

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 220 588
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 86114134.9

(51) Int. Cl.4: F01N 3/02

(22) Anmeldetag: 13.10.86

(30) Priorität: 26.10.85 DE 3538155

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.05.87 Patentblatt 87/19(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

(71) Anmelder: FEV Forschungsgesellschaft für
Energietechnik und Verbrennungsmotoren
mbH
Jülicher Strasse 342-352
D-5100 Aachen(DE)

(72) Erfinder: Pischinger, Franz, Prof. Dr. techn.
Im Erkfeld 4
D-5100 Aachen(DE)
Erfinder: Lepperhoff, Gerhard, Dr. Ing.
Königsberger Strasse 29
D-5180 Eschweiler(DE)

(74) Vertreter: Fischer, Friedrich B., Dr.-Ing.
Saarstrasse 71
D-5000 Köln 50(DE)

(54) Verfahren zur Oxidation von in Rußfiltersystemen abgelagertem Russ und Einrichtung zur Ausführung des Verfahrens.

(57) Bei einem Verfahren bzw. einer Einrichtung zur Oxidation von in Rußfiltersystemen abgelagertem Ruß mit Zuführung von Sekundärenergie wird die Partikelkonzentration vor oder in dem Filter durch kurzfristige Zugabe und/oder Rückführung partikelförmigen oder festen Brennstoffs zum Abgasstrom auf einen Wert innerhalb der Zündgrenzen des Partikel-Abgasgemisches eingestellt und durch Sekundärenergie gezündet.

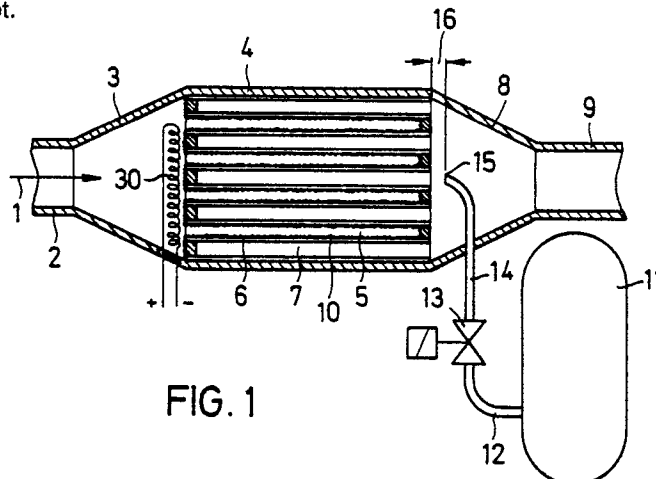


FIG. 1

Verfahren zur Oxidation von in Rußfiltersystemen abgelagertem Ruß und Einrichtung zur Ausführung des Verfahrens

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Oxidation von in Rußfiltersystemen abgelagertem Ruß mit Zuführung von Sekundärenergie und auf eine Einrichtung zur Ausführung des Verfahrens.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Verbrennungskraftmaschinen mit möglichst schadstoffarmen Abgasen werden bei Dieselmotoren zur Reduzierung der Partikelemission Nachbehandlungssysteme für das Abgas eingesetzt. Diese bestehen im wesentlichen aus Filtersystemen, die die festen Anteile an der Partikelphase auffangen und sammeln. Die im Filter abgelagerten Partikel führen zu einer Erhöhung des Strömungswiderstandes im Abgassystem, wodurch sich der Abgasgegendruck für den Motor erhöht. Mit zunehmender Partikelmenge kann dies in Abhängigkeit von Last und Drehzahl zu einem Stillstand des Motors führen. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, kontinuierlich oder intermittierend die im Filter abgelagerten Partikel zu beseitigen, und zwar im allgemeinen durch Oxidation der Partikel.

Als Filtersysteme zur Sammlung der Partikel mit intermittierender oder kontinuierlicher Partikelverbrennung haben sich u.a. keramische Filter mit Wabenstruktur, Stahlwolffilter und keramischer Schaum mit und ohne katalytische Beschichtung bewährt.

Zur Senkung der Partikelemission von Dieselmotoren stellen regenerierbare Partikelfilter, in denen die gesammelten Partikel intermittierend verbrannt werden, ein aussichtsreiches Konzept dar. Um die Regeneration der Partikelfilter durchzuführen, wurde bislang die Abgastemperatur so weit erhöht, daß die an dem Filtermaterial abgelagerten Partikel sich entzündeten und verbrannten. Die Verbrennung erfordert hohe Energie.

Eine sich selbst tragende Rußoxidation beruht darauf, daß die bei der exothermen Reaktion frei werdende Wärme im Gleichgewicht mit der vom Abgas abgeführten Wärme steht. Ist die Wärmeabfuhr größer als die exotherm frei werdende Wärme, so sinkt die Oxidationsgeschwindigkeit unterhalb der Geschwindigkeit, mit der die Partikel im Filter abgelagert werden. Das führt dazu, daß die Partikelmasse im Filter steigt. Ist dagegen die Oxidationsgeschwindigkeit größer als die Wärmeabfuhr, so oxidieren mehr Partikel, als durch den Motor in das Filter hinein transportiert werden, und die Partikelmasse im Filter sinkt.

In den bisher vorgeschlagenen Systemen wurden Maßnahmen ergriffen, um die Wärmeabfuhr zu verringern. Dies geschah dadurch, daß die Abga-

temperatur mit Hilfe motorseitiger und sekundärseitiger Maßnahmen soweit erhöht wurde, daß zum einen die Reaktionsgeschwindigkeit deutlich ansteigt, zum anderen die Wärmeabfuhr aufgrund der höheren Abgastemperatur sinkt.

Um mit Hilfe kleiner Energien und unter Ausnutzung der exothermen Energie der Rußoxidation eine selbständige Filterregeneration zu erreichen, besteht einerseits die Möglichkeit, die Wärmeabfuhr zu verringern, und andererseits könnte angestrebt werden, die Reaktionsrate zu erhöhen.

In diesem Zusammenhang ist in S.A.E.-Paper 1985/850014 "Advanced Techniques for Thermal and Catalytic Diesel Particulate Trap Regeneration" (z.B. Fig. 2, S. 64) vorgeschlagen worden, dem Regenerationssystem Sekundärenergie zuzuführen, und zwar durch elektrische Widerstandsbeheizung unter zusätzlicher Luftzufuhr.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Regenerierung unter Zuführung von Sekundärenergie noch einfacher und wirtschaftlicher zu gestalten.

Dabei ist die der Erfindung zugrunde liegende Erkenntnis von Bedeutung, daß im gesamten motorischen Kennfeld die Partikel- bzw. Rußkonzentration im Abgas deutlich unterhalb der Konzentration für ein zündfähiges Gemisch liegt. Die an der Filterwand abgelagerten Partikel und ihre Konzentration liegen dagegen deutlich oberhalb der Zündgrenzen. Die Zündgrenzen werden aus den Kohlenstaubexplosionsuntersuchungen im Bergbaubereich angegeben mit 200 g/m³ bis 2000 g/m³. Das stöchiometrische Verhältnis sind 130 g Kohlenstoff/m³.

Gemäß der Erfindung ist zur Lösung der gestellten Aufgabe bei einem Verfahren zur Oxidation von in Rußfiltersystemen abgelagertem Ruß mit Zuführung von Sekundärenergie vorgesehen, daß die Partikelkonzentration vor oder in dem Filter durch kurzfristige Zugabe und/oder Rückführung partikelförmigen oder festen Brennstoffs zum Abgasstrom auf einen Wert innerhalb der Zündgrenzen des Partikel-Abgasgemisches eingestellt und durch Sekundärenergiezufuhr gezündet wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird dabei die Partikelkonzentration am Zündort durch Aufwirbelung von abgelagerten Partikeln erhöht. Auch kann es zweckmäßig sein, daß kohlenstoffhaltige Partikel aus einem Vorrat zur Erhöhung der Partikelkonzentration vor dem Filter feinverteilt eingeführt werden.

Hinsichtlich weiterer bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung wird auf die Unteransprüche und die nachfolgende Beschreibung Bezug genommen.

Das Regenerationsproblem wird in Anwendung der Erfindung dadurch gelöst, daß in allen Drehzahl- und Lastbereichen örtlich eine Kohlenstoff/Luft-bzw. Kohlenstoff/Abgas-Konzentration derart eingestellt wird, daß sie innerhalb der Zündgrenzen liegt. Dadurch steigt die Reaktionsgeschwindigkeit, und die frei werdende exotherme Wärme wird größer als die abgeführte Wärme. Dies wird dadurch erreicht, daß bei höheren Lasten und Drehzahlen die Rußkonzentration im Abgas durch intermittierende Zugabe von z.B. Kohlenstaub oder Koksstaub erhöht wird oder der abgelagerte Kohlenstaub auf den Filteroberflächen aufgewirbelt wird. Durch diese Aufwirbelung bzw. Zugabe stellt sich am Ort der Energiezufuhr ein zündfähiges Kohlenstaub/Luft-Gemisch ein, das verbrennt. Die dabei frei werdende exotherme Wärme liegt oberhalb der abgeführten Wärme, so daß eine Zündungswelle durch das Filter läuft und Bereiche außerhalb des Zündortes entflammt werden und verbrennen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben.

Figuren 1 -6 zeigen schematisch im Längsschnitt Rußfilteranordnungen, die zur Ausführung des Verfahrens gemäß der Erfindung mit Vorteil verwendet werden können.

Fig. 7 zeigt schematisch einen Querschnitt nach der Linie A -B der Fig. 6.

Fig. 8 zeigt schematisch im Querschnitt eine Rußfilteranordnung, welche Teilbereichszündungen des Filters ermöglicht.

Figuren 9 -11 zeigen schematisch im Längsschnitt weitere Ausführungsformen von Rußfilteranordnungen, die zur Ausführung des Verfahrens gemäß der Erfindung mit Vorteil verwendet werden können.

Fig. 12 zeigt einen Querschnitt nach der Linie A -B der Fig. 11.

Wie Fig. 1 zeigt, strömt das zu reinigende Abgas, das durch Pfeil 1 angedeutet ist, durch eine Rohrleitung 2 in einen konischen Übergangsraum 3 und von dort in einen zylindrischen Raum 4, der das Filtermaterial enthält. Das Filtermaterial ist als keramischer Filter mit Wabenstruktur derart ausgebildet, daß das zu reinigende Abgas in Ablagerungskanäle 5 strömt, unter Abscheidung des größten Teils der Ruß- und sonstigen Partikel an keramischen Wandungen 6 in Abströmkkanäle 7 gelangt und anschließend über einen konischen Übergangsraum 8 und Rohrleitung 9 abgeführt wird.

An den keramischen Wandungen 6 lagern sich die abgeschiedenen Ruß- und sonstigen Partikel als Schicht 10 ab, und die Sekundärenergie wird über einen schematisch dargestellten Widerstands-Heizdraht 30 zugeführt.

Um nun bei einer solchen Einrichtung gemäß der Erfindung die Partikelkonzentration auf einen Wert innerhalb der Zündgrenzen des Partikel-Abgasgemisches durch kurzfristige Rückführung partikelförmigen festen Brennstoffs zum Abgasstrom vor dem Filter einzustellen, wird die Partikelkonzentration am Zündort durch Aufwirbelung von abgelagerten Partikeln erhöht, und zwar bei dem betrachteten Ausführungsbeispiel durch kurzfristiges impulsartiges Rückblasen einer Menge des gereinigten Abgasstromes mit Hilfe von Druckluft bzw. Preßluft.

Zu diesem Zweck ist ein Druckluftbehälter 11 vorgesehen, der von einer (nicht dargestellten) Druckluftquelle gespeist wird. Der Druckluftbehälter 11 steht über eine Leitung 12 und eine geeignete Steuereinrichtung 13, z.B. ein Magnetventil, mit einer Leitung 14 in Verbindung, an deren Ende sich eine Düse 15 befindet, durch die Druckluft und durch Injektorwirkung auch gereinigtes Abgas auf die Austrittsfläche der Filteranordnung geblasen wird. Vorzugsweise erfolgt das Einblasen mit einem Abstand 16 von weniger als oder etwa gleich 15 mm auf die Filterausgangsoberfläche. Etwa der gleiche Abstand kann auch bei Einblasen auf die Filtereingangsoberfläche eingehalten werden.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel steht der Druckluftbehälter 11 über eine Leitung 17 und eine geeignete Steuereinrichtung 18, z.B. ein Magnetventil, mit einem Partikelspeicher 19 in Verbindung. Um in diesem Fall die Partikelkonzentration auf einen Wert innerhalb der Zündgrenzen des Partikel-Abgasgemisches durch Zugabe partikelförmigen festen Brennstoffs zum Abgasstrom vor dem Filter einzustellen, werden kohlenstoffhaltige Partikel aus dem Partikelspeicher 19 über eine Leitung 20, eine geeignete Steuereinrichtung 21, z.B. ein Magnetventil, und eine Leitung 22 zu einer Düse 23 geleitet und vor der Filtereingangsoberfläche feinverteilt eingeführt.

Bei dem Gegenstand der Fig. 3 ist wiederum ein von einer (nicht dargestellten) Druckluftquelle gespeister Druckluftbehälter 11 vorgesehen, der über eine Leitung 24, eine Steuereinrichtung 25 und eine Leitung 26 mit einer Ausströmdüse 27 in Verbindung steht. In diesem Fall wird die Partikelkonzentration am Zündort durch kurzfristiges impulsartiges Einblasen von Luft auf die Filtereingangsoberfläche eingestellt.

Hierbei werden durch Injektorwirkung auch Teile der zu reinigenden Abgasmenge an der Aufwirbelung teilnehmen. Auch besteht die Möglichkeit, zu reinigendes Abgas ausschließlich oder in einer

anderen geeigneten Mischung mit Luft zur Aufwirbelung des in den Filterkanälen und/oder auf der Filtereintrittsfläche abgelagerten Kohlenstoffs zu verwenden. Das Ein- bzw. Rückblasen wird dabei vorzugsweise kurzfristig und impulsartig erfolgen. An Stelle von Druckluft kann dabei nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung auch Ladeluft verwendet werden.

Das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen der in Fig. 1 dargestellten Anordnung, jedoch ist vor der Filtereingangsoberfläche ein schüsselförmiger Strömungskörper 28 angeordnet, dessen Öffnung zur Filtereingangsoberfläche gerichtet ist.

Der Strömungskörper 28 wirkt als Flammenhalter, und durch diese Maßnahme wird erreicht, daß durch die Rezirkulation des Abgasstromes eine Zone niedriger Strömungsgeschwindigkeit gebildet ist, so daß die Flammengeschwindigkeit größer als die bzw. gleich der Strömungsgeschwindigkeit sein kann.

Es wird also die Zündflamme in dem Bereich unterhalb des Strömungskörpers stabilisiert. Auch kann es dabei vorteilhaft sein, daß der Strömungskörper 28 eine zentrale Öffnung aufweist, um zu erreichen, daß die Flamme in Richtung auf die Filteroberfläche abgelenkt und dadurch ihre Zündeigenschaft verbessert wird.

Wie Fig. 6 zeigt, kann der Strömungskörper auch als eine mit Öffnungen versehene, quer zum Abgasstrom angeordnete Wandung 29 ausgebildet sein.

Bei den bisher beschriebenen Einrichtungen wurde die Sekundärenergie über einen Widerstands-Heizdraht 30 bzw. über mehrere Heizdrähte dieser Art zugeführt. In Fig. 7 ist in diesem Zusammenhang dargestellt, daß zwei Heizdrahtanordnungen 30a und 30b in Strömungsrichtung hinter der Wandung 29 so angeordnet sind, daß sie im Strömungsschatten liegen. Es stehen aber auch andere Möglichkeiten der Zuführung von Sekundärenergie zur Verfügung, z.B. mit Hilfe einer Funkenstrecke 31, wie Fig. 5 zeigt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Sekundärenergie über Widerstandsdrähte oder eine oder mehrere Funkenstrecken in partielle Filterbereiche eingeleitet werden, wie Fig. 8 zeigt. Es sind über die Filtereintrittsoberfläche verteilt vier Teilbereiche 32 -35 vorhanden, denen Sekundärenergie über Widerstands-Heizdrähte 36 -39 zugeführt wird. Ein Regler 40 mit Zeitsteuerung veranlaßt die Aussteuerung der Teilbereiche in Abhängigkeit von den jeweiligen Betriebszuständen.

In zweckmäßiger Weise wird dabei den partiellen Filterbereichen nacheinander Energie zugeführt. Auch wird -ebenso wie bei den bisher be-

schriebenen Ausführungsformen -die Dauer der Zufuhr der Sekundärenergie kurz im Verhältnis zur Oxidationszeit der in dem Filtersystem abgelagerten Partikel sein. Die Dauer der Zufuhr von Sekundärenergie kann etwa sec bei einer Regenerationsdauer von etwa 2 min betragen. Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zeigt Fig. 9. In Strömungsrichtung nach dem zylindrischen Raum 4 ist ein weiterer im wesentlichen zylindrischer Raum 41 vorhanden, der durch Wandung 42 abgeschlossen ist. In dem Raum 41 befindet sich eine dem Querschnitt dieses Raumes angepaßte Platte 43, die ein im wesentlichen gleichmäßiges, flächendeckendes Einblasen von Druckluft in Richtung auf die Filterausgangsfläche zum Zweck der Aufwirbelung von abgelagerten Partikeln ermöglicht. Die Platte 43 kann als Drahtnetz, als mit Öffnungen versehenes Blech, als poröser, gasdurchlässiger Körper oder in anderer geeigneter Weise ausgebildet sein.

Die Druckluft wird von Behälter 11 über Leitung 12, Steuereinrichtung 13, Leitung 14 und Düse 15 in den Raum 41 eingeführt. Die Ableitung der gereinigten Gase erfolgt in Richtung des Pfeiles 44 über Rohrleitung 45.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform zeigt Fig. 10. Hier ist eine im wesentlichen flächendeckende Einführung von Druckluft dadurch erreicht, daß in einem dem zylindrischen Raum 4 in Strömungsrichtung folgenden Raum 46 eine konische Platte 47 angeordnet ist, die wiederum als Drahtnetz, als mit Öffnungen versehenes Blech, als poröser Körper oder in anderer geeigneter Weise ausgebildet sein kann. Das gereinigte Gas kann in Richtung des Pfeiles 48 durch eine zentrale Öffnung 49 der konischen Platte 47 abströmen. Druckluft wird von Behälter 11 über Leitung 12, Steuereinrichtung 13, Leitung 14 und Düse 50 in den Raum 46 eingeführt.

Figuren 11 und 12 zeigen eine weitere bevorzugte Ausführungsform, die auf der Seite der Filterausgangsfläche dem Ausführungsbeispiel der Fig. 10 entspricht. Auf der Seite der Filtereingangsfläche wird die Sekundärenergie jedoch nicht wie bei den Gegenständen der Figuren 9 und 10 durch Widerstandsbeheizung, sondern durch ein Drahtnetz 51 zugeführt, bei dem nach Anlegen einer geeigneten Spannung Zündfunken an den Kreuzungsstellen der Drähte überspringen. Hierdurch ist eine besonders gleichmäßig über die Filtereingangsfläche verteilte Einführung der Sekundärenergie möglich.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So ist es nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung auch möglich, die Aufwirbelung der abgelagerten Partikel mit Hilfe von Schwingungen durch einen geeigneten

Schwingungserzeuger herbeizuführen, wobei nach einem weiteren bevorzugten Merkmal die Aufwirbelung durch hochfrequente Schwingungen erfolgt.

Durch die vorliegende Erfindung ist in vorteilhafter Weise bei allen Betriebszuständen eine zuverlässige Reinigung des Filters durch Oxidation ermöglicht, so daß sowohl das Filter gefährdende Übertemperaturen als auch die Arbeitsweise der Maschine beeinträchtigende Verstopfungen des Filters ausgeschlossen sind.

Ansprüche

1. Verfahren zur Oxidation von in Rußfiltersystemen abgelagertem Ruß mit Zuführung von Sekundärenergie, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelkonzentration vor oder in dem Filter durch kurzfristige Zugabe und/oder Rückführung partikelförmigen oder festen Brennstoffs zum Abgasstrom auf einen Wert innerhalb der Zündgrenzen des Partikel-Abgasgemisches eingestellt und durch Sekundärenergiezufuhr gezündet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelkonzentration am Zündort durch Aufwirbelung von abgelagerten Partikeln erhöht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelkonzentration am Zündort durch kurzfristiges impulsartiges Rückblasen einer Menge des zu reinigenden Abgases zur Aufwirbelung des in den Filterkanälen abgelagerten Kohlenstoffs erhöht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelkonzentration am Zündort durch kurzfristiges impulsartiges Rückblasen mit Hilfe von Preßluft erhöht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelkonzentration am Zündort durch kurzfristiges impulsartiges Rückblasen mit Hilfe von vollständiger oder teilweiser Zufuhr von Ladeluft erhöht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelkonzentration am Zündort durch kurzfristiges impulsartiges Rückblasen mit Hilfe eines Teils des gereinigten Abgasstromes erhöht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelkonzentration am Zündort durch kurzfristiges Einblasen von Luft und/oder Abgas auf die Filtereingangsoberfläche eingestellt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 -7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Einblasen von Luft und/oder Abgas mit einem Abstand von kleiner als oder etwa gleich 15 mm auf die Filtereingangs- oder Ausgangsoberfläche erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 -8, dadurch gekennzeichnet, daß kohlenstoffhaltige Partikel aus einem Vorrat zur Erhöhung der Partikelkonzentration vor dem Filter feinverteilt eingeführt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 -9, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Filtereingangsoberfläche durch einen Strömungskörper eine Rezirkulationszone zur Zünd- und Flammenstabilisierung gebildet wird.

11. Einrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungskörper die Form einer Schale besitzt, deren Öffnung zur Filtereingangsoberfläche gerichtet ist.

12. Einrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungskörper als eine mit Öffnungen versehene, quer zum Abgasstrom angeordnete Wandung ausgebildet ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 -12, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärenergie über Widerstandsdrähte oder wenigstens eine Funkenstrecke in partielle Filterbereiche eingeleitet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß den partiellen Filterbereichen nacheinander Energie zugeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 -14, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer der Zufuhr der Sekundärenergie kurz ist im Verhältnis zur Oxidationszeit der in dem Filtersystem abgelagerten Partikel.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer der Zufuhr der Sekundärenergie etwa 30 sec bei einer Regenerationsdauer von etwa 2 min beträgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 -16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufwirbelung der abgelagerten Partikel mit Hilfe von Schwingungen erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufwirbelung der abgelagerten Partikel durch hochfrequente Schwingungen erfolgt.

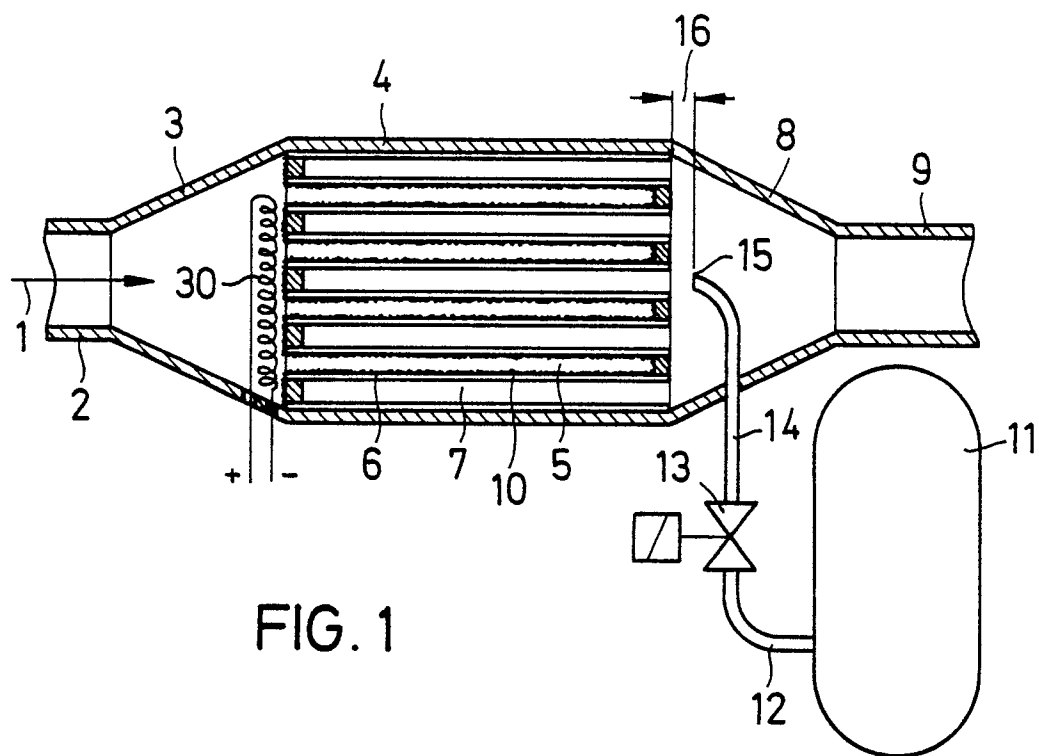


FIG. 1

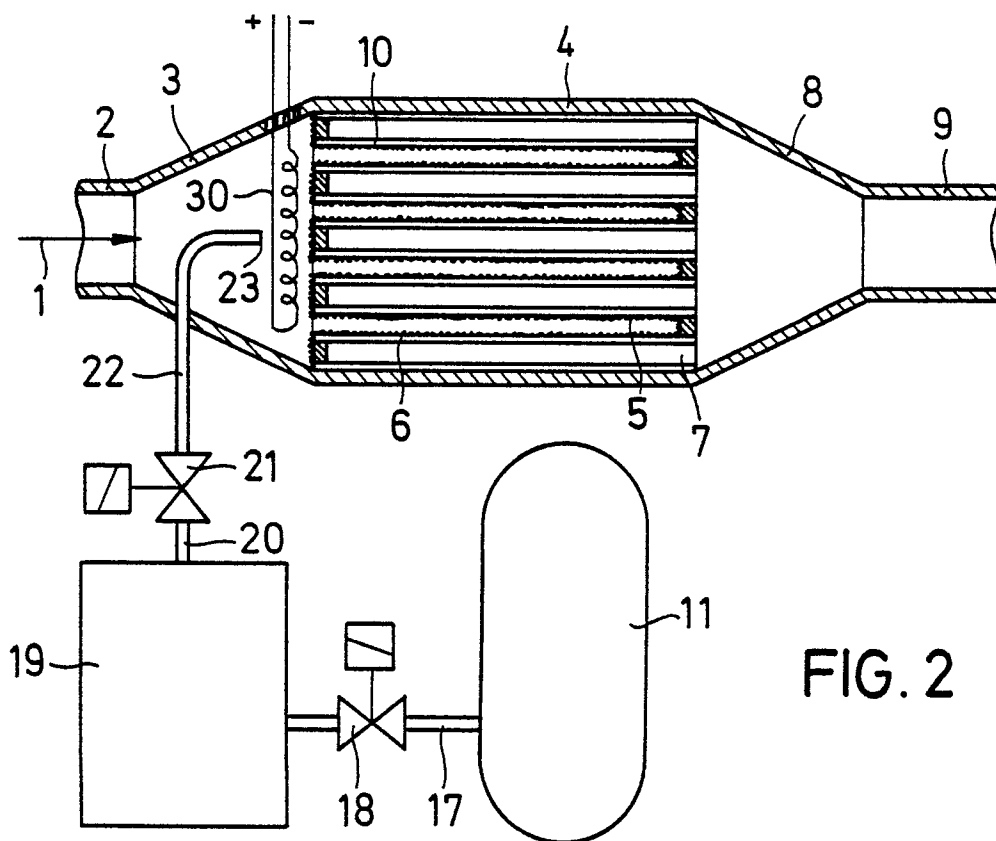


FIG. 2

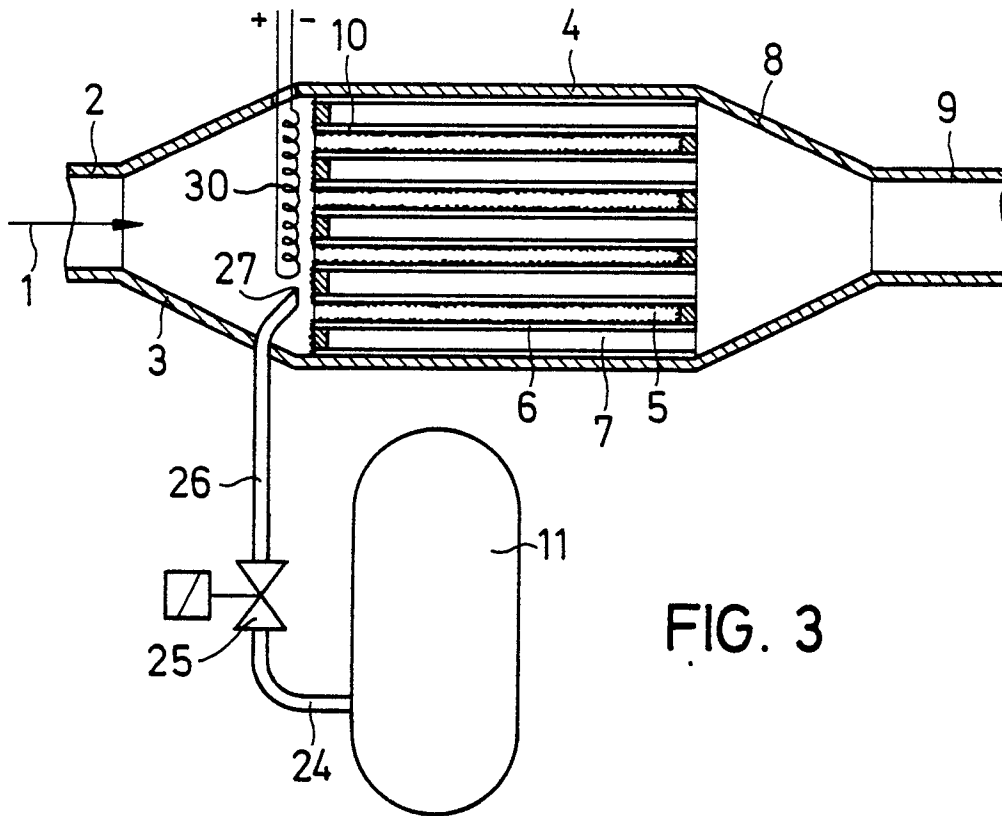


FIG. 3

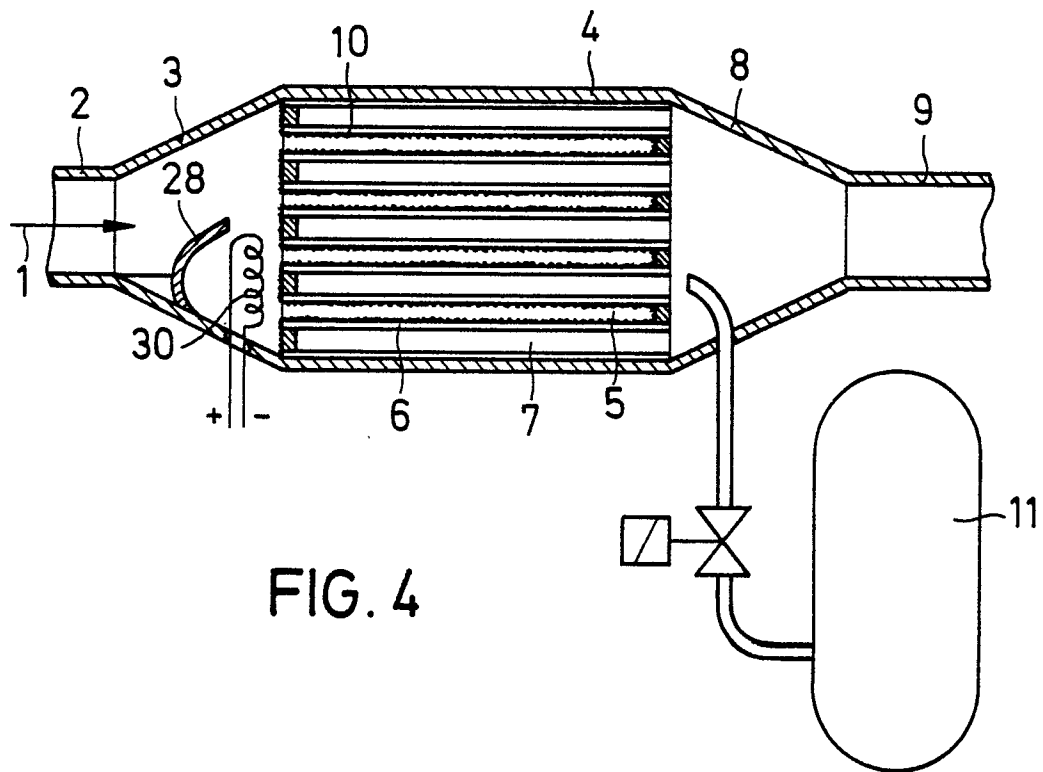


FIG. 4

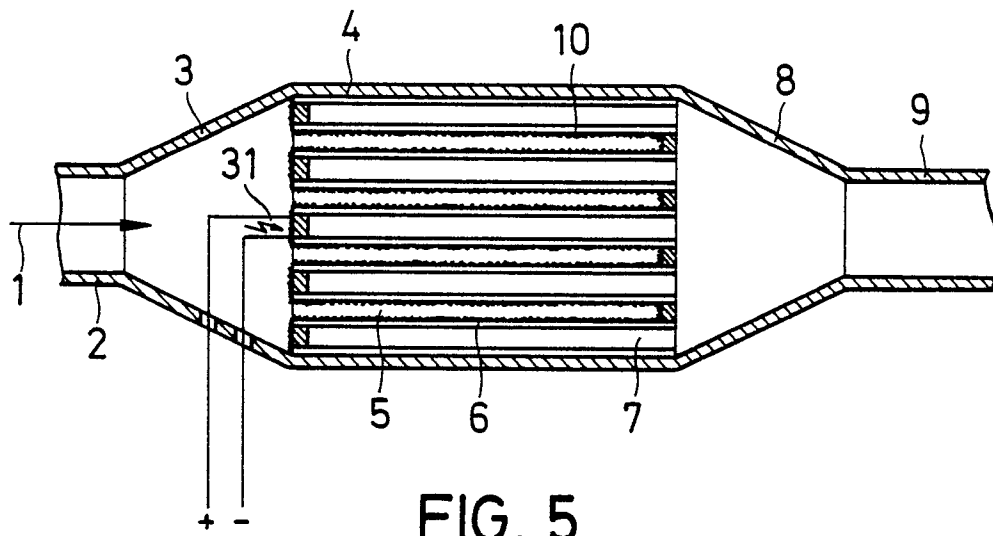


FIG. 5

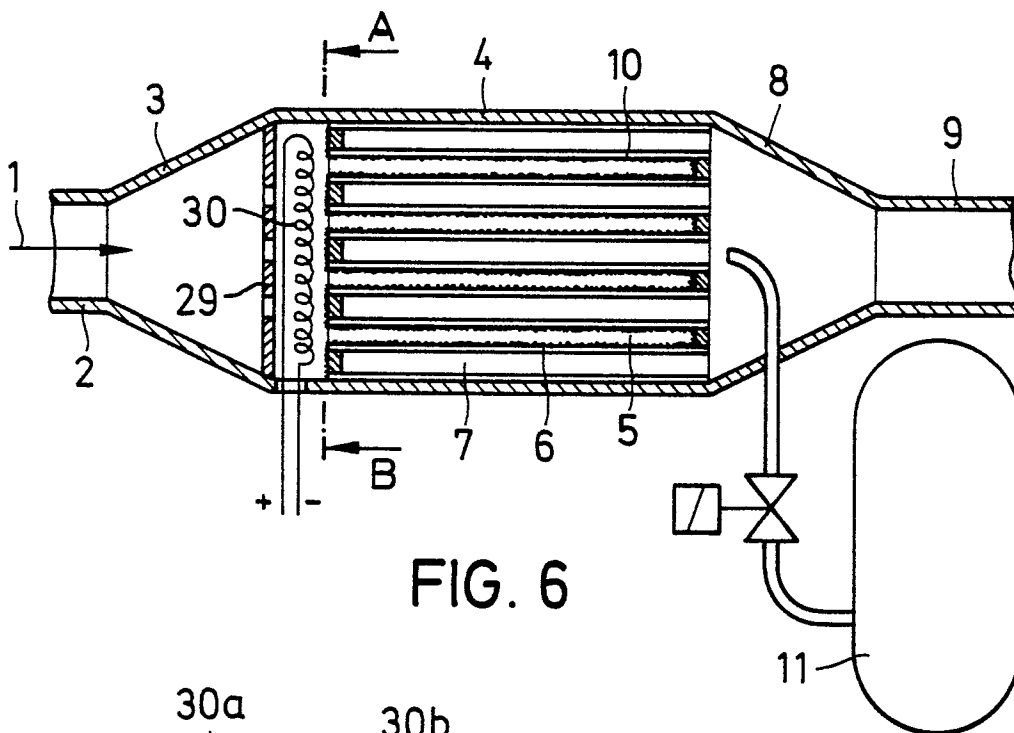


FIG. 6

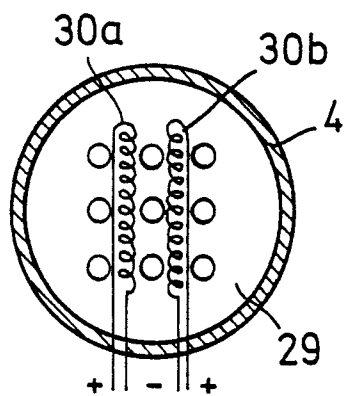


FIG. 7

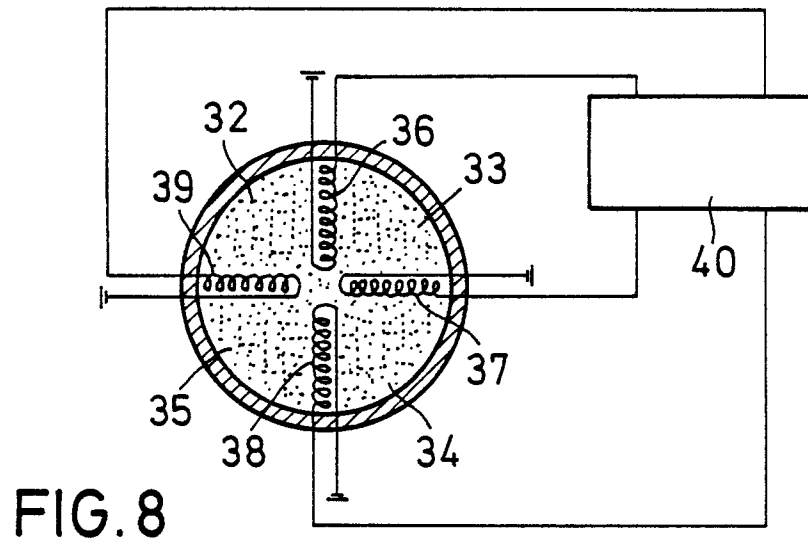


FIG. 8

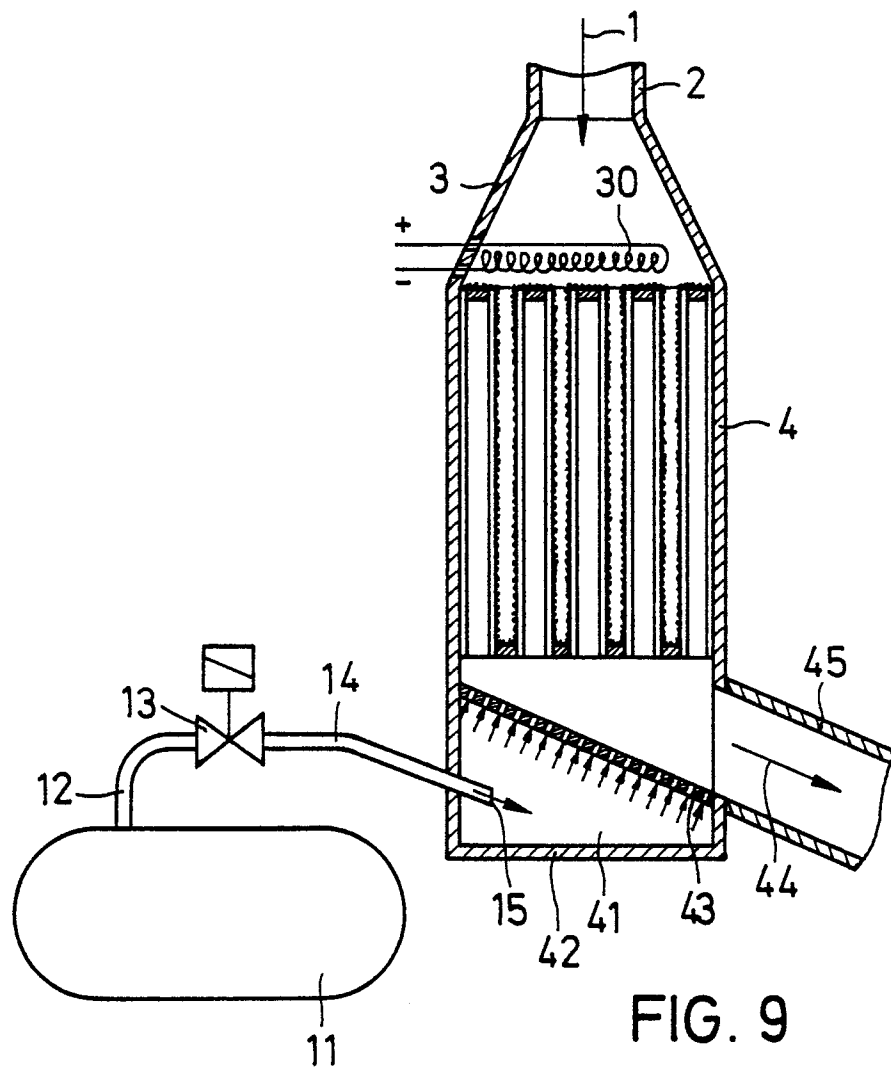


FIG. 9

FIG. 10

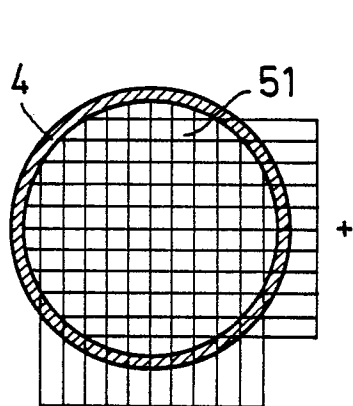
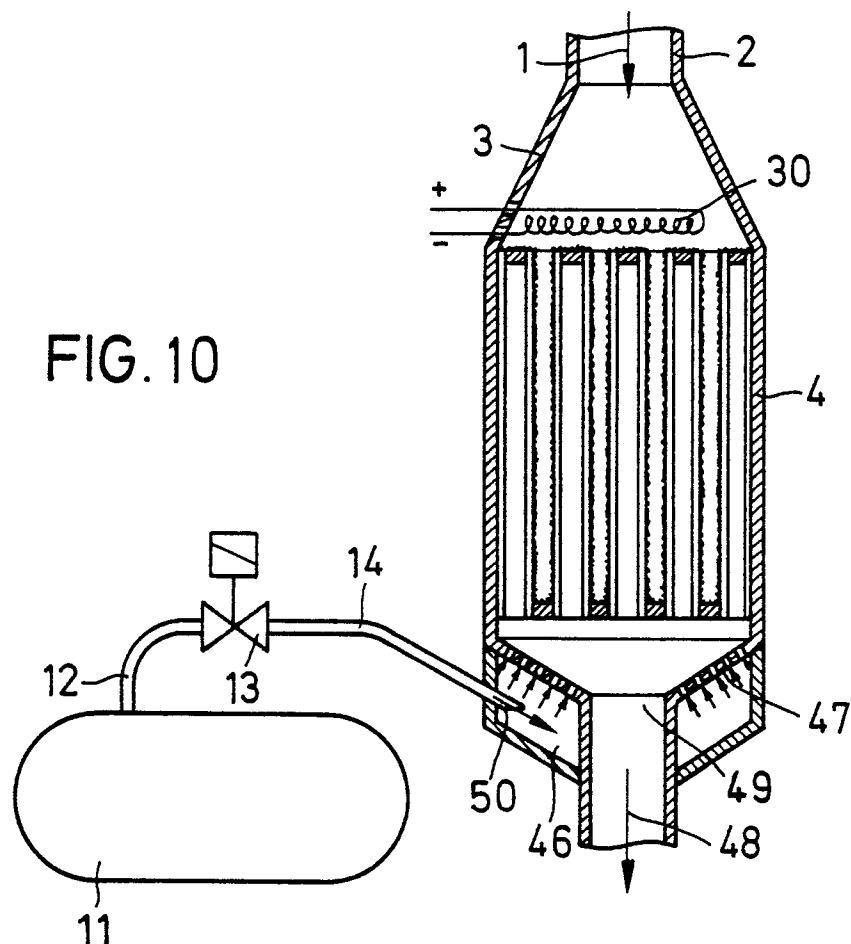


FIG. 12

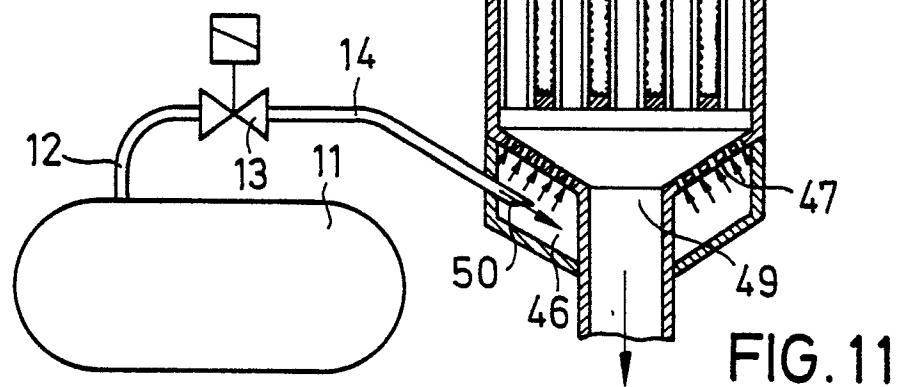


FIG. 11