



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 167 708 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(51) Int Cl.7: **F01N 3/027, F01N 3/28**

(21) Anmeldenummer: **01115227.9**

(22) Anmeldetag: **22.06.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

- **Donnert, Karl**
85221 Dachau (DE)
- **Schmidt, Stefan**
86154 Augsburg (DE)
- **Klement, Jürgen**
86663 Asbach-Bäumenheim (DE)

(30) Priorität: **26.06.2000 DE 10029978**

(71) Anmelder: **ZEUNA-STÄRKER GMBH & CO KG**
86154 Augsburg (DE)

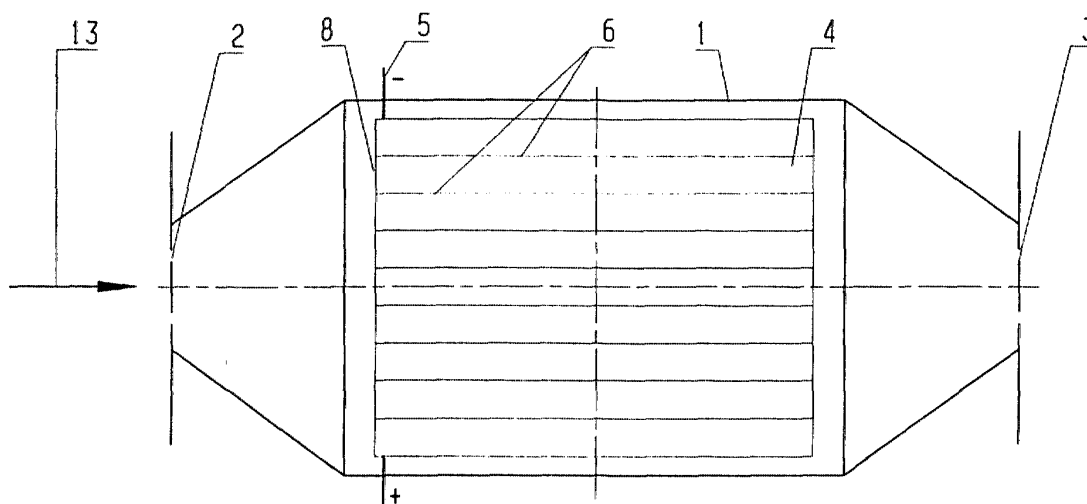
(74) Vertreter: **Grättinger & Partner (GbR)**
Wittelsbacherstrasse 5
82319 Starnberg (DE)

(72) Erfinder:
• **Elfinger, Gerhard, Dr.**
85304 Ilmmünster (DE)

(54) Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselabgasen

(57) Bei einer Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselabgasen, insbesondere zur Entfernung von Rußpartikeln, mit kontinuierlicher Filtration und diskontinuierlicher Regeneration, mit einem abgasdurchströmten Gehäuse und einem im Abgasstrom angeordneten Filterkörper (4), dem anströmseitig mindestens ein elektrisches Heizelement (5) zugeordnet ist, weist der Filterkörper (4) in seiner stromeintrittsseitigen Oberfläche (8) mindestens eine entgegen der Anströmrichtung offene nutartige Vertiefung auf, in die das mindestens eine Heizelement (5) eingebettet ist.

Fig. 1



EP 1 167 708 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselaabgasen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In den letzten Jahren wurde eine große Anzahl von Nachbehandlungssystemen zur Partikelverminderung auf ihr Einsatzpotential im Zusammen mit Fahrzeugdieselmotoren untersucht. Diese Nachbehandlungssysteme werden von G. Hühwohl und G. Kroon: Dieselpartikelfilter, FVV Heft 396 - 1987 je nach Arbeitsweise in Verfahren mit

- kontinuierlicher Oxidation der freischwebenden Partikel im Abgas
- Abgaskatalysatoren
- Trägheitskraftabscheidern
- Naßabscheideverfahren
- elektrostatischen Abscheidern
- Partikelsammlung und diskontinuierlicher Filterregeneration

eingeorordnet.

[0003] Für PKW-Dieselmotoren haben die Filterverfahren mit diskontinuierlicher Regeneration die größte Aufmerksamkeit erfahren. Die Partikelfilter bestehen aus porösem Material, vorzugsweise aus Keramik. Unter Berücksichtigung von Abgasgegendruck, Rußspeicherung und Filterwirkung weist der keramische Wabenfilter das günstigste Verhalten auf. Da der Strömungswiderstand der Partikelfilter mit steigender Rußbelastung ansteigt, ist eine regelmäßige Partikeloxidation (Filterregeneration) notwendig. Hierzu sind bei ausreichendem Restsauerstoffgehalt im Abgas Temperaturen oberhalb 470 bis 600 °C (Rußzündtemperatur) erforderlich.

[0004] Ohne zusätzliche Maßnahmen werden entsprechende Abgastemperaturen nur in der Nähe der Vollast erreicht, wobei hier allerdings häufig der Restsauerstoffgehalt für eine kontrollierte Verbrennung des angesammelten Rußes nicht ausreicht.

[0005] Es sind daher Zusatzmaßnahmen zu treffen, um die Filterregeneration zu gewährleisten. Folgende Maßnahmen können nach G. Hühwohl und G. Kroon allein oder in Kombination genutzt werden:

- Erhöhung der Abgastemperatur durch motorische Maßnahmen,
- Erhöhung der Abgastemperatur durch Sekundärenergie,
- direktes Entflammen der Rußschicht durch Sekundärenergie,
- Senkung der Rußzündtemperatur durch Katalysatoren oder chemische Zündhilfen.

[0006] Durch Sekundärenergiezufuhr kann man die Abgastemperatur soweit erhöhen, daß die Filterregeneration beginnt. Doch der erforderliche Leistungsbedarf

liegt zwischen 9 kW/dm³ Hubraum (W. R. Wade u.a. Diesel Particulate Trap Regeneration Techniques SAE 810 118) und 14 kW/dm³ Hubraum (W. R. Wade u.a. Thermal and Catalytic Regeneration of Diesel Particulate Traps SAE 830 083).

[0007] Mit Verminderung des Abgasmassenstroms läßt sich der erforderliche Sekundärenergiebedarf auf ca. 1,7 kW/dm³ Hubraum (E. Pauli u.a. The Calculation of Regeneration Limits of Diesel Particulate Traps for Different Regeneration Methods SAE 840 075) bzw. 1,3 kW/dm³ Hubraum (V. D. Rao u.a. Advanced Techniques for Thermal and Catalytic Diesel Particulate Trap Regeneration SAE 850 014) absenken.

[0008] Heizleistungen oberhalb 1 kW sind in Fahrzeugen nur mit Brennern darzustellen. Brenner benötigen für einen sicheren Betrieb aufwendige Steuerungs- und Überwachungssysteme. Der durch ein Brennersystem mit Bypasssteuerung verursachte Kraftstoffmehrerbrauch beträgt im Regenerationszyklus nach V. D. Rao etwa 2 %.

[0009] Es besteht daher das Ziel, den hohen Aufwand, der durch den Einsatz von Brennersystemen verursacht wird, zu umgehen und die erforderliche Sekundärenergie durch das Bordnetz bereitzustellen. Allerdings ist nach G. Hühwohl und G. Kroon infolge der Auslegung des elektrischen Bordnetzes von Fahrzeugen die Filterregeneration mit elektrischen Heizsystemen problematisch, da nur kurzfristig Leistungen von maximal 1 kW realisierbar sind.

[0010] Desun ungeachtet sind verschiedene technische Lösungsvorschläge mit elektrischen Heizdrähten bekannt. So wurde bereits die Anordnung von Heizdrähten vor dem Filter (US 5101095, US 4404795, US 4744216, DE 3824578 C2, Versuchsaufbau von G. Hühwohl und G. Kroon, DE 19530749, DE 3890556, DE 19748561), auf der Filteroberfläche (US 5144798, US 4516993 und Versuchsaufbau von G. Hühwohl und G. Kroon), zwischen Filterplatten (US 6024927), im Filterkanal (EP 0857862) und im Filtermaterial eingebettet (EP 0275372) vorbeschlagen. Eine Vorrichtung der gattungsgemäßen Art ist beispielsweise aus der US 4456457 bekannt.

[0011] Eigene Versuche haben die aus der Literatur bekannte Tatsache bestätigt: je höher die Filterbelastung mit Ruß, um so sicherer die Filterregeneration. Doch dem steht gegenüber, daß mit steigender Rußbelastung einerseits der Gegendruck der Abgasanlage ansteigt; das führt zwangsläufig zu einem Kraftstoffmehrerbrauch des Fahrzeugs. Andererseits wird die Höhe der Filterbelastung durch die Festigkeit des Keramikwerkstoffs begrenzt. Hohe Filterbelastungen führen zu einer Filterregeneration mit hoher Reaktionstemperatur. Die Keramikkörper sind häufig aus quaderförmigen Teilelementen zusammengefügt. Verschiedene Filterhersteller geben eine Belastungsgrenze von 10 g pro dm³ Filtervolumen vor, um die Ausbildung von Filterrissen zu vermeiden. Es besteht daher ergänzend die Forderung, die Regeneration auch bei einer vergleichsweise gerin-

gen Beladung sicherzustellen, um die Reaktionstemperatur zu kontrollieren und in Grenzen zu halten.

[0012] Nach eigenen Versuchen führen die bekannten Lösungsvorschläge nicht zum gewünschten Erfolg, mit einem minimalem Energieaufwand des elektrischen Bordnetzes bei gleichzeitig geringer Beladung des Filters mit Ruß eine sichere Regeneration einzuleiten.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs angegebenen Art zu schaffen, die einerseits mit geringer elektrischer Energie des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges auskommt und andererseits eine sichere Filterregeneration schon bei geringer Rußbeladung ermöglicht.

[0014] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselabgasen mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Die Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselabgasen umfaßt somit ein Gehäuse mit einem Abgaseintritt und einem Abgasaustritt, einen, bevorzugt keramischen, Filterkörper und mindestens ein abgaseintrittsseitig am Filterkörper angeordnetes Heizelement. Wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dabei die Einbettung des mindestens einen elektrischen Heizelements in mindestens eine nutenartige Vertiefung, die zuströmseitig in dem Filterkörper angeordnet und entgegen der Anströmrichtung offen ist. Das mindestens eine elektrische Heizelement ist auf diese Weise zumindest auf einem wesentlichen Teil seiner Erstreckung (s.u.) dem ungereinigten Abgasstrom ausgesetzt. Die in dem Abgasstrom enthaltenen Rußpartikel können sich unter Ausbildung eines Mantels direkt auf der Oberfläche des mindestens einen Heizelements anlagern. Die sich im Filterbetrieb bildende Ruß-Ummantelung der Heizelemente bewirkt deren Isolierung gegenüber dem anströmenden Motorabgas mit dem Ergebnis, daß zum Aufheizen der Heizelemente auf die Zündtemperatur des Rußes zur Einleitung der Regeneration eine vergleichsweise geringe elektrische Energie ausreicht. Durch die Einbettung der Heizelemente in nutartige Vertiefungen des Filterkörpers ergibt sich dabei eine gewisse Konzentration der Rußpartikel auf den Heizelementen und in deren unmittelbarer Nähe in den nutartigen Vertiefungen. Bereits bei vergleichsweise geringer Beladung des Rußfilters ist hierdurch ein sicheres Entzünden der auf dem Heizelement angelagerten Rußpartikel mit einer Wärmeentwicklung, die zur Initiierung der Regeneration ausreicht, gewährleistet. Die Einbettung der Heizelemente in nutartige Vertiefungen des Filterkörpers sorgt zudem für einen günstigen Übergang der beim Entzünden der auf den Heizelementen angelagerten Rußpartikel entstehenden Wärme in die an die nutartigen Vertiefungen angrenzenden Bereiche des Filterkörpers hinein, von wo aus die vollständige Regeneration des Filterkörpers durch fortschreitenden Abbrand der Rußpartikel ihren Ursprung nimmt. Die durch die vorliegende Erfindung bereitgestellte Möglichkeit, den Filterkörper eines Rußfilters schon bei einer vergleichsweise geringen Beladung mit einem niedrigen Energie-

einsatz zuverlässig zu regenerieren, wirkt sich in einem hohen Maße positiv auf die Lebensdauer des Rußfilters aus.

[0015] Die nutartigen Vertiefungen sind bei Filterkörpern, die aus mehreren quaderförmigen Teilelementen bestehen, bevorzugt so geführt, daß die Mehrzahl der Teilelemente an die Vertiefungen angrenzen oder direkt von ihnen durchzogen sind. Dies ist besonders günstig im Hinblick auf die Lebensdauer des Filterkörpers, weil es zur weiteren Reduktion der Gefahr von Spannungsrisen beiträgt.

[0016] Die Anordnung des Heizelementes in der nutförmigen Vertiefung erfolgt bevorzugt derart, daß eine möglichst geringe Kontaktfläche zwischen der Oberfläche des Heizelementes und den Wandflächen der nutartigen Vertiefung entsteht. Dies beugt örtlichen Wärmespannungen in dem Filterkörper im Regenerationsbetrieb durch die heißen Heizelemente vor. In diesem Sinne sind die Breite und/oder die Tiefe der nutartigen Vertiefung bevorzugt größer als die Abmessungen des Heizelementes in der entsprechenden Dimension. Hierdurch ist das mindestens eine Heizelement von einem Freiraum umgeben, der die Anlagerung von Rußpartikeln auf einem möglichst großen Oberflächenbereich des Heizelements begünstigt. Die weiter oben erläuterte, sich im Filterbetrieb bildende Ruß-Ummantelung der Heizelemente stellt dabei eine Isolierung der Heizelemente auch gegenüber dem Filterkörper dar, was sich wiederum auf den Energiebedarf günstig auswirkt.

[0017] Weiterhin sind, gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, die nutartigen Vertiefungen so ausgeführt, daß die Öffnungen der angrenzenden Filterkanäle geschlossen sind. Indem die an die nutartigen Vertiefungen angrenzenden Strömungskanäle des Filterkörpers nicht zur Anströmung hin offen sind, wird eine Anlagerung von Rußpartikeln an das mindestens eine Heizelement im Filterbetrieb weiter begünstigt.

[0018] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann das mindestens eine Heizelement insbesondere als langgestreckter Heizer in Form eines Heizdrahtes oder als Punktheizer ausgebildet sein. Ein Heizdraht wird dabei vorzugsweise mittels Klammern in den Nuten befestigt. Punktheizer bilden bevorzugt eine Baueinheit mit ihrem jeweiligen Befestigungselement. Die Anordnung gilt auch, wenn der Filterkörper als Monolith ausgebildet ist.

[0019] Die Wirkungsweise der Erfindung ist folgende:

[0020] Durch den Abgaseintritt der erfindungsgemäßen Vorrichtung strömt rußbeladenes Abgas dem Filterkörper zu. Die nutartige Vertiefung in der anströmseitigen Stirnfläche des Filterkörpers bildet einen partiellen Staubereich. Das Abgas, das der nutartigen Vertiefung zuströmt, kann hier den porösen Filterkörper nur erschwert oder, wenn in diesem Bereich die Filterkanäle zuströmseitig verschlossen sind, überhaupt nicht passieren. Das Abgas wird gezwungen, in die benachbarten Filterkanäle auszuweichen. Durch diese partielle

Strömungsumlenkung wirkt auf die Partikel die Trägheitskraft derart, daß einen Teil der Partikel versucht, die ursprüngliche Bewegungsrichtung beizubehalten. Der Ruß lagert sich erfindungsgemäß in den nutartigen Vertiefungen ab und bildet um das Heizelement herum einen isolierenden Schutzmantel. Die isolierende Wirkung des Schutzmantels aus Ruß ist sowohl auf das zuströmende Abgas als auch auf den keramischen Filterkörper gerichtet, deren Temperaturen unterhalb der Rußentzündungstemperatur liegen. Gleichzeitig erfolgt in der Umgebung des Heizelementes eine örtlich im Vergleich zur übrigen Filteroberfläche erhöhte Rußansammlung. Da der dadurch beeinflusste Anteil an der Filterfläche klein ist, kommt es zu keinem spürbaren zusätzlichen Gegendruckaufbau. Der übrige Ruß lagert sich in bekannter Weise auf der Filteroberfläche, in den Filterkanälen und auf der anströmseitigen Oberfläche, ab.

[0021] Wird der Regenerationsvorgang prozeßbedingt eingeleitet, übersteigt die Temperatur des Heizelementes erfindungsgemäß schon bei geringer Energiezufuhr die Rußentzündungstemperatur. Der Ruß verbrennt von den Heizelementen ausgehend über den gesamten Filterkörper.

[0022] Die Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung bestehen in folgendem: Der Ruß brennt beim Einsatz eines Heizdrahtes oder mehrerer Punktheizer in einer breiten Front. Unebenheiten des Filterkörpers, die durch den Fertigungsverfahren verursacht werden und die Flammenausbreitung behindern, werden durch die Nutführung ausgeglichen. Ebenso werden die durch die Fügestellen der quaderförmigen Teilelemente verursachten Behinderungen überbrückt. Es kommt zu einem stabilen, betriebssicheren und nahezu vollständigen Rußabbrand im Filter.

[0023] Die Einleitung der Regeneration schon bei einer geringen Rußbelastung sichert die Haltbarkeit des Filterkörpers. Gleichzeitig kann der Gegendruckaufbau geringer als bei herkömmlichen Regenerationsverfahren gehalten werden. Ein niedriger Gegendruck bewirkt eine Kraftstoffeinsparung. Durch die Isolationswirkung des Rußes wird der Elektroenergiebedarf minimiert. Das Bordnetz des Kraftfahrzeuges wird weniger belastet.

[0024] Anhand von Zeichnungen von zwei Ausführungsbeispielen soll die Erfindung näher erklärt werden. Dabei zeigt

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselabgasen im Längsschnitt,

Fig. 2 eine Draufsicht auf die eintrittsseitige Stirnfläche des keramischen Filterkörpers der Vorrichtung nach Fig. 1 mit Heizdraht,

Fig. 3 einen Querschnitt durch eine Nut mit Heizdraht und Halteklammer,

Fig. 4 in Draufsicht die eintrittsseitige Stirnfläche des keramischen Filterkörpers eines zweiten Aus-

führungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Punktheizer und

Fig. 5 einen Querschnitt durch eine Nut mit Punktheizer.

[0025] Die in Fig. 1 veranschaulichte Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselabgasen besteht aus einem Gehäuse 1 mit einem Abgaseintritt 2 und einem Abgasaustritt 3, einem keramischen Filterkörper 4 und einem abgaseintrittsseitig angeordneten Heizelement 5.

[0026] Der Filterkörper 4 ist aus mehreren quaderförmigen Teilelementen 6 zusammengefügt. Die Fügestellen 15 können mittels Hochtemperaturklebstoffs hergestellt werden. An der äußeren Oberfläche ist die Kontur 7 des Filterkörpers 4 an das Gehäuse 1 angepaßt, wie dies in Fig. 2 und Fig. 4 schematisch anschaulicht ist. In die eintrittsseitige Oberfläche 8 des Filterkörpers 4 sind nutartige Vertiefungen 9 eingearbeitet, die so geführt werden, daß die Mehrzahl der Teilelemente 6 an die Vertiefung 9 angrenzen oder direkt von ihr durchzogen sind.

[0027] Fig. 2 und 3 beschreiben ein erstes Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 5 ist als Heizdraht 16 ausgebildet. In einer vorteilhaften Ausführung kann der Heizdraht 16 aus mehreren Einzeldrähten, Litzen, zusammengefügt sein. Breite 10 und Tiefe 11 der nutartigen Vertiefung 9 sind größer als der Durchmesser 12 des Heizdrahtes 16, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist.

[0028] Die Anordnung des Heizdrahtes 16 in der nutförmigen Vertiefung 9 erfolgt derart, daß eine möglichst geringe Kontaktfläche zwischen der Oberfläche des Heizdrahtes 16 und der Oberfläche 17 der nutartigen Vertiefung 9 entsteht. Der Heizdraht 16 wird mittels Klammern 14 in den Nuten befestigt. In einer vorteilhaften Ausführung ist die Klammer 14 aus keramischem Material.

[0029] Fig. 4 und 5 beschreiben ein zweites Ausführungsbeispiel. Das Heizelement 5 ist als Punktheizer 20 ausgebildet. In der nutartigen Vertiefung 9 sind mehrere über eine gemeinsame Versorgungsleitung gespeiste Punktheizer 20 angeordnet. In einer vorteilhaften Ausführung bildet das Befestigungselement 21 mit dem Punktheizer 20 eine Baueinheit. Das Befestigungselement 21 ist vorzugsweise aus keramischem Material.

[0030] Fig. 5 zeigt eine Baueinheit aus Punktheizer 20 mit Befestigungselement 21 in der nutartigen Vertiefung 9.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Nachbehandlung von Dieselabgasen, insbesondere zur Entfernung von Rußpartikeln, mit kontinuierlicher Filtration und diskontinuierlicher Regeneration, mit einem abgasdurchströmten Gehäuse und einem im Abgasstrom angeordneten Filterkörper (4), dem anströmseitig

mindestens ein elektrisches Heizelement (5) zugeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Filterkörper (4) in seiner stromeintrittsseitigen Oberfläche (8) mindestens eine entgegen der Anströmrichtung offene nutartige Vertiefung (9) aufweist, in die das mindestens eine Heizelement (5) eingebettet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß Nutbreite (10) und/oder Nuttiefe (11) größer als die Breite (17) und/oder die Tiefe (12) des mindestens einen Heizelementes (5) sind.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Filterkörper (4) als keramischer Monolith ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß das mindestens eine Heizelement (5) mit Befestigungselementen (14, 21) in der nutförmigen Vertiefung (9) arretiert ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Befestigungselemente (14) als Halteklammern ausgebildet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Befestigungselemente (21, 14) aus keramischem Material bestehen.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß das mindestens eine Heizelement (5) als langgestreckter, die nutartige Vertiefung (9) in ihrer Länge ausfüllender Heizer, vorzugsweise als Heizdraht (16) ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß der mindestens eine Heizer mit Befestigungselementen (14, 21) in der nutförmigen Vertiefung (9) arretiert ist, wobei mindestens 90% der Oberfläche des mindestens einen Heizers freiliegen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß der mindestens eine Heizer als ein aus mehreren Litzen bestehender Heizdraht (16) ausgeführt ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,

daß das mindestens eine Heizelement (5) als einzelner oder mehrere Punktheizer (20) ausgebildet ist.

- 5 11. Vorrichtung nach Anspruch 4 und Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß die Befestigungselemente (21) und die Punktheizer (20) jeweils eine Baueinheit bilden.
- 10 12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Befestigungselemente (21) und die Punktheizer (20) aus keramischem Material bestehen.
- 15 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß sich die Längserstreckung der nutartigen Vertiefung (9) auf die unmittelbare Umgebung der Punktheizer (20) beschränkt.
- 20 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Filterkörper (4) aus einer Mehrzahl quaderförmiger Teilelemente (6) besteht, wobei die mindestens eine nutförmige Vertiefung (9) in der stromeintrittsseitigen Oberfläche (8) des Filterkörpers (4) so angeordnet ist, daß die Mehrzahl der quaderförmigen Teilelemente (6) an die nutförmige Vertiefung (9) angrenzen und/oder direkt mit ihr versehen sind.
- 25 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
daß die an die mindestens eine nutartige Vertiefung angrenzenden Filterkanäle des Filterkörpers (4) zuströmseitig verschlossen sind.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

Fig. 1

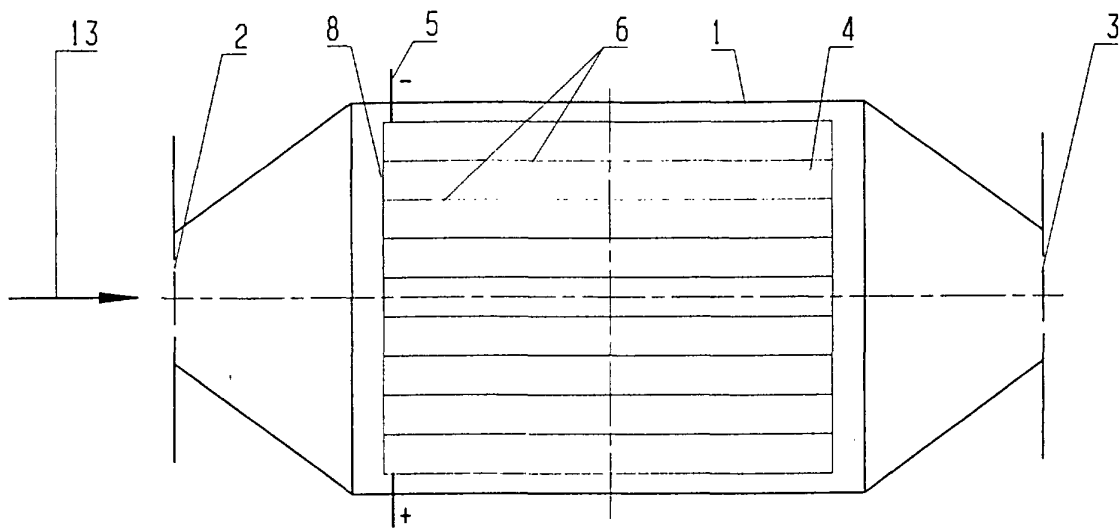


Fig. 2

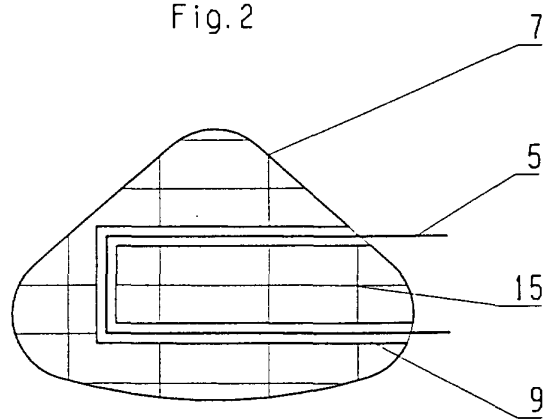


Fig.3

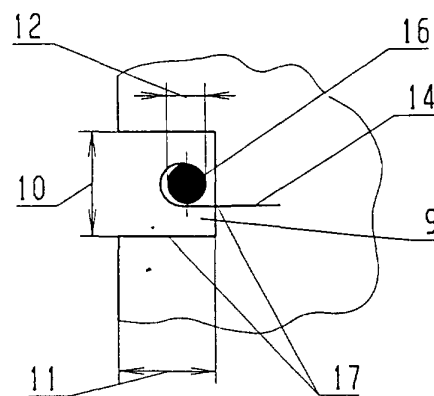


Fig. 4

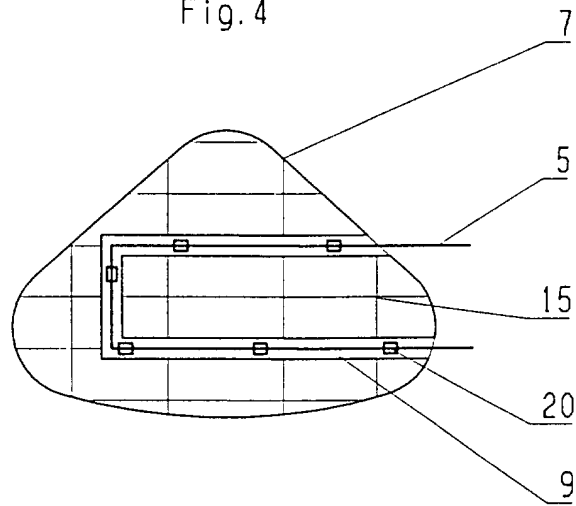


Fig. 5

