



(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 409 653 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1897/99 (51) Int. Cl.⁷: F01N 3/022
(22) Anmeldetag: 10.11.1999
(42) Beginn der Patentdauer: 15.02.2002
(45) Ausgabetag: 25.10.2002

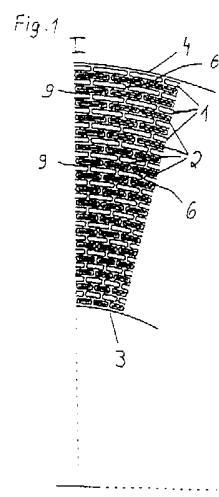
(56) Entgegenhaltungen:
AT 404285B EP 327799A2 US 5141714A
US 5893267A

(73) Patentinhaber:
FLECK CARL M. DR.
A-2391 KALTENLEUTGEBEN,
NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ABSCHEIDEN VON RUSSPARTIKEL AUS EINEM ABGASSTROM, INSbesondere EINER DIESEL-BRENNKRAFTMASCHINE

AT 409 653 B

(57) Vorrichtung zum Abscheiden und Umwandeln von Rußpartikel aus einem Abgasstrom, insbesondere einer Diesel-Brennkraftmaschine, in gasförmige Substanzen, bei dem das Abgas durch einen aus einer porösen Keramik hergestellten Wabenfilter, dessen axial verlaufende Kanäle lediglich jeweils an einer Stirnseite des Filters offen und an der jeweils anderen Stirnseite verschlossen sind hindurchgeleitet wird und zur Umwandlung der Rußpartikel eine Spannung an parallel zu den Kanälen des Wabenfilter verlaufenden Elektroden angelegt wird. Um unter allen Umständen ein Verstopfen des Filters zu verhindern, ist vorgesehen, daß an die Elektroden eine Folge von einer Elektronenemission in den Kanälen bewirkende Spannungsimpulsen angelegt wird, wobei zwischen den einzelnen Impulsen Pausen verbleiben in denen eine Elektronenemission unterbleibt und das Abgas in voneinander distanzierte und jeweils gleiche Normalabstände von den Elektroden aufweisenden Bereichen in den Filter eingeleitet wird.



Die Erfindung bezieht sich auf eine Filteranordnung zum Abscheiden und Umwandeln von Rußpartikel aus einem Abgasstrom gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Bei der aus US 5 141 714 bekannten derartigen Vorrichtung werden die Rußpartikel an den Porengrenzen einer porösen Keramik abgeschieden und von Zeit zu Zeit durch Anlegen einer Spannung an den Elektroden des Filters abgebrannt. Während die Abscheidung der Rußpartikel also im wesentlichen mechanisch erfolgt, dient die angelegte Gleichspannung zum thermischen Abbrand abgelagerter Partikel. Es ergeben sich nämlich bei Anlegen einer ausreichend hohen Spannung relativ hohe Ströme über die leitenden Rußablagerungen in den Poren der Wände des Wabenkörpers, sodaß sich diese entsprechend hoch aufheizen und die Rußpartikel thermisch mit den Sauerstoffanteilen des Abgases zu Kohlendioxid verbrannt werden.

In alternativen Ausführungsformen ist die poröse Keramik von axial verlaufenden Kanälen durchzogen, durch die das Abgas geleitet wird. Die Kanäle sind dabei an einem Ende offen und am jeweiligen anderen Ende geschlossen. Der Stand der Technik sieht dabei vor, die an ein und derselben Stirnseite des Wabenkörpers offenen und geschlossenen, im wesentlichen quadratischen Kanäle schachbrettartig zu verteilen. Dadurch bauen sich über alle vier Wände eines jeden Kanals Druckdifferenzen auf, sodass das Abgas alle vier Wände eines jeden Kanals durchströmt und darin enthaltenen Rußpartikel um die Poren dieser Wände abgelagert werden.

Je höher daher die Rußbeladung der Wände des aus einer porösen Keramik hergestellten Wabenkörpers ist, desto niedriger ist deren elektrischer Widerstand und desto höher ist der Stromfluß über diese Wände bei einer bestimmten an den Elektroden anliegenden Spannung und damit auch die in den Wabenkörper eingebrachte elektrische Leistung. Da das Abgas alle vier Wände eines jeden Kanals durchströmt und darin enthaltenen Rußpartikel in die Poren dieser Wände abgelagert werden, kommt es innerhalb des gesamten Wabenkörpers zu hohen lokalen Temperaturen, was das Filtermaterial stark belastet. Außerdem ist diese Art des Rußabbrandes mit hohem Energieaufwand verbunden.

Um die zum Abbrennen der abgelagerten Rußpartikel erforderliche Temperatur zu erreichen, ist auch die Verwendung eines Additivs und einer Nacheinspritzung von Treibstoff, die jedoch nur durch ein "common rail"-Einspritzsystem möglich ist, sowie die Anordnung eines zusätzlichen Katalysators bekannt.

Diese diskontinuierliche Regeneration ist nicht nur sehr aufwendig, sondern kann bei extremer Kälte auch vollständig zum Erliegen kommen und somit ein komplettes Versagen der Dieselfahrzeuge bewirken.

Bei dem in AT 404 285 B (EP 088 0642 A) beschriebenen Verfahren wird der Ruß nach einer Aufladung in den beidseitig offenen Kanälen eines aus einer dichten Keramik hergestellten Wabenkörpers durch ein elektrisches Gleichspannungsfeld abgeschieden und kontinuierlich elektrochemisch durch ein Gasplasma zu Kohlendioxid oxidiert, das durch das Abscheidefeld erregt wird. Im Rahmen dieser Geometrie der beidseitig offenen Kanälen hat dieses Gleichspannungsfeld einerseits die Aufgabe, die Abscheidung der Rußpartikel zu gewährleisten, andererseits aber auch die Verbrennung der abgeschiedenen Partikel zu bewirken. Letzteres bedingt die Anwendung hoher Gleichspannungen, was zu strukturellen Beschädigungen am Wabenfilter führen kann, insbesondere dann, wenn es zur unerwünschten Bildung eines Funkens kommt.

Die Grenzen dieser elektrisch bedingten Aufladung und Abscheidung sind in bestimmten Situationen bemerkbar. Diese sind vor allem:

- lawinenartige Rußausbrüche aus dem Katalysator, wobei die hohe Konzentration von Rußteilchen in dem Abgas die Aufladung aller Rußteilchen verhindert, so daß ein Teil von ihnen nicht abgeschieden werden kann
- Vollastfahrten, die zu extrem hohen Gasgeschwindigkeiten im Wabenkörper führen und damit die vollständige Abscheidung der größten Fraktion der Rußteilchen wegen ihrer kleinen Beweglichkeit im elektrischen Feld verhindern

Beide Situationen werden zwar durch eine größere Aufladungsstrecke und einen großen Wabenkörper beherrscht, werden aber durch die Automobilindustrie wegen der Baugröße nicht angenommen.

Ziel der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und eine Filteranordnung der eingangs erwähnten Art vorzuschlagen, bei der eine ausreichende Rußabscheidung unter allen Bedingungen und auch bei plötzlichen Lastwechseln gegeben ist.

Erfnungsgemäß wird dies bei einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 erreicht.

Durch die vorgeschlagenen Maßnahme werden die Rußpartikel mechanisch in den parallel zu den Elektroden verlaufenden Wänden des Wabenkörpers zurückgehalten, wobei die Abscheidung der Rußpartikel auch durch das sich aufgrund der Spannungsimpulse ausbildende elektrische Feld unterstützt wird. Gleichzeitig kommt es aufgrund des impulsweise auftretenden elektrischen Feldes und der damit verbundenen Emission und Beschleunigung von Elektronen zu einer Umwandlung bzw. Oxidation der Rußpartikel zu Kohlendioxid und damit zu einer Regeneration des Filters, sodaß dieser nicht verstopfen kann. Der Rußabbrand erfolgt also nicht durch bloßes Aufheizen und somit thermisches Abbrennen der Rußpartikel, sondern vielmehr über massiven Elektronenbeschuss innerhalb der Kanäle.

Diese Vorgangsweise bedingt allerdings eine Hochspannungstauglichkeit des Wabenfilters. Es ist daher entscheidend, die Anordnung der wechselseitig offenen und verschlossenen Kanäle richtig zu wählen. Statt der eingangs erwähnten schachbrettartigen Verteilung der an ihrer Stirnseite entweder offenen oder verschlossenen Kanäle ist es bedeutend zweckmäßiger, wenn die im jeweils gleichen Normalabstand von der Elektrode verlaufenden Kanäle an ihrer Stirnseite entweder alle offen oder alle verschlossen sind. Durch diese an der Einströmseite des Abgases vorgesehenen Anordnung der verschlossenen und offenen Kanäle wird erreicht, dass zwischen benachbarten Kanälen, die jeweils denselben Normalabstand von den Elektroden aufweisen, kein Druckunterschied herrscht und daher die Rußpartikel nur in den im wesentlichen parallel zu den Elektroden verlaufenden Wänden der Kanäle Rußpartikel abgelagert werden, wodurch der elektrische Widerstand dieser Wände sinkt. Diese Wände einander benachbarter Kanäle, durch die Rußdurchtritt tatsächlich stattfindet, liegen aber jeweils auf gleichem Potential, sodaß die Abnahme des elektrischen Widerstandes unerheblich ist, wogegen die senkrecht zu den Elektroden verlaufenden Wände nicht mit Rußpartikel angereichert werden und deren elektrischer Widerstand daher im wesentlichen gleich hoch bleibt, und sich kein nennenswerter Stromfluß über diese Wände ergibt. Dadurch bleibt die erforderliche elektrische Leistung gering und ermöglicht die Beaufschlagung des Wabenfilters mit Impulsen, wobei die Dauer der Impulse sowie der dazwischenliegenden Pausen über einen weiten Bereich variieren kann, wie im folgenden noch genauer beschrieben wird.

Die gegenständliche Erfindung zeichnet sich somit dadurch aus, eine mechanische Abscheidung von Rußpartikel aufgrund der wechselseitig verschlossenen Kanäle mit einem Abbrand der abgelagerten Partikel über Elektronenbeschuss zu verbinden. Um den Wabenkörper durch die dadurch erforderlichen Hochspannungsbedingungen sowie die in den Kanälen herrschenden starken Impulsfelder nicht zu stark zu belasten, ist es entscheidend, die in den Ansprüchen 1 und 2 beschriebene Anordnung der wechselseitig offenen und geschlossenen Kanäle zu wählen.

Bei der Festlegung der Impulsdauer der einzelnen Spannungsimpulse empfiehlt es sich, die folgenden begrenzenden Bedingungen einzuhalten, um die Eigenschaften des erzeugten Impulsfeld-Plasmas für dessen Anwendung bei keramischen Wabenfiltern zu optimieren:

- die aus einer der Wände des Kanals austretenden Elektronen müssen innerhalb der Pulsdauer die gegenüberliegende Wand erreichen können und
- die Impulsdauer darf nicht die Ausbildung eines Vorfunkens ("streamer") erlauben.

Zur Abschätzung einer unteren Schranke τ_1 der Pulsdauer aus geometrischen Gegebenheiten des Wabenfilters ist es notwendig, daß die Wege der Elektronen im Abgas während einer Impulsbreite größer sind als der Abstand der Wände des Kanals in Feldrichtung, also

45

$$\omega \cdot E \cdot \tau_1 > d$$

wobei ω [cm^2/Vs] die Beweglichkeit der freien Elektronen im elektrischen Feld, E [V/cm] die elektrische Feldstärke, τ_1 [sec] die Pulsdauer und d [cm] die Distanz zwischen den Kanalwänden in Feldrichtung bedeuten.

Soll ein größerer Teil der gebildeten Elektronen zur Oxidation des Rußes ausgenützt werden, muß diese Bedingung zu

$$\omega \cdot E \cdot \tau_1 \gg d$$

55

verschärft werden.

Die Beweglichkeit ω freier Elektronen in einem höheren elektrischen Feld beträgt ca.

$$\omega \approx 10^{+3} \text{ /cm}^2 \text{Vs/}$$

5

so daß die erste Bedingung zu der Ungleichung

$$E \cdot \tau_1 / d \gg \omega^{-1} \text{ /Vs/cm}^2 /$$

10

oder, wenn für ω eingesetzt und nach τ umgeformt wird

$$\tau_1 \gg 10^{-3} d/E \text{ /s/}$$

lautet.

15

Die zweite Bedingung muß experimentell ermittelt werden, da sie durch die Anzahl der porösen keramischen Trennwände des Wabenkörpers bestimmt wird. Ohne diese Trennwände liegt die Zeit zur Ausbildung eines Vorfunkens etwa zwischen 0,2 μ s und 0,5 μ s. Durch die zahlreichen Trennwände zwischen den Kanälen eines Wabenkörpers kann für die erlaubte obere Schranke τ_2 der Pulsbreite τ und im Rahmen realistischer Feldstärken folgendes offene Intervall geschätzt werden:

20

$$5 \cdot 10^{-6} > \tau_2 > 2 \cdot 10^{-6} \text{ /s/}$$

Man erhält daher nach experimenteller Klärung der oberen Schranke τ_2 der Impulsbreite τ etwa die folgende Einschränkung

25

$$5 \cdot 10^{-6} > \tau \gg 10^{-3} d/E \text{ /s/},$$

30

die in Bezug auf das Verhältnis d/E frei gestalten werden kann. Da aus Gründen der Baugröße und der gesamten Filterfläche zweckmäßigerweise d mit etwa 0,1cm angesetzt werden kann, ergibt sich

$$5 \cdot 10^{-6} > \tau \gg 10^{-4} /E \text{ /s/}$$

und bei einer Impulsfeldstärke von etwa 3 kV/cm

35

$$5 \cdot 10^{-6} > \tau \gg 3 \cdot 10^{-8} \text{ /s/},$$

40

so daß die Pulsbreite eines unipolaren Impulses oder des unipolaren Impulsanteils eines bipolaren Impulses mit einer Feldamplitude von etwa 3 kV/cm für ein effizientes Abbrennen des Rußes innerhalb folgendem offenen Intervall verfügbar ist:

$$5 \cdot 10^{-6} > \tau > 10^{-7} \text{ /s/},$$

also etwa zwischen 0,1 μ s und 5 μ s.

45

Durch die Merkmale des Anspruches 3 ergibt sich der Vorteil, daß die Abscheidung der Rußpartikel durch die Feldimpulse beeinflußt werden kann und durch einen Wechsel der Polarität sichergestellt ist, daß die Rußpartikel an beiden parallel zu den Elektroden verlaufenden Trennwänden eines jeden Kanals abgeschieden und durch das entstehende Plasma oxidiert werden. Dabei kann der Wechsel der Polarität nach jedem einzelnen Impuls oder aber auch nach einer bestimmten Anzahl von Impulsen erfolgen.

50

Die eine Elektronenemission, bzw. eine erhebliche Beschleunigung der Elektronen bewirkenden Spannungsimpulse können aber auch als hochfrequente Impulse auf einer Folge von bipolaren niederfrequenten Impulsen mit einer Impulsdauer von mindestens 10ms, wobei die Impulsdauer der niederfrequenten Impulse aber auch 2 bis 3sec betragen kann, aufmoduliert sein. Es muß dabei lediglich sichergestellt sein, daß die an den Elektroden anliegende Spannung soweit absinkt,

um eine nennenswerte Elektronenemission, bzw. Beschleunigung derselben in den Kanälen des Wabenkörpers zu vermeiden. Dabei kann der Wechsel der Polarität der hochfrequenten Spannungsimpulsen beim Wechsel der Polarität der niederfrequenten Impulse erfolgen.

5 Durch die Merkmale des Anspruches 4 wird eine Aufladung der Rußpartikel vor deren Eintritt in den Wabenkörper erreicht, wodurch die Abscheidung der Rußpartikel verbessert wird.

Besonders günstige Verhältnisse ergeben sich bei Einhaltung der im Anspruch 5 genannten Bedingungen.

10 Durch die im Anspruch 6 angegebenen Bedingungen lässt sich eine entsprechende Anpassung der Dauer der Spannungsimpulse an die im jeweiligen Wabenkörper gegebenen geometrischen Verhältnisse erreichen.

Durch die Merkmale des Anspruches 7 ist einerseits sichergestellt, dass ein genügend starkes elektrisches Impulsfeld aufgebaut wird, um eine sichere Abscheidung und Umwandlung der Rußpartikel zu gewährleisten und andererseits die Spannungsquelle und der Wabenkörper vor einer Überlastung geschützt werden.

15 In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, die Merkmale des Anspruches 8 vorzusehen. Dabei ergibt sich auch eine sehr gute Anpassung der Abscheidung der Rußpartikel an die in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine zu erwartende Partikelmenge.

20 Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen ist sichergestellt, daß zwischen den durch eine senkrecht zu den Elektroden verlaufende Wand getrennten jeweils benachbarten Kanälen keine Druckdifferenzen auftreten und es daher im Bereich dieser Wände zu praktisch keiner Ablagerung von Rußpartikel kommt, sodaß diese Wände einen entsprechend hohen elektrischen Widerstand beibehalten. Dadurch wird die Ausbildung eines entsprechend hohen elektrischen Impulsfeldes im Inneren der Kanäle aufgrund der an die Elektroden angelegten Spannungsimpulsen ermöglicht.

25 Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch einen Ausschnitt aus einer Stirnansicht eines Wabenkörpers zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 2 schematisch einen Längsschnitt durch einen Wabenkörper Nach der Fig. 1.

Wie aus der Fig. 1, die einen Ausschnitt der Einströmseite eines aus einer porösen Keramik 30 hergestellten Wabenkörpers zeigt, zu ersehen ist, sind jeweils den gleichen Normalabstand von den an den Mantelflächen angeordneten Elektroden 3, 4 aufweisende Kanäle 2 an der Einströmseite entweder mit Stopfen 5 verschlossen oder offen, wobei diese Kanäle durch im wesentlichen senkrecht zu den Elektroden 3, 4 verlaufende Wände 7 voneinander getrennt sind.

35 Die lichte Höhe der Kanäle 2, d.h. deren senkrecht zu den Elektroden 3, 4 verlaufende Querschnittserstreckung, beträgt zweckmäßigerweise weniger als 0,2cm, vorteilhafterweise weniger als 0,1cm, und ist daher kleiner als für die Ausbildung eines Vorfunkens (Streamer) mit vollem Ionisationsfeld erforderlich ist.

40 Dabei sind die einander benachbarten Lagen von Kanälen 2 ziegelmauerartig gegeneinander versetzt angeordnet, wobei an der Einströmseite 7 die einander in radialer Richtung, bzw. in Richtung senkrecht zu den Elektroden 3, 4 benachbarten Lagen von Kanälen 2 abwechselnd verschlossen oder offen sind.

Dabei sind, wie aus der Fig. 2 zu ersehen ist, die an der Einströmseite 7 offenen Kanäle 2 an der Ausströmseite 8 durch Stopfen 5 verschlossen und vice versa.

45 Dadurch sind die den Wabenkörper durchströmenden Abgase gezwungen, die parallel zu den Elektroden 3, 4 verlaufenden durchgehenden Wände 9 zwischen einen unterschiedlichen Normalabstand von den Elektroden 3, 4 aufweisenden Kanälen 2 zu durchströmen.

50 Statt des dargestellten ringförmigen Wabenfilters, dessen Zentralraum zumindest an der Einströmseite 7 dicht verschlossen ist, kann auch ein im Querschnitt rechteckiger Wabenfilter vorgesehen sein, wobei in diesem Fall die Elektroden 3, 4 an zwei einander gegenüberliegenden parallelen Außenflächen angeordnet sind.

Im Betrieb werden an den Elektroden Spannungsimpulse angelegt, wodurch sich in den Kanälen 2 ein elektrisches Impulsfeld ausbildet.

55 Dabei wird ein Durchzünden des elektrischen Feldes dadurch verhindert, daß ein hochfrequentes Impulsfeld entweder unipolar oder auch bipolar ein- und ausgeschaltet wird, also sowohl nach einem unipolaren Impuls als auch nach einem bipolaren Impuls jeweils eine Pause eingefügt wird.

Diese Pause dient zur Zerstreuung der Ionen des Vorfunkens durch Drift in Resten des elektrischen Feldes und Diffusion. Treten trotz dieser Maßnahmen Funken auf, so können diese detektiert und erfindungsgemäß die Pausen zwischen den einzelnen Impulsen verlängert werden.

Auch können erfindungsgemäß Impulse einer Polarität mehrfach wiederholt werden, um dann von Impulsen der anderen Polarität gefolgt zu werden. Insbesondere können hochfrequente Impulse einer Polarität jeweils auf einem niederfrequenten Impuls der gleichen Polarität sitzen, dessen Polarität sich mit dem Polaritätswechsel der hochfrequenten Impulse ebenfalls ändert.

Von ganz besonderem Vorteil ist das erfindungsgemäße Impulsfeld-Verfahren durch die vorherige Aufladung der Rußteilchen in einer elektrischen Entladung, da durch den Beitrag der elektrischen Abscheidung im Impulsfeld, die den Ruß nicht in unmittelbarer Nähe der Poren deponiert, sowohl den reversiblen als auch den irreversiblen Anteil des Druckaufbaus stark verzögert.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Filteranordnung zum Abscheiden und Umwandeln von Rußpartikel aus einem Abgasstrom, insbesondere einer Diesel-Brennkraftmaschine, in gasförmige Substanzen, bei dem das Abgas durch axial verlaufende Kanäle eines aus einer porösen Keramik hergestellten Wabenfilters hindurchgeleitet wird und an parallel zu den Kanälen verlaufenden Elektroden eine Spannung an den Wabenfilter angelegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kanäle (2) des Wabenfilters lediglich jeweils an einer Stirnseite (7) des Filters offen und an der jeweils anderen Stirnseite (8) verschlossen sind, in der Art, dass die im jeweils gleichen Normalabstand von den Elektroden (3, 4) verlaufenden Kanäle (2) an ihrer Stirnseite (7) entweder alle offen oder alle geschlossen sind, und an die Elektroden (3, 4) angelegte Spannungsimpulse in den Kanälen (2) ein senkrecht zu deren Längserstreckung verlaufendes elektrisches Impulsfeld erzeugen.
2. Filteranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass nebeneinanderliegende, einen unterschiedlichen Normalabstand zu den Elektroden aufweisende Kanäle ziegelmauerartig gegeneinander versetzt sind und die Querschnittserstreckung der Kanäle senkrecht zu der Elektrode erheblich geringer ist als parallel zu dieser.
3. Filteranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spannungsimpulse mit unterschiedlicher Polarität an die Elektroden angelegt werden, wobei der Wechsel der Polarität nach einer bestimmten Anzahl von Impulsen erfolgt.
4. Filteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Wabenfilter eine Einrichtung zur elektrischen Aufladung der Abgase vorgeschaltet ist.
5. Filteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß Spannungsimpulse mit einer Dauer von 10^{-8} bis $2 \cdot 10^{-5}$ sek., vorzugsweise 10^{-7} bis $5 \cdot 10^{-6}$ sek verwendet werden, wobei diese Impulse bei 120°C eine Feldstärke von mindestens 2kV/cm , vorzugsweise mindestens 3kV/cm in den Kanälen (2) des Wabenfilters erzeugen, wobei bei 400°C eine Feldstärke von mindestens $0,5\text{kV/cm}$, vorzugsweise mindestens 1kV/cm in den Kanälen des Wabenfilters erzeugen.
6. Filteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spannungsimpulse mit einer in Abhängigkeit von der Beweglichkeit der Elektronen im elektrischen Feld gewählten Impulsdauer verwendet werden, wobei die Dauer der Spannungsimpulse der Beziehung:

$$2 \cdot 10^{-5} \geq \tau \geq d/E \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V sec}$$

vorzugsweise der Beziehung:

$$5 \cdot 10^{-6} \geq \tau \geq d/E \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V sec}$$

entspricht, wobei d die Breite der Kanäle in Richtung des elektrischen Feldes in cm und E die Feldamplitude in V/cm bedeuten.

7. Filteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß allfäl-

lig auftretende Funkenentladungen erfaßt und nach jeder Funkenentladung die Dauer der Spannungsimpulse schrittweise verkleinert oder die Dauer der Pausen zwischen je zwei Spannungsimpulsen schrittweise vergrößert wird.

- 5 8. Filteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei geringem Rußanfall die Pausen zwischen den Spannungsimpulsen verlängert werden, wobei zur Erfassung des Rußanfalls, der Druckabfall über dem Wabenkörper und bzw. oder spezifische Betriebsdaten der Brennkraftmaschine, wie z.B. Einspritzmenge, Drehzahl und Temperatur erfaßt und ausgewertet werden.

10

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

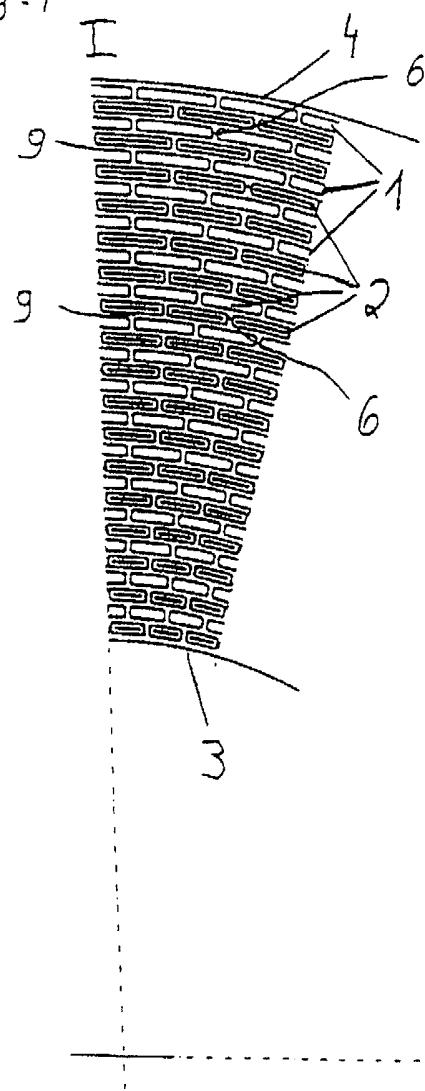


Fig. 2

