typen und/oder unterschiedliche Abmessungen der Filter 22 gespeichert sein. So braucht der Benutzer lediglich an einer Bedienungskonsole der Steuereinrichtung 44 den Typ und/oder die Abmessungen des zu reinigenden Filters eingeben, und der gesamte Reinigungsvorgang läuft dann automatisch ab. Auch die Geschwindigkeit, mit der sich die Strahldüsen 16, 18 relativ zum Filter 22 bewegen, kann mit Hilfe der Steuereinrichtung 42 variiert werden, so dass sich die Intensität und Dauer des Reinigungsvorgangs an den jeweiligen Verschmutzungsgrad und/oder die Materialbeschaffenheit des Filters anpassen lässt.

In einer anderen Ausführungsform können die Strahldüse 16 und die Saugkammer 36' fortgelassen sein. Nachdem die rechte Stirnseite des Filters gereinigt worden ist, wird die Klappe 12 vorübergehend geöffnet, und der Filter 20 wird umgedreht, so dass dann seine andere Stirnfläche mit der Strahldüse 18 gereinigt werden kann.

In Fig. 3 ist ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, mit dem beispielsweise Edelstahlfilter 22' gereinigt werden können, die eine durchbrochene Mantelfläche haben. Das Manipulatorsystem 20 weist in diesem Fall einen Korb 44 auf, an den der Filter mit einem Ende so angeflanscht werden kann, dass er in dem Korb aufgenommen und gehalten ist. Ein Antrieb 46 erlaubt es, den Korb 44 und damit den Filter 22' um seine Längsachse zu drehen und in axialer Richtung zu verschieben.

Eine ortsfeste Strahldüse 48 strahlt durch die Wand des Korbes 44 hindurch auf die Mantelfläche des Filters, um diese zu reinigen. Für den Fall, dass auch eine Stirnfläche

des Filters 22' gereinigt werden muss, ist hier an dem Ende, das dem Antrieb 46 gegenüber liegt, eine schwenkbare Strahldüse 50 vorgesehen, die wie die Strahldüse 18 in Fig. 1 arbeitet und vor die Stirnfläche des Filters geschwenkt wird, während der Korb 44 in seiner am weitesten rechts gelegenen Position gehalten wird.

5 Eine Saugöffnung 52 ist in diesem Fall in den Boden des Gehäuses 10 integriert und an ein zugehöriges Absaugsystem angeschlossen. In den Wänden des Gehäuses 10 sind Zuluftöffnungen 54 vorgesehen.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Filter 22' ähnlich wie in Fig. 1 auf Lagerböcken 28 gelagert ist und mit einer Stirnfläche direkt an eine Saugöffnung 56 einer  
10 Absaugeinrichtung angesetzt ist, so dass die Luft unmittelbar aus dem Inneren des Filters abgesaugt werden kann. Eine Strahldüse 58 wird in diesem Fall beispielsweise mit Hilfe eines Roboterarms bewegt, um die Umfangsfläche und die andere Stirnfläche des Filters abzustrahlen.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform, die der Ausführungsform nach Fig. 4 ähnelt, jedoch  
15 speziell für den Fall vorgesehen ist, dass es sich bei dem Filter 22 um einen Keramikfilter handelt. Der Filter besteht in der Hauptsache aus einem porösen Keramikmaterial 60, in das Bohrungen 62, 64 so von den entgegengesetzten Stirnseiten des Filters eintreten, dass sie im Inneren des Filters kammförmig ineinandergreifen und nur durch relativ dünne Wände des Keramikmaterials 60 voneinander getrennt sind.

20 Mit der Düse 50, die bereits im Zusammenhang mit Fig. 5 beschrieben wurde, werden Druckluft und Strahlmittel von einer Stirnseite des Filters her in die Bohrungen 62 eingeblasen. Die Saugöffnung 56 ist an die entgegengesetzte Stirnfläche des Filters angesetzt und erzeugt dort einen Unterdruck von wenigstens 1 kPa, vorzugsweise wenigstens 10 kPa, weiter vorzugsweise 50 kPa oder mehr, so dass das Strahlmittel und die  
25 vom Filter abgelösten Verunreinigungen wirksam durch die Bohrungen 64 abgesaugt werden.

Die Lagerböcke 28 sind auf einem Wagen 66 angeordnet, der in Axialrichtung des Filters 22 verfahrbar ist. Wenn die Düse 50 eine Schwenkbewegung über die Stirnfläche des Filters ausgeführt hat, wird der Wagen 66 zurückgefahren, so dass der Filter 22 von der Saugdüse 56 freikommt und dann um seine Längsachse gedreht werden kann. Erforderlichenfalls kann der Filter 22 mit über den Umfang des Filters geführten Zugbändern drehbar aber axialfest auf den Lagerböcken 28 fixiert sein. Nachdem der Filter um einen bestimmten Winkel gedreht wurde, wird er wieder gegen die Saugöffnung gefahren, und die Düse 50 wird erneut in Betrieb gesetzt. Auf diese Weise kann schrittweise die gesamte Stirnfläche des Filters 22 mit der Düse 50 überstrichen werden. Anschließend wird der Filter mit einem Handhabungssystem, das beispielsweise zwei parallele Arme 68 aufweist und wie ein Gabelstapler arbeitet, von den Lagerböcken 28 abgehoben und in der Richtung senkrecht zur Zeichenebene in Fig. 5 aus der Vorrichtung herausgefahren. Der Filter wird dann gedreht und in entgegengesetzter Orientierung erneut in die Vorrichtung eingefahren, so dass auch die entgegengesetzte Stirnfläche in entsprechender Weise abgereinigt werden kann.

In Fig. 6 ist schematisch ein vergrößerter Schnitt durch das Keramikmaterial 60 gezeigt, das eine der Bohrungen 62 von einer benachbarten Bohrung 64 trennt. Das Filtermaterial hat eine offenzellige Porenstruktur mit Poren 70, die von der Bohrung 62 zur Bohrung 64 durchgehen. Der Porendurchmesser liegt z. B. in der Größenordnung von etwa 1  $\mu\text{m}$ , so dass Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 1  $\mu\text{m}$  von dem Filter zurückgehalten werden. Die zurückgehaltenen Verunreinigungen bilden an den Wänden der Bohrung 62 einen Belag 72, der einen Teil der Poren 70 verstopft.

Das von der Düse 50 ausgestoßene Strahlmittel besteht im gezeigten Beispiel aus Partikeln 74 aus Trockenschnee, die entweder durch Entspannung von flüssigem  $\text{CO}_2$  oder durch Zerkleinern von festem  $\text{CO}_2$  erzeugt wurden. Die Partikel 74 werden von der Düse 50 mit zumindest nahezu Schallgeschwindigkeit in die Bohrung 64 eingeblasen und treffen mit hoher Geschwindigkeit auf die Wände dieser Bohrung, wie in Fig. 6 durch einen Pfeil angedeutet wird. Durch die auftreffenden Partikel 74 des Strahlmittels wird

der Belag 72 zerkleinert, und es entstehen kleine Bruchstücke 76, die aufgrund des in der Bohrung 64 herrschenden Unterdruckes durch die Poren 70 hindurch abgesaugt werden oder mit der in der Bohrung verwirbelten Druckluft zur offenen Seite der Bohrung ausgeworfen werden. Auch die Partikel 74 des Strahlmittels sind kleiner als die Poren 70, so dass sie ebenfalls durch diese Poren hindurch abgesaugt werden können, und zwar mit einem hinreichend hohen Materialdurchsatz, so dass das über die Düse 50 zugeführte Strahlmittel sich nicht in der Bohrung 62 sammelt und diese verstopft. Gegebenenfalls können die Partikel 74 zunächst auch einen Durchmesser haben, der größer ist als der Porendurchmesser. Da die Trockenschnee-Partikel beim Auftreffen auf das Filtermaterial 60 zum Teil zerschlagen werden und zum Teil auch erwärmt werden und sublimieren, nimmt der Partikeldurchmesser so weit ab und/oder die Partikel werden so verformt, dass sie durch die Poren hindurchtreten können. Gegebenenfalls können die Partikel auch vollständig verdampfen. Das auf diese Weise entstehende gasförmige CO<sub>2</sub> trägt dazu bei, die Bruchstücke 76 des Belages 72 aus den Poren 70 auszuspülen. Auf diese Weise kann eine nachhaltige und dennoch schonende Reinigung des Filters 20 erreicht werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Reinigen von Filtern (22; 22'), die als Festkörper mit Poren (70) und/oder zur Oberfläche offenen Kanälen ausgebildet sind, durch Abstrahlen mit einem Strahlmedium, dadurch **gegenzeichnet**, dass
- das Strahlmedium gasförmig ist und festes oder flüssige Strahlmittel (74) allenfalls in der Form von Substanzen enthält, deren Hauptkomponente einen Siedepunkt von nicht mehr als 140° C hat,
  - das Strahlmedium in einer Strahldüse (16, 18; 48; 50; 58) so beschleunigt wird, dass es mit mindestens annähernd Schallgeschwindigkeit auf den Filter (22; 22') trifft, und
  - der Filter (22; 22') beim Abstrahlen vor einer Saugöffnung (34, 34'; 52, 56) angeordnet wird, die das Strahlmedium sowie Umgebungsluft ansaugt.
2. Verfahren nach dem Anspruch 1, bei dem der Filter (22) in einem Gehäuse (10) montiert wird, das mindestens eine Strahldüse (16, 18; 48) und ein Manipulatorsystem (20) enthält, und in dessen Wand die Saugöffnung (34, 34'; 52) angeordnet ist.
3. Verfahren nach dem Anspruch 1, bei dem der Filter (22') unmittelbar an die Saugöffnung (56) angeschlossen ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Strahlmittel Trockenschnee ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Volumendurchsatz durch die Saugöffnung (34, 34'; 52; 56) pro Minute mindestens dem dreifachen Volumen des Filters (20; 22') entspricht.

8

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Strahlmittel (74) mit einem Unterdruck von mindestens 1 kPa aus den Poren (70) des Filters (22) abgesaugt wird.

10

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der mittlere Durchmesser der Partikel (74) des Strahlmittels im Verhältnis zum Durchmesser der Poren (70) des Filters (20) und die zugeführte Menge an Strahlmittel so eingestellt und gesteuert werden, dass das Strahlmittel so schnell abgeführt wird, wie es von der Strahldüse (50) nachgeliefert wird.

15

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Strahlmedium ein Gas ist, dem eine Flüssigkeit als Strahlmittel zugesetzt ist.

20

9. Verfahren zum Reinigen von Filtern (22; 22'), die als Festkörper mit Poren und/oder zur Oberfläche offenen Kanälen ausgebildet sind, durch Abstrahlen mit einem Strahlmedium, dadurch **gegenzeichnet**, dass das Strahlmedium ein Gas ist, dem eine Flüssigkeit als Strahlmittel zugesetzt ist.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Strahlmedium bzw. das Gemisch aus Strahlmedium und Strahlmittel beim Verlassen der Strahldüse eine mittlere Temperatur von weniger als  $0^{\circ}$  C hat.

5 11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mindestens eine Strahldüse (16, 18; 48; 50), ein Manipulatorsystem (20) zum Bewegen des Filters (22; 22') und der mindestens einen Strahldüse (16, 18; 48) relativ zueinander, und ein Absaugsystem (34, 34', 38, 40; 52; 56) zum Absaugen des Strahlmittels.

10

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, mit einem Gehäuse (10), das die mindestens eine Strahldüse (16, 18; 48) und das Manipulatorsystem (20) enthält und an das das Absaugsystem (34, 34', 38, 40; 52) angeschlossen ist.

15 13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, bei der das Manipulatorsystem (20) einen Drehantrieb (30; 46) zum Drehen des Filters (22; 22') um seine Längsachse (A) aufweist.

20 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem das Manipulatorsystem (20) einen Antrieb (46) zum Bewegen des Filters in seiner Axialrichtung aufweist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei der das Manipulatorsystem (20) mindestens einen Arm (26) aufweist, der am freien Ende eine Strahldüse (18;

50) trägt und mittels eines Schwenkantriebs (24) um eine parallel zur Achse (A) des Filters (22; 22') verlaufende Achse schwenkbar ist.

Fig. 1

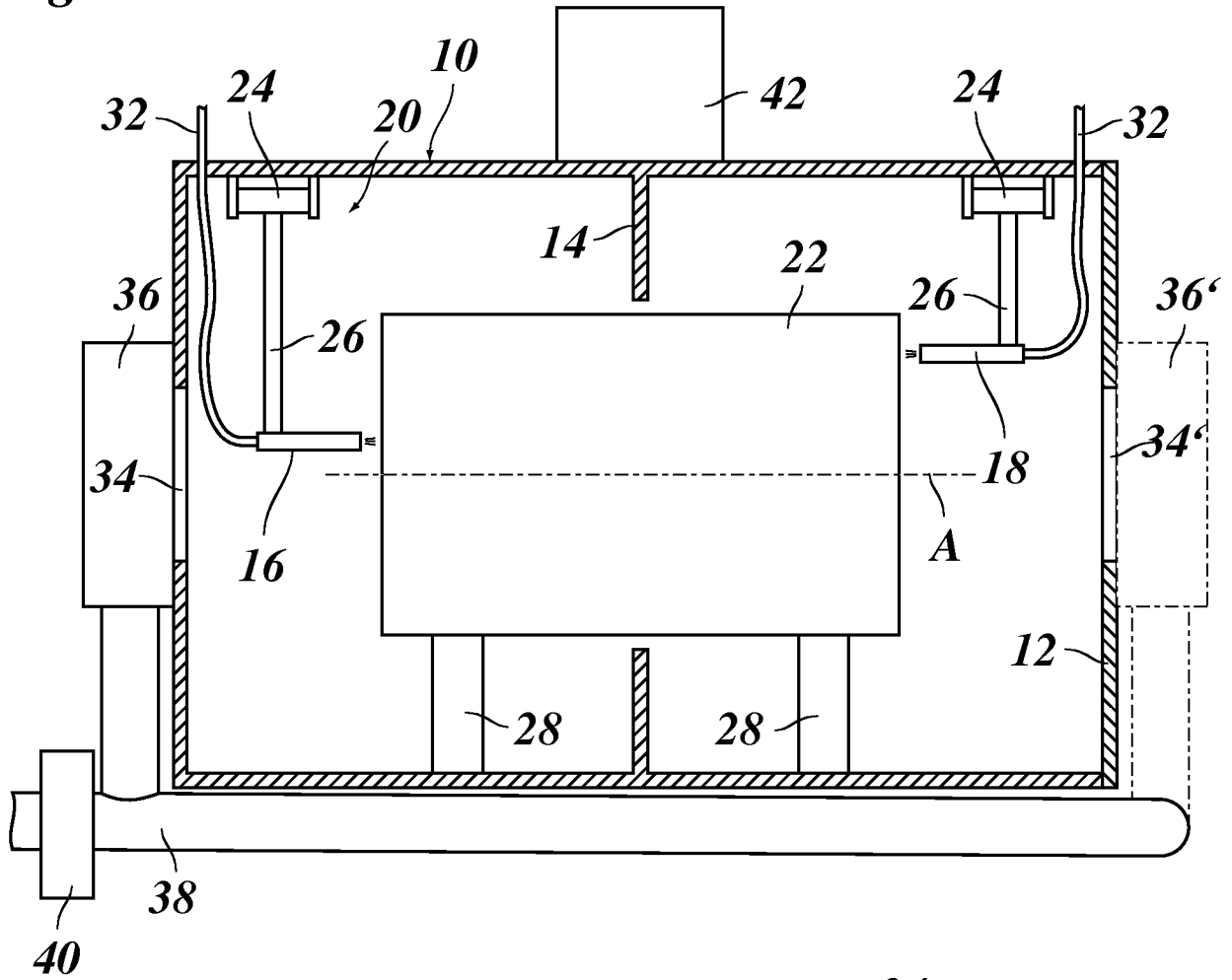
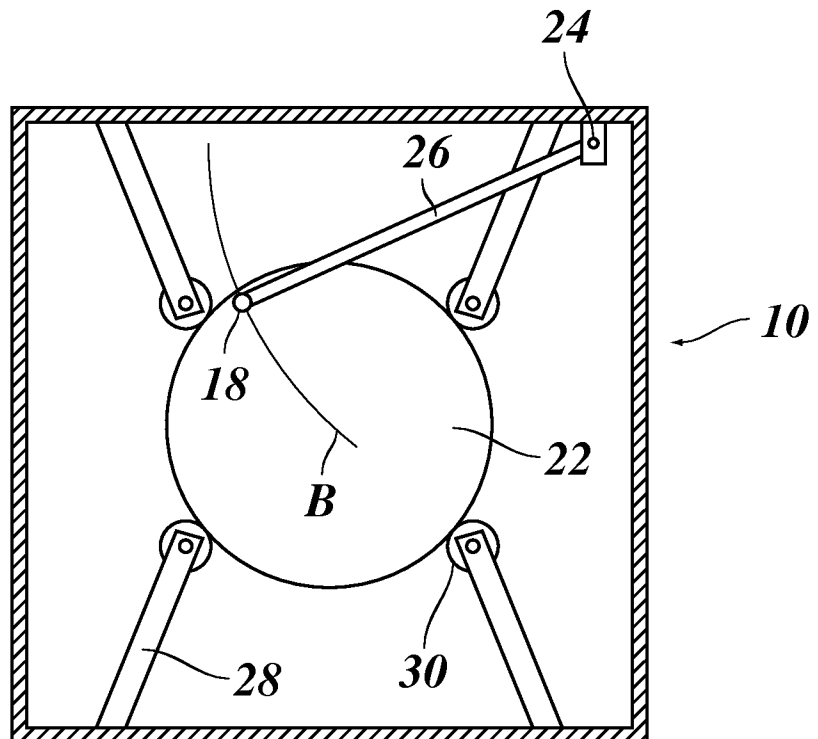
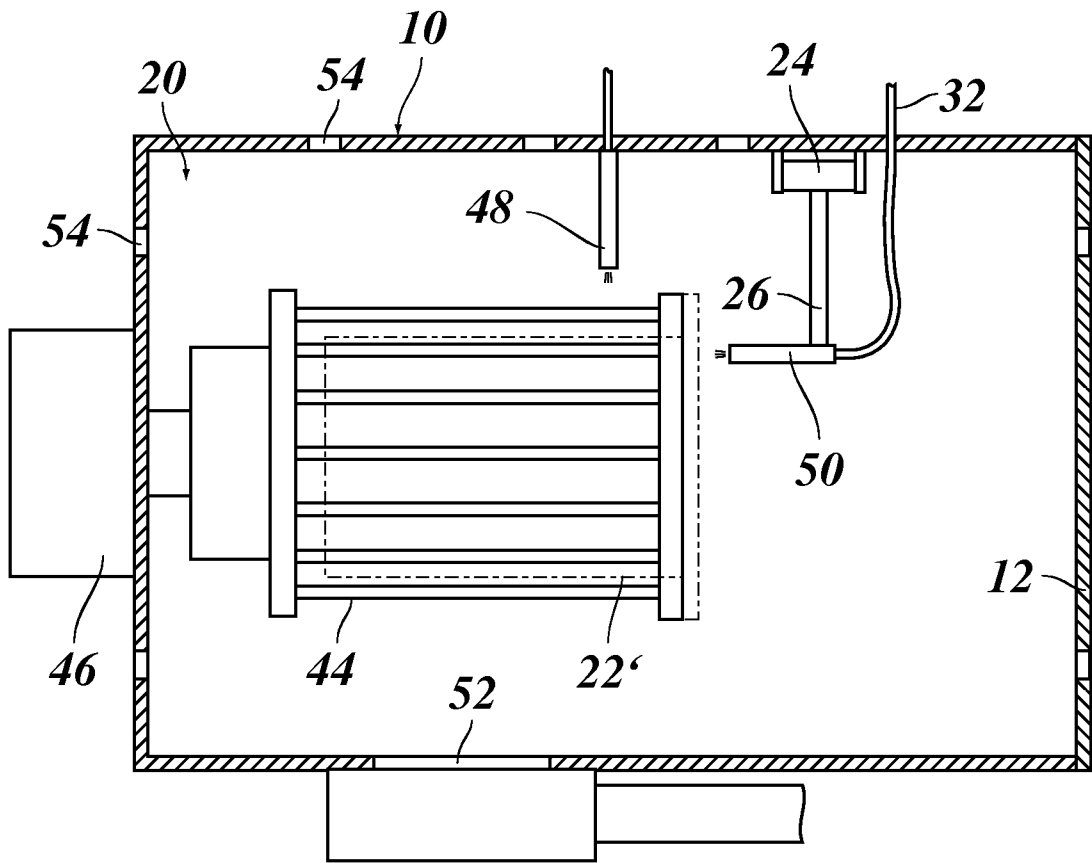


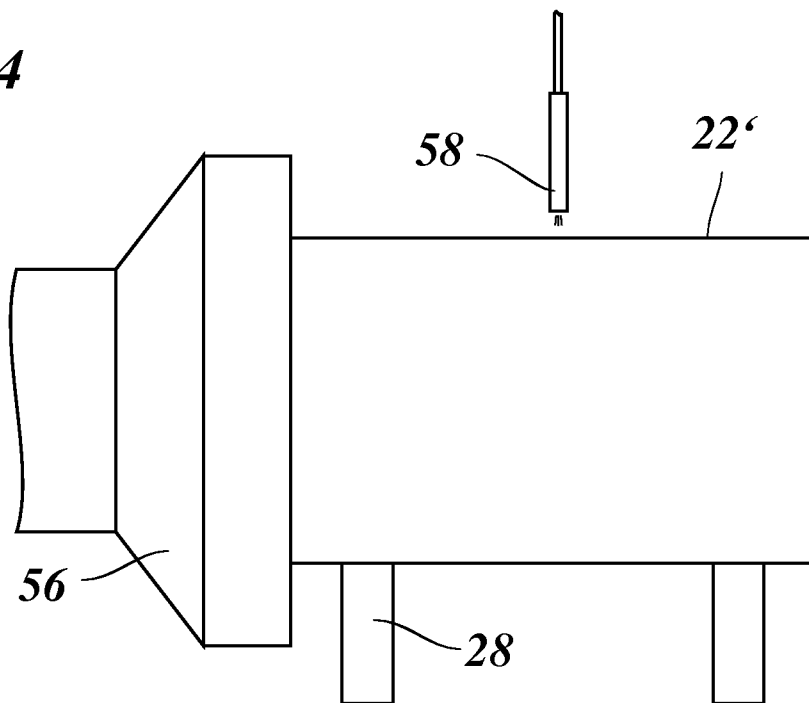
Fig. 2



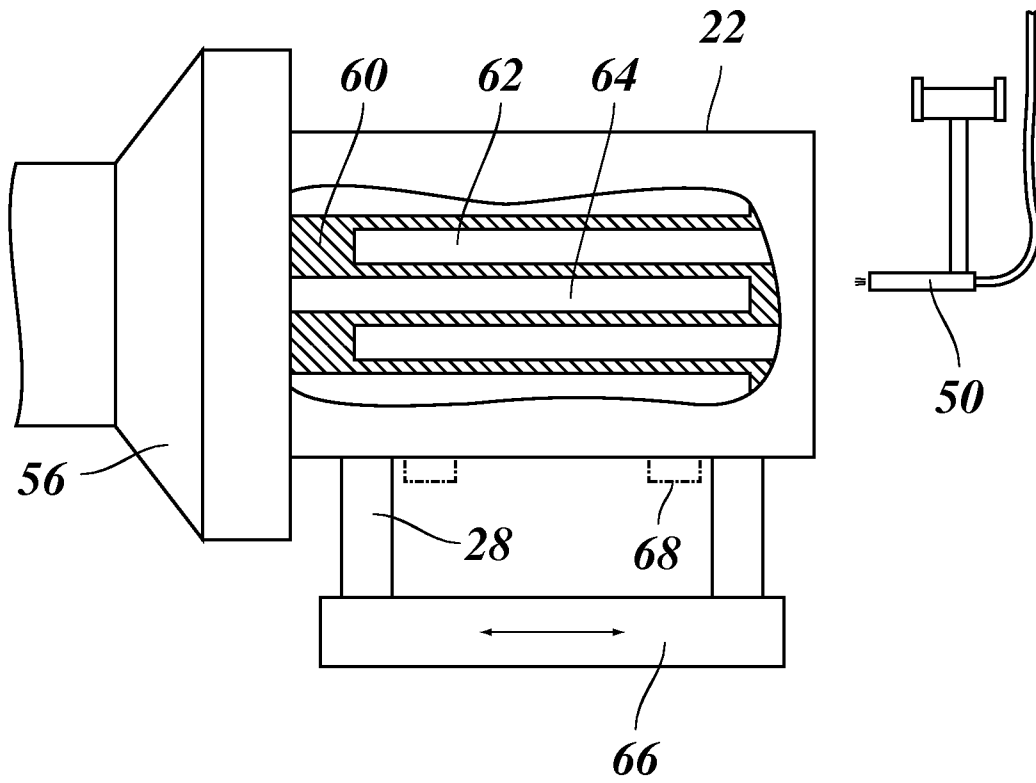
*Fig. 3*



*Fig. 4*



**Fig. 5**



**Fig. 6**

