



(10) **AT 515277 A1 2015-07-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50838/2013 (51) Int. Cl.: **F01N 3/28** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 19.12.2013
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2015

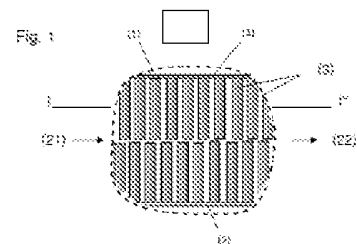
(56) Entgegenhaltungen:
US 3045422 A
JP S60169618 A
DE 19922355 A1
US 5209062 A
GB 2353738 A

(71) Patentanmelder:
IFT GmbH
6271 Uderns (AT)

(74) Vertreter:
SCHWARZ & PARTNER PATENTANWÄLTE
WIEN

(54) **Abgaskatalysator**

(57) Abgaskatalysator, umfassend eine Katalysatorkammer (1), einen Abgaseinlass (21), einen Abgasauslass (22), einen Katalysatorträger, welcher ein Katalysatormaterial aufweist, wobei der Katalysatorträger zwischen Abgaseinlass (21) und Abgasauslass (22) angeordnet ist, wobei der Katalysatorträger aus mehreren Katalysatorträgerelementen (3) gebildet wird.



AT 515277 A1 2015-07-15

Zusammenfassung

Abgaskatalysator, umfassend eine Katalysatorkammer (1), einen Abgaseinlass (21), einen Abgasauslass (22), einen Katalysatorträger, welcher ein Katalysatormaterial aufweist, wobei der Katalysatorträger zwischen Abgaseinlass (21) und Abgasauslass (22) angeordnet ist, wobei der Katalysatorträger aus mehreren Katalysatorträgerelementen (3) gebildet wird.

Fig. 1

Abgaskatalysator

Die Erfindung betrifft einen Abgaskatalysator, umfassend eine Katalysatorkammer, einen Abgaseinlass, einen Abgasauslass und einen Katalysatorträger, welcher ein Katalysatormaterial aufweist, wobei der Katalysatorträger zwischen Abgaseinlass und Abgasauslass angeordnet ist.

Abgaskatalysatoren werden seit langem in vielerlei Ausführungen und für unterschiedlichste Anwendungsfälle in der Technik eingesetzt. Wichtige Anwendungsfälle für Abgaskatalysatoren bestehen beispielsweise in der Abgasreinigung von Verbrennungsmotoren und kalorischen Kraftwerken. Der Abgaskatalysator hat die Aufgabe, im Abgas enthaltene Luft-Schadstoffe, welche durch unvollständige Verbrennung sowie durch Nebenreaktionen während des Verbrennungsprozesses entstehen, katalytisch in unschädliche Verbrennungs-Endprodukte umzuwandeln.

Abgaskatalysatoren werden je nach Wirkungsweise und Anwendung in drei Hauptkategorien unterteilt:

- (i) Dreiwegekatalysatoren: Werden für stöchiometrisches Abgas verwendet. Es erfolgt eine gleichzeitige Umsetzung der Schadstoffkomponenten NO_x , CO und HC.
- (ii) Oxidationskatalysatoren: Unverbrannte Kohlenwasserstoffe und CO werden aufoxidiert.
- (iii) SCR (selective catalytic reaction) Katalysatoren: Dienen der Reduktion von Stickoxiden.

In der geometrischen Gestalt bzw. in der konstruktiven Ausführung sind die genannten Kategorien an Abgaskatalysatoren einander sehr ähnlich. Sie umfassen meist einen Wabenkörper mit einer großen Zahl an parallelen Kanälen mit kleinem Querschnitt, die durch dünne Wände voneinander getrennt sind und deren Oberfläche katalytisch aktiv ist. Abgas strömt durch diese Kanäle, wobei die Schadstoffmoleküle an den Oberflächen der Wände in unschädliche Reaktionsprodukte übergeführt werden. Was den prinzipiellen Aufbau dieser Katalysatoren betrifft, so umfassen sie meist eine keramische oder metallische Trägermatrix mit feiner Wabenstruktur (Katalysatorträger) auf die eine katalytisch wirksame Beschichtung, das Katalysatormaterial (auch Washcoat genannt), aufgebracht ist. Bei SCR Katalysatoren verwendet man als Katalysatorträger fast ausschließlich Keramikträger (z.B. Aluminiumoxid), welchen das Katalysatormaterial (vorwiegend Vanadiumpentoxid und Titanoxid) im Herstellprozess beimengt wurde. In diesem Fall erfolgt keine zusätzliche Beschichtung.

Das Katalysatormaterial selbst besteht in der Regel aus porösem Aluminiumoxid mit einer sehr großen spezifischen Oberfläche, in die katalytisch aktive Edelmetalle in Form von mikroskopisch kleinen Partikeln (durchschnittliche Partikelgröße z.B. ca. 6 nm) eingelagert

sind. Bei den Edelmetallen handelt es sich hauptsächlich um die Elemente Platin, Rhodium und Palladium.

Insgesamt handelt es sich bei Abgaskatalysatoren um eine bewährte Technologie, die praktisch bei allen modernen Verbrennungskraftmaschinen, aber auch zunehmend bei Feuerungsanlagen breitflächig und mit Erfolg eingesetzt wird.

Trotz aller Erfolge bestehen bei dieser Technologie noch einige Problembereiche und Schwierigkeiten in der praktischen Anwendung. Eine Schwachstelle der gemäß Stand der Technik hergestellten Abgaskatalysatoren ist beispielsweise die Ausbildung einer Laminarströmung in den dünnen Kanälen der Katalysatorwaben. Dadurch ist der transversal zur Gasströmung erforderliche Stofftransport, der den Wandkontakt der Gasmoleküle gewährleistet, nur relativ schwach ausgeprägt. Die größte spezifische Reaktionsrate weist daher meist der Eintrittsbereich der Katalysatorwaben auf, an der Mikroturbulenzen auftreten. Da dieser Bereich jedoch am stärksten von Verschmutzungs- und Vergiftungserscheinungen betroffen ist, kann die Umsatzrate des Abgaskatalysators erheblich beeinträchtigt und die Standzeit deutlich reduziert werden.

Zur Lösung dieses Problems wurde im Stand der Technik z.B. vorgeschlagen, den Katalysatorträger aus offenporigem Metallschaum auszuführen. Allerdings zeigt sich dabei ein relativ ungünstiges Verhältnis zwischen spezifischen Durchflusswiderstand und spezifischer Oberfläche.

Eine andere bekannte Schwachstelle bei den zuvor genannten Abgaskatalysatoren besteht in der Gefahr der thermischen Überlastung von Waben-Bereichen bei Oxidationsvorgängen. Bei der Umsetzung kurzzeitiger Konzentrationsspitzen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen kann die Temperatur an den Wänden des Katalysatorträgers aufgrund der geringen Wärmeaufnahmekapazität der dünnwandigen Trägermatrix stärker ansteigen. Dadurch werden die Aktivität und damit die Umsatzrate an der katalytischen Oberfläche erhöht, was in der Rückkopplung wieder zu einem verstärkten Temperaturanstieg in dieser Zone führt. Letztlich kann das dazu führen, dass sämtliche unverbrannten Kohlenwasserstoffe in einem lokal eng begrenzten Gebiet umgesetzt und diese Zonen dadurch thermisch geschädigt werden. Häufig kommt es dabei zur Ausbildung von „toten“ Kanälen, durch die ein Teil des Abgases ohne katalytische Umsetzung strömt.

Konzentrationsspitzen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen entstehen beispielsweise bei Störungen im Bereich der Zündung oder Regelung von Verbrennungsmotoren. Das mangelhafte Vermögen der konventionellen Wabenkatalysatoren, Wärmeenergie den Reaktionszonen zu- oder daraus abzuleiten, führt besonders auch dann zu Problemen, wenn es

darum geht, bestimmte Temperaturniveaus im Abgaskatalysator einzustellen bzw. zu halten. Beispielsweise ist es beim Kaltstart wichtig, dass den Reaktionszonen des Abgaskatalysators jene Wärme zugeführt wird, die benötigt wird, um das noch relativ kühle Abgas über die erforderliche „Light Off“ – Temperatur anzuheben.

Wiederum eine andere Schwachstelle besteht bei Wabenkatalysatoren in der nicht vorhandenen Durchmischung des Stoffstromes innerhalb des Abgaskatalysators. Eine möglichst vollständige Durchmischung des Abgasstromes selbst, sowie die homogene Vermischung des Reduktionsmittels mit dem Abgas bei der SCR-Technologie, sind für die optimale Funktion des Abgaskatalysators sehr wichtig. Bei Dreiwege-Katalysatoren kann es dadurch beispielsweise vorkommen, dass trotz korrekter Einregelung des globalen O₂-Gehalts entsprechend dem vorgegebenen Sollwert der Lambda-Sonde, Bereiche innerhalb des Abgaskatalysators vorhanden sind, in denen das schmale Lambdafenster, innerhalb dem die Schadstoffe eliminiert werden, nicht eingehalten wird.

Andere Schwierigkeiten hängen damit zusammen, dass bei Abgaskatalysatoren mit langen Kanälen geringen Querschnittes durchgehend homogene Washcoat-Beschichtungen schwer zu erreichen sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, zu den oben angeführten Problemen eine Lösung zu finden, damit diese beseitigt bzw. gelöst werden.

Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Abgaskatalysator, umfassend eine Katalysatorkammer, einen Abgaseinlass, einen Abgasauslass, einen Katalysatorträger, welcher ein Katalysatormaterial aufweist, wobei der Katalysatorträger zwischen Abgaseinlass und Abgasauslass angeordnet ist, welcher dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysatorträger aus mehreren Katalysatorträgerelementen gebildet wird.

Der erfindungsgemäße Lösungsvorschlag sieht vor, den Katalysatorträger nicht in Wabenform oder in der Art eines offenporigen Metallschaum auszuführen, sondern in Form von mehreren, geometrisch definierten und voneinander getrennten Katalysatorträgerelementen. Diese Katalysatorträgerelemente können aus speziell angeordneten Strömungsleitkörpern ausgebildet sein, die nachfolgend in möglichen Ausführungsvarianten dargestellt sind.

In einer Ausführungsvariante ist daher vorgesehen, dass die Katalysatorträgerelemente eine Anströmfläche für das Abgas aufweisen, wobei die Anströmfläche von der Seite des Abgaseinlasses derart ausgebildet ist, dass auf die Anströmfläche anströmendes Gas im

Wesentlichen vollständig auf die Anströmfläche eines weiteren Katalysatorträgerelements umgelenkt wird.

Die Katalysatorträgererelemente können eine strömungsgünstige Kontur aufweisen. Beispielsweise kann die Ausdehnung der Katalysatorträgererelemente in Strömungsrichtung zumindest 5 mm und maximal 15 mm betragen.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Katalysatorträgererelemente als Zylinder ausgebildet sind. Die Zylinder können sowohl als gerade als auch als schiefe Zylinder ausgebildet sein.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Umfangslinie der Zylinder zumindest eine konkave Krümmung aufweist. Dies ermöglicht es, dass die Anströmfläche von der Seite des Abgaseinlasses an der Seite der konkaven Krümmung gebildet wird, sodass eine Umlenkung eines auf die Anströmfläche anströmenden Fluidstromes auf die Anströmfläche eines weiteren Katalysatorträgererelements erfolgt, wobei die Anströmfläche des weiteren Katalysatorträgererelements bevorzugt ebenfalls eine konkave Krümmung aufweist. Mit anderen Worten kann vorgesehen sein, dass zwischen Abgaseinlass und Abgasauslass eine Strömungsrichtung für einströmendes Fluid gebildet wird, wobei die Zylinder derart in der Katalysatorkammer angeordnet sind, dass die konkave Krümmung eine Anströmfläche für das Fluid bildet, sodass von der Anströmfläche umgelenktes Gas im Wesentlichen vollständig auf die konkave Krümmung eines weiteren Zylinders trifft.

Die geometrische Form des Zylinders kann unterschiedlich ausgebildet sein. In einem ersten Fall kann die Umfangslinie des Zylinders eine glatte Kurve, d.h. eine stetig differenzierbare Kurve sein. Die Umfangslinie kann aber auch polygonartig, d.h. zumindest bereichsweise unstetig mit zumindest einem Eckpunkt, ausgebildet sein. Auch Mischformen aus glatter Kurve und Polygon ist für die Umfangslinie denkbar, wobei es hierfür mehrere Möglichkeiten gibt. Die Umfangslinie kann z.B. als unstetig differenzierbare Kurve ausgebildet sein, d.h. zumindest eine oder mehrere Eckpunkte aufweisen oder sie kann stetig und unstetig differenzierbare Kurvenbereiche aufweisen.

Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Umfangslinie der Zylinder mehrere Eckpunkte aufweist. In diesem Fall ist bevorzugt vorgesehen, dass zwei Eckpunkte durch eine Gerade miteinander verbindbar sind, welche außerhalb der Umfangslinie des Zylinders verläuft.

Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass zwei Eckpunkte durch eine Gerade miteinander verbindbar sind, welche entlang einer Kante der Umfangslinie verläuft, wobei die Gerade die Umfangslinie außerhalb der Verbindungsstrecke der Eckpunkte schneidet.

Alle diese Varianten haben gemein, dass ein Fluid, welches auf eine Anströmfläche trifft, welche die oben genannten Eigenschaften aufweist, in einem Winkel von größer als 20° umgelenkt wird.

In einer Ausführungsvariante kann der Abgaskatalysator gekennzeichnet sein durch zumindest zwei Katalysatorkammern, wobei der Abgaseinlass der zweiten Katalysatorkammer mit dem Abgasauslass der ersten Katalysatorkammer verbunden ist, wobei die Strömungsrichtung des Abgases zwischen erster Katalysatorkammer und zweiter Katalysatorkammer durch ein Umlenkelement geändert wird.

In einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die Katalysatorkammer wenigstens zwei Abschnitte aufweist, wobei der erste Abschnitt vom zweiten Abschnitt durch eine Trennwand getrennt wird. In einer solchen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass in der Trennwand die Katalysatorträgerelemente eingesetzt sind und sowohl in den ersten Abschnitt als auch in den zweiten Abschnitt reichen. Bevorzugt kann dann vorgesehen sein, dass die zwei Abschnitte gegenläufig durchströmbar sind. Auf diese Weise können die Katalysatorträgerelemente die Funktion von Wärmetauscher- und Wärmetransportelementen ausüben. Hierfür kann zwischen erstem Abschnitt und zweitem Abschnitt ein Umlenkabschnitt vorgesehen sein.

Weiters kann vorgesehen sein, dass die Katalysatorträgerelemente im Wesentlichen senkrecht zur ihrer Längsachse von durch den Abgaseinlass einströmenden Fluid umströmbar sind.

Die Katalysatorträgerelemente können in mindestens einer Katalysatorkammerwand verankert sein. Bevorzugt ist dann vorgesehen, dass sie vorzugsweise mindestens 15 und vorzugsweise maximal 50 mm in die Katalysatorkammer hinein reichen.

In einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die Katalysatorträgerelemente eine maximale Wandstärke von 2,0 mm aufweisen und benachbarte Katalysatorträgerelemente voneinander einen Mindestabstand von mindestens 0,4 mm, vorzugsweise mindestens 1,5 mm aufweisen.

Um bei Kaltphasen eine gute Katalysatorleistung zu erzielen kann weiters eine Beheizungseinrichtung vorgesehen sein. Mit der Beheizungseinrichtung ist bevorzugt vorgesehen, dass zumindest ein Teil der Katalysatorträgerelemente beheizbar ist.

In einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass im Bereich des Abgaseinlasses eine Strömungsleiteinrichtung vorgesehen ist, die aus teildurchlässigen, vorzugsweise im

Wesentlichen planparallelen Wänden besteht, durch die mindestens zwei zueinander gegenläufige Querströmungen erzeugbar sind. Über diese teildurchlässigen Wände erfolgt eine Fluiddurchmischung.

In der mindestens einen Katalysatorkammer sind die Katalysatorträgerelemente bevorzugt in der Art und Weise angeordnet sind, dass die Katalysatorträgerelemente von zwei gegenüberliegenden Katalysatorkammerwänden ausgehen und jeweils etwa in die Kammermitte hineinreichen. Dabei können die Katalysatorträgerelemente derart ausgebildet sein, dass sich in jeder Katalysatorkammerwand eine bevorzugte Querströmung ausbildet.

Ein weiterer Aspekt des erfindungsgemäßen Abgaskatalysators besteht darin, dass es damit technisch möglich wird, die Katalysatorträgerelemente mit zwei oder mehr unterschiedlichen Beschichtungen oder zwei oder mehr unterschiedlichen Edelmetall-Dotierungen oder zwei oder mehr unterschiedlichen Geometrien zu versehen. Dies kann auf die Art und Weise erfolgen, dass ein Teil der Katalysatorträgerelemente von einer Grundplatte ausgehen bzw. dort verankert sind und der andere Teil von der gegenüberliegenden Grundplatte. Die Katalysatorträgerelemente reichen von der einen jeweils bis zu anderen Grundplatte und können dabei so gestaffelt bzw. ineinander verschachtelt sein, dass zum Beispiel in Strömungsrichtung einem Katalysatorträgerelement von der einen Grundplatte mit der Geometrie A, der Beschichtung B und der Edelmetalldotierung C ein Katalysatorträgerelement von der gegenüberliegenden Grundplatte folgt, mit der Geometrie A', der Beschichtung B', und der Edelmetalldotierung C'. Der Abgaskatalysator besteht dabei aus zwei Grundplatten mit den jeweiligen Katalysatorträgerelementen, die in einem jeweils eigenen Herstellprozess erzeugt werden und die in beschriebener Weise zu einer Katalysatorkammer zusammengefügt werden. Mit diesem Konzept kann beispielsweise eine „Opferschicht“ in den Strömungspfad integriert werden, bei der bestimmte Katalysatorgifte oder Verunreinigungen durch Absorptionsschichten „abgefangen“ werden. Folglich kann vorgesehen sein, dass der Abgaskatalysator gekennzeichnet ist durch zumindest zwei unterschiedliche Katalysatorträgerelemente in der Katalysatorkammer, welche sich hinsichtlich ihrer Geometrie (A, A') und/oder ihrer Beschichtung (B, B') und/oder ihrer Edelmetalldotierung (C, C') unterscheiden.

Die Erfindung betrifft neben dem Abgaskatalysator auch ein Katalysatorträgerelement mit Katalysatormaterial. Dabei kann auf die obigen Merkmale verwiesen werden, um nicht alle Merkmale unnötig zu wiederholen.

Das Katalysatorträgerelement ist bevorzugt als Zylinder ausgebildet, wobei für die Form des Zylinders das bereits Gesagte gilt.

Das Katalysatorträgerelement weist bevorzugt eine Wärmeleitzahl von $> 50 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ auf.

Die Katalysatorträgerelemente können ein keramisches Material umfassen. Das Katalysatormaterial kann ein Edelmetall umfassen.

Hergestellt werden kann ein solches Katalysatorträgerelement z.B. durch Lasersintern oder dreidimensionalen Druck, sodass die Erfindung weiters ein Verfahren zur Herstellung eines Katalysatorträgerelements der vorgenannten Art durch Lasersintern oder dreidimensionales Drucken betrifft.

Weitere Vorteile und Details der Erfindung werden nachfolgend anhand von Figuren und der Figurenbeschreibung erläutert.

- Fig. 1 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einer Katalysatorkammer.
- Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt einer Schnittdarstellung entlang I-I der Fig. 1.
- Fig. 3a, 3b zeigt eine Ausführungsvariante für ein Katalysatorträgerelement.
- Fig. 4a – 4d zeigt Ausführungsvarianten für Katalysatorträgerelemente.
- Fig. 5 zeigt einen Abgaskatalysator mit einer Katalysatorkammer.
- Fig. 6 zeigt einen Abgaskatalysator mit mehreren Katalysatorkammern.
- Fig. 7 zeigt eine Detailansicht im Einlassbereich eines Abgaskatalysators.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines Abgaskatalysators umfassend eine Katalysatorkammer 1, einen nicht näher gezeigten Abgaseinlass 21 (links in der Bildebene), einen ebenfalls nicht näher gezeigten Abgasauslass 22 (rechts in der Bildebene) und einen Katalysatorträger, welcher ein Katalysatormaterial aufweist, wobei der Katalysatorträger zwischen Abgaseinlass 21 und Abgasauslass 22 angeordnet ist, und mehreren Katalysatorträgerelemente 3 aufweist. Diese Katalysatorträgerelemente 3 sind in der Katalysatorkammerwand 2 verankert. Dazu gehen die Katalysatorträgerelemente 3 von einer oberen bzw. einer unteren Katalysatorkammerwand aus und reichen in die vom Fluid (z.B. dem Abgas) durchströmte Katalysatorkammer 1 hinein.

Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch die Katalysatorkammer 1 senkrecht zu Längsachse der Katalysatorträgerelemente 3 der Fig. 1. Die Begrenzungswand 4 ist eine seitliche Außenwand der Katalysatorkammer 1. In dieser Fig. 2 ist ein Profil sowie eine mögliche Anordnung der Katalysatorträgerelemente 3 innerhalb der Katalysatorkammer 1 dargestellt. Das Profil der Katalysatorträgerelemente 3 bzw. deren Kontur ist vorteilhafter Weise so gestaltet, dass sich eine möglichst große Oberfläche pro Raumeinheit bei zugleich möglichst geringem Strömungswiderstand ergibt. Weiters soll dabei eine ausreichend hohe Struktursteifigkeit sowie eine möglichst gute Wärmeleitung und hohe Wärmekapazität gewährleistet sein. Fig.

3a und 3b zeigen ein Katalysatorträgerelement 3 von Fig. 1 und Fig. 2 im Schrägriss (Fig. 3a) und in Draufsicht (Fig. 3b). Neben dem in Fig. 2 und Fig. 3 veranschaulichten Beispiel sind auch weitere Grundliniengeometrien und Anordnungen für die Katalysatorträgerelemente zur Zweckerfüllung möglich. In den Fig. 4a, 4b, 4c und 4d sind weitere Beispiele dafür gezeigt.

Wie bereits angeführt, sind für die optimale Funktion des Abgaskatalysators eine möglichst gut ausgebildete Mikroturbulenz und eine hohe Fluid-Durchmischung pro Raumeinheit vorteilhaft. Insgesamt können diese Anforderungen durch die vorgeschlagene Bauweise erreicht werden.

Die Katalysatorträgerelemente 3 weisen eine Anströmfläche 3a für das Abgas auf, wobei die Anströmfläche 3a von der Seite des Abgaseinlasses 21 derart ausgebildet ist, dass auf die Anströmfläche 3a anströmendes Gas im Wesentlichen vollständig auf die Anströmfläche 3a eines weiteren Katalysatorträgerelements 3 umgelenkt wird. Dies gilt für die Ausführungsbeispiele der Fig. 3b und Fig. 4a bis 4d gleichermaßen, sodass diese gemeinsam beschrieben werden.

Die Katalysatorträgerelemente 3 der Fig. 3b, 4a, 4b, 4c und 4d sind als Zylinder ausgebildet, und zwar als gerade Zylinder. Die Umfangslinie der Zylinder in den Fig. 3a und 4a weist zumindest eine konkave Krümmung auf. Die gezeigten Ausführungsbeispiele weisen eine Umfangslinie der Zylinder mit mehreren Eckpunkten 23 auf. In Fig. 3a, aber auch in den übrigen Ausführungsbeispielen, sind zwei Eckpunkte 23 durch eine Gerade g miteinander verbindbar, welche außerhalb der Umfangslinie des Zylinders verläuft.

In den Beispielen der Fig. 4b to 4d sind zwei Eckpunkte 23 durch eine Gerade g miteinander verbindbar, welche entlang einer Kante der Umfangslinie verläuft, wobei die Gerade g die Umfangslinie außerhalb der Verbindungsstrecke der Eckpunkte 23 schneidet.

Die Katalysatorträgerelemente sind mit einem Katalysatormaterial, dem Washcoat beschichtet, in dem katalytisch aktiven Edelmetallpartikel eingelagert sind. Besonders günstig erweist sich dieses Konzept hinsichtlich der zu erreichenden Kriterien, wenn die Länge L der Katalysatorträgerelemente (in Achsrichtung) vorzugsweise in einem Bereich zwischen 25 und 100 mm und die Breite B, das ist die Ausdehnung der Katalysatorträgerelemente in Strömungsrichtung in einem Bereich zwischen 7 und 15 mm liegt. Für eine optimale Funktion und Leistungsfähigkeit des Abgaskatalysators ist dabei das Verhältnis des Umfanges (U) der Trägerelemente (= Länge der Grundlinie) zur Fläche (F) des Schnittbildes senkrecht zur Zylinderachse ein Maß. Als sehr vorteilhaft hat es sich dabei erwiesen, wenn für dieses Verhältnis (U/F) ein Wert zwischen 1,5 und 5 (1/mm) gewählt wird.

Fig. 3a und 3b zeigen ein Beispiel für ein einzelnes Katalysatorträgerelement 3 in vergrößerter räumlicher Darstellung. Die Katalysatorträgerelemente 3 sind im Wesentlichen zylindrische Körper mit einer speziellen Umfangslinie und Ausrichtung, die auf die konkrete Anwendung hin abgestimmt sind. Die Strömungsrichtung des Fluides (z.B. des Abgasstromes) in der dargestellten Anordnung ist, wie in der Pfeilrichtung angezeigt, von links nach rechts.

Die Gestalt und Anordnung der Katalysatorträgerelemente 3 kann, wie oben angeführt, entsprechend den konkreten Einsatzbedingungen und Anforderungen sehr unterschiedlich sein. Prinzipiell können verschiedenste Grundlinienprofile und Anordnungen in Betracht kommen.

Bei allen gezeigten Varianten sind die Katalysatorträgerelemente 3 so gestaltet, dass eine möglichst große spezifische Oberfläche bei gleichzeitig geringem spezifischem Strömungswiderstand für das Fluid erreicht wird.

Dazu sind folgende Merkmale funktionstechnisch vorteilhaft:

- eine sehr hohe Anzahl von Strömungsumlenkungen und lokalen Vermischungsstellen,
- eine sehr hohe Anzahl von angeströmten Kanten
- eine Wandstärke der Trägerelemente zwischen 0,3 und 0,4 mm (an der schmalsten Stelle) und 1,2 - 2 mm an der breitesten Stelle.

Der Fluidstrom wird dadurch beim Durchströmen der Katalysatorkammer ständig neu ausgerichtet und durchmischt, sodass ein intensiver Stoffaustausch quer zur Strömungsrichtung erfolgt. An den Washcoat-beschichteten Oberflächen der Katalysatorträgerelemente bilden sich Mikroturbulenzen aus und die Bereiche der katalytisch aktiven Zentren werden intensiv gespült. Dadurch wird eine sehr hohe Reaktivität erzielt, die das etwas geringere Verhältnis der gesamten Katalysatorträgerelementoberfläche zum gesamten Katalysatorvolumen im Vergleich zu den herkömmlichen Katalysatorträger-Konzepten mehr als kompensieren kann.

Der etwas höhere Materialeinsatz für den Katalysatorträgerelemente und die erzwungene Umlenkung und Turbulenz-Erzeugung sind bei dem vorgeschlagenen Abgaskatalysatorkonzept hinsichtlich Katalysatorgewicht, Trägermaterialaufwand und Gewicht sowie bezüglich des spezifischen Strömungswiderstandes grundsätzlich nachteilig.

Dies wird jedoch bewusst in Kauf genommen, da die Vorteile des Konzeptes bei weitem überwiegen:

Das Katalysatorgewicht an sich, sowie das Katalysatorvolumen ist in vielen Anwendungsfällen, insbesondere bei Stationäranlagen, nicht von grundlegender Wichtigkeit und der etwas höhere Strömungswiderstand kann durch eine moderate Vergrößerung der Katalysatorabmessungen quer zur Strömungsrichtung kompensiert werden.

Die Katalysatorkosten bestimmen sich zu mehr als 60 – 70 % aus der Menge und dem Preis der eingesetzten Edelmetalle. Beim vorgeschlagenen Konzept kann aufgrund der wesentlich höheren Reaktivität der Oberfläche deutlich weniger Edelmetall für gleiche Umsatzrate des Katalysators eingesetzt werden. Versuche haben gezeigt, dass weniger als die Hälfte an Edelmetall ausreichen, um die gleichen Umsatzzraten wie bei konventionellen Katalysatorkonzepten zu erzielen.

Darüber hinaus ist die gegenüber den Wabenkatalysatorträgern auf Metallfolienbasis größere Wandstärke der Katalysatorträgerelemente jedoch wichtig, um die erforderliche Wärmespeicherkapazität sowie die Wärme-Zu- bzw. Ableitung zu gewährleisten.

Bei den konventionellen bzw. herkömmlichen Katalysatorkonzepten ist es erklärtes Ziel, die Wärmespeicherkapazität des Katalysatorträgers möglichst gering zu halten. Dies hat den Zweck, bei Kaltstart des Motors oder der Anlage möglichst rasch die „Light Off“-Temperatur des Abgaskatalysators bei Kaltstart der Verbrennungskraftmaschine zu erreichen. Es lässt sich jedoch auch bei sehr geringer Wärmekapazität der Katalysatorträgerelemente nicht vermeiden, dass es einige Zeit benötigt, bis die Reaktionstemperatur im Katalysator erreicht wird und die Emissionslimits in der Folge eingehalten werden. Der geringe Abgasmassenstrom bei Start, Leerlauf und geringer Teillast, wird durch die anfangs kalten Wandtemperaturen des Motors und der Abgasleitungen stark abgekühlt, bzw. benötigt relativ viel Zeit, das Abgassystem so zu erhitzen, dass die für die Reaktion im Abgaskatalysator erforderlichen Temperaturen von 400 – 550 °C erreicht werden.

Zur Vermeidung dieses müsste das komplette Abgassystem aufwändig beheizt werden, da durch die dünnwandige Wabenstruktur des Abgaskatalysators die Wärmeleitung und das Wärmespeichervermögen relativ gering ist und das in den Katalysator strömende kühle Abgas die vorgeheizte Trägerstruktur rasch abkühlt. Der Katalysator müsste auf sehr hohe Temperaturen aufgeheizt werden, um Kaltphasen zu überstehen. Bei hohen Temperaturen (z.B. > 650 °C) erleidet der Katalysator jedoch eine irreversible thermische Schädigung.

Erfindungsgemäß wird demgegenüber vorgeschlagen, einen Teil der Verankerungsplatten für die Katalysatorträgerelemente zu beheizen. Die Katalysatorträgerelemente leiten aufgrund ihres hohen Wärmeleitungsvermögens die Wärmeenergie in das Innere der Katalysatorkammer und gewährleisten die gewünschte Temperatur am Washcoat. Durch die

gleichzeitig hohe Wärmekapazität dieser Katalysatorträgerelemente kann dann über kurze Zeiträume auch unterkühltes Abgas auf die Reaktionstemperatur erwärmt werden und so beispielsweise einen schadstofffreien Kaltstart ermöglichen.

Ein anderer, ebenfalls sehr wichtiger Grund, eine hohe Wärmekapazität des Katalysatorträgers anzustreben, besteht darin, thermische Überbeanspruchungen bzw. lokale oder globale thermische Zerstörungen bei Oxidationskatalysatoren zu vermeiden. Oxidationskatalysatoren sollen möglichst hohe Umsatzraten für die unverbrannten Kohlenwasserstoffe aufweisen. Wie an früherer Stelle bereits angeführt, führt die bei der Oxidation von Kohlenwasserstoffen freiwerdende Enthalpie zu einem Anstieg der Temperatur im Katalysator.

Bei der Anwendung von Katalysatoren zur Oxidation von Methan sind Abgastemperaturen von mindestens ca. 550 °C erforderlich. Oberhalb von etwa 650 °C treten jedoch bereits thermische Schädigungen auf, sodass in diesen Fällen nur ein relativ schmales erlaubtes „Temperaturfenster“ vorliegt. Wenn beispielsweise aufgrund von Zündungsproblemen oder bestimmten Betriebsstörungen des Motors kurzzeitig hohe Konzentrationen von unverbrannten Treibstoffkomponenten in den Katalysator gelangen, wird dieses dort unter hoher Wärmefreisetzung aufoxidiert. Bei geringem Wärmespeichervermögen des Katalysators, kann die daraus resultierende Temperaturerhöhung zum Verlassen des erlaubten Temperaturfensters und damit zur thermischen Schädigung des Katalysators führen.

Zusammenfassend ist es also für bestimmte Anwendungsfälle durchaus erstrebenswert, ein gegenüber dem allgemein praktizierten Stand der Technik wesentlich höheres Wärmespeichervermögen des Katalysatorträgers vorzusehen.

Neben dem Wärmespeichervermögen ist auch ein gutes Wärmeleitungsvermögen der Trägermatrix erstrebenswert.

Ein wesentlicher Grund für die vorgeschlagene Bauweise des Katalysatorträgers in der beschriebenen Art und Weise besteht darin, dass damit ein guter Wärmeaustausch zwischen den katalytisch wirksamen Oberflächenbereichen der Trägerelemente und den Verankerungsplatten erreicht werden kann, sodass bei Beheizung der Verankerungsplatten sichergestellt ist, dass die Wärme rasch und gleichförmig zur aktiven Oberfläche gelangt.

Dazu ist der Katalysatorträger konstruktiv so gestaltet, dass er in der bereits beschriebenen Art und Weise aus einzelnen Katalysatorträgerelemente zusammengesetzt ist, wobei die Elemente säulenartig in einer Grundplatte verankert sind und von dieser im Wesentlichen senkrecht in den durchströmten Katalysatorraum hineinreichen. Die maximale Distanz von

der Grundplatte zu den stirnseitigen Endflächen der Trägerelemente bewegt sich dabei bevorzugt in einem Bereich zwischen 15 und max. 100 mm, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 30 und 50 mm. Dadurch ergibt sich ein guter Kompromiss zwischen minimaler Weglänge für den Wärmetransport und möglichst großem Abstand zwischen zwei Grundplatten.

In Fig. 5 ist dazu eine Vorrichtung dargestellt, mit der eine Beheizung bzw. eine Temperaturregelung der Oberfläche im Inneren des Katalysators wirkungsvoll erreicht werden kann. Der Abgaskatalysator besteht hier aus zwei Katalysatorkammern 5a, 5b, die in Gegenrichtung durchströmt werden, und die in der Art und Weise miteinander verbunden sind, dass von der mittleren Trennwand 6 die katalytisch beschichteten Trägerelemente 3 in beide Katalysatorkammern 5a, 5b hinein reichen, bzw. die Trägerelemente 3 durch die mittlere Trennwand 6 hindurchreichen. Am rechtseitigen Ende 7 sind die Katalysatorkammern 5a, 5b miteinander verbunden, sodass hier eine Umlenkung der Strömung in die Gegenrichtung und durch die obere Kammer zum linksseitigen Ende hin erfolgt.

Der Abgaskatalysator weist also zwei Katalysatorkammern 5a, 5b auf, wobei der Abgaseinlass 21 der zweiten Katalysatorkammer 5b mit dem Abgasauslass 22 der ersten Katalysatorkammer 5a verbunden ist, wobei die Strömungsrichtung des Abgases zwischen erster Katalysatorkammer 5a und zweiter Katalysatorkammer 5b durch das rückseitige Ende, welches ein Umlenkelement 7 bildet, geändert wird.

Die Katalysatorträgerelemente 3 sind im Wesentlichen senkrecht zur ihrer Längsachse von durch den Abgaseinlass 21 einströmenden Fluid umströmbar.

Die Katalysatorträgerelemente 3 sind in mindestens einer Katalysatorkammerwand 4 verankert und reichen von vorzugsweise mindestens 15 und vorzugsweise maximal 50 mm in die Katalysatorkammer 1 hinein.

Sämtliche der gezeigten Katalysatorträgerelemente 3 weisen eine strömungsgünstige Kontur auf, wobei deren Ausdehnung in Strömungsrichtung zumindest 5 mm und maximal 15 mm beträgt.

Fig. 5 zeigt weiters eine Beheizungseinrichtung 8, mit welcher zumindest ein Teil und Abschnitt der Katalysatorträgerelemente 3 beheizbar ist.

Ein Teilbereich der Verankerungsplatten für die Trägerelemente ist mit einer Beheizungseinrichtung (8), beispielsweise mit einer elektrischen Widerstandsheizung versehen.

Auf diese Weise stehen die Kammern über die Trägerelemente im Wärmeaustausch miteinander, wodurch ein Temperatúrausgleich zwischen den Kammern erfolgt. Damit kann beispielsweise für jene Anwendungsfälle, wo die Abgastemperatur für die katalytische Reaktion zu niedrig ist und durch eine Beheizungseinrichtung angehoben werden muss, die Heizleistung dadurch stark reduziert werden, dass das in den Abgaskatalysator einströmende Gas durch das abströmende in Temperatúrausgleich gebracht wird. Die Beheizungsvorrichtung wird vorzugsweise in der hinteren Hälfte des Katalysators integriert, wo das Abgas von der Hinströmung zur Rückströmung wechselt.

Die in den Fig. 1 und 5 gezeigte Anordnung kann auch als kleinste Einheit eines Stapels von übereinandergeschichteten Gegenstrom-Katalysatoren gesehen werden, sodass auf Basis dieses Konzeptes auch große Katalysatorblöcke realisiert werden können.

In Fig. 6 ist eine derartige Stapelung beispielhaft dargestellt.

Fig. 7. zeigt, dass im Bereich des Abgaseinlasses 21 eine Strömungsleiteinrichtung 13 vorgesehen ist, die aus teildurchlässigen, vorzugsweise im Wesentlichen planparallelen Wänden besteht, durch die mindestens zwei zueinander gegenläufige Querströmungen erzeugbar sind.

Patentansprüche

1. Abgaskatalysator, umfassend
eine Katalysatorkammer (1),
einen Abgaseinlass (21),
einen Abgasauslass (22),
einen Katalysatorträger, welcher ein Katalysatormaterial aufweist, wobei der Katalysatorträger zwischen Abgaseinlass (21) und Abgasauslass (22) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysatorträger aus mehreren Katalysatorträgerelementen (3) gebildet wird.
2. Abgaskatalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Katalysatorträgerelemente (3) eine Anströmfläche (3a) für das Abgas aufweisen, wobei die Anströmfläche (3a) von der Seite des Abgaseinlasses (21) derart ausgebildet ist, dass auf die Anströmfläche (3a) anströmendes Gas im Wesentlichen vollständig auf die Anströmfläche (3a) eines weiteren Katalysatorträgerelementes (3) umgelenkt wird.
3. Abgaskatalysator nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Katalysatorträgerelemente (3) als Zylinder ausgebildet sind.
4. Abgaskatalysator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Umfangslinie der Zylinder zumindest eine konkave Krümmung aufweist.
5. Abgaskatalysator nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Umfangslinie der Zylinder mehrere Eckpunkte (23) aufweist.
6. Abgaskatalysator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Eckpunkte (23) durch eine Gerade (g) miteinander verbindbar sind, welche außerhalb der Umfangslinie des Zylinders verläuft.
7. Abgaskatalysator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Eckpunkte (23) durch eine Gerade (g) miteinander verbindbar sind, welche entlang einer Kante der Umfangslinie verläuft, wobei die Gerade (g) die Umfangslinie außerhalb der Verbindungsstrecke der Eckpunkte (23) schneidet.
8. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch zumindest zwei Katalysatorkammern (5a, 5b), wobei der Abgaseinlass (21) der zweiten Katalysatorkammer (5b) mit dem Abgasauslass (22) der ersten Katalysatorkammer (5a)

verbunden ist, wobei die Strömungsrichtung des Abgases zwischen erster Katalysatorkammer (5a) und zweiter Katalysatorkammer (5b) durch ein Umlenkelement (24) geändert wird.

9. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Katalysatorkammer (1) wenigstens zwei Abschnitte (1A, 1B) aufweist, wobei der erste Abschnitt (1A) vom zweiten Abschnitt (1B) durch eine Trennwand (6) getrennt wird.

10. Abgaskatalysator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in der Trennwand (6) die Katalysatorträgerelemente (3) eingesetzt sind und sowohl in den ersten Abschnitt (1A) als auch in den zweiten Abschnitt (1B) reichen.

11. Abgaskatalysator nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Abschnitte (1A, 1B) gegenläufig durchströmbar sind.

12. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Katalysatorträgerelemente (3) im Wesentlichen senkrecht zur ihrer Längsachse von durch den Abgaseinlass (21) einströmenden Fluid umströmbar sind.

13. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Katalysatorträgerelemente (3) in mindestens einer Katalysatorkammerwand (4) verankert sind und von vorzugsweise mindestens 15 und vorzugsweise maximal 50 mm in die Katalysatorkammer (1) hinein reichen.

14. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Katalysatorträgerelemente (3) eine maximale Wandstärke von 2,0 mm aufweisen und benachbarte Katalysatorträgerelemente (3) voneinander einen Mindestabstand von mindestens 0,4 mm, vorzugsweise mindestens 1,5 aufweisen.

15. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Katalysatorträgerelemente (3) eine strömungsgünstige Kontur aufweisen, wobei deren Ausdehnung in Strömungsrichtung zumindest 5 mm und maximal 15 mm beträgt.

16. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Beheizungseinrichtung (8) vorgesehen ist, mit welcher zumindest ein Teil und/oder Abschnitt der Katalysatorträgerelemente (3) beheizbar ist.

17. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Abgaseinlasses (21) eine Strömungsleiteinrichtung (13) vorgesehen ist, die

aus teildurchlässigen, vorzugsweise im Wesentlichen planparallelen Wänden besteht, durch die mindestens zwei zueinander gegenläufige Querströmungen erzeugbar sind.

18. Abgaskatalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 17 gekennzeichnet durch zumindest zwei unterschiedliche Katalysatorträgerelemente (3) in der Katalysatorkammer (1), welche sich hinsichtlich ihrer Geometrie (A A') und/oder ihrer Beschichtung (B, B') und/oder ihrer Edelmetalldotierung (C, C') unterscheiden.

19. Katalysatorträgerelement mit Katalysatormaterial, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatorträgerelement als Zylinder ausgebildet ist.

20. Katalysatorträgerelement nach Anspruch 19 gekennzeichnet durch eine Wärmeleitfähigkeit von $> 50 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

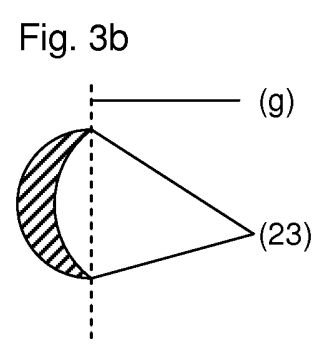
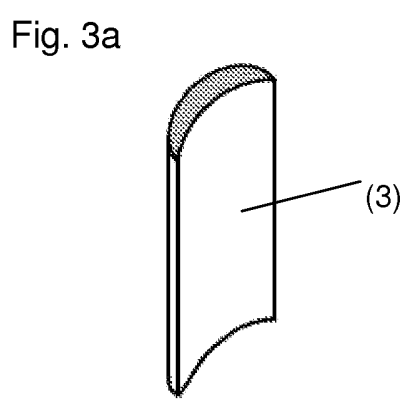
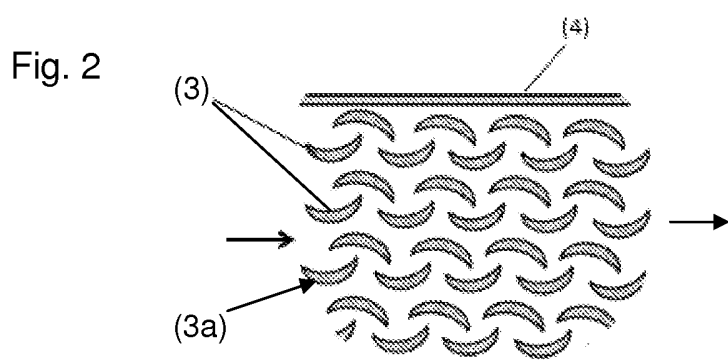
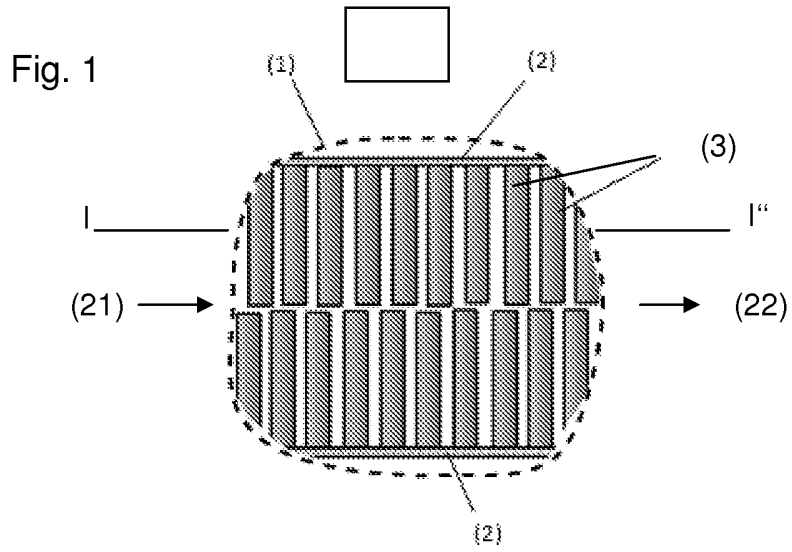


Fig. 4a

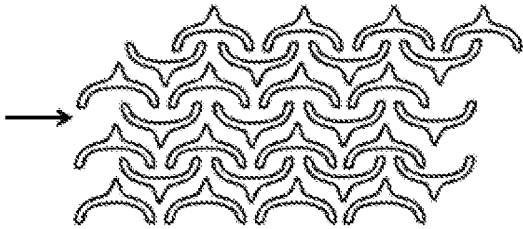


Fig. 4b



Fig. 4c

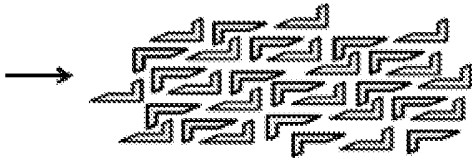


Fig. 4d

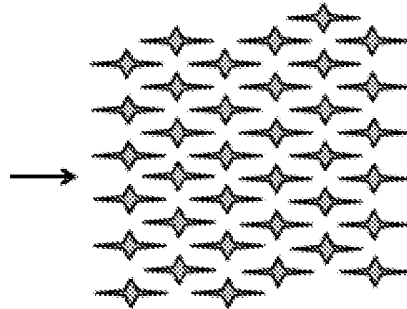


Fig. 5

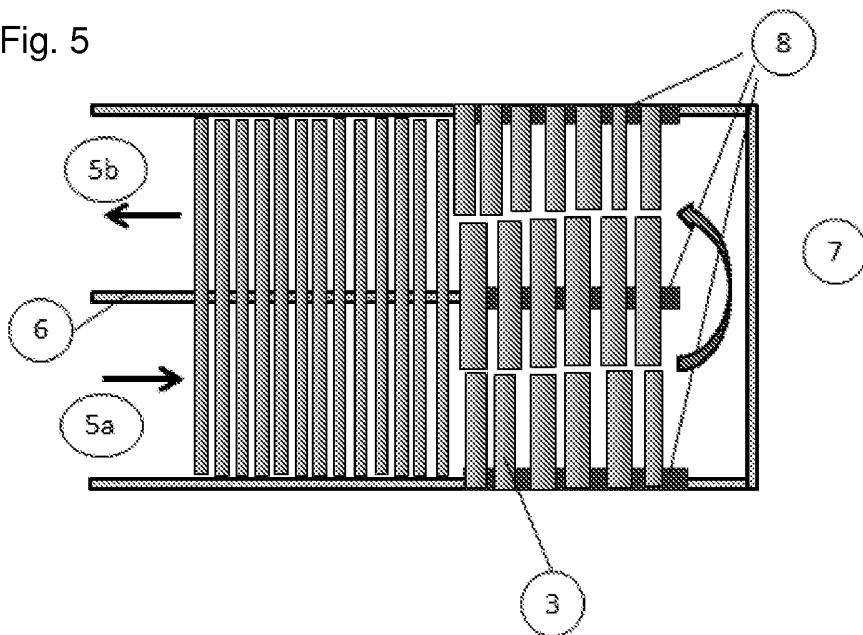


Fig. 6

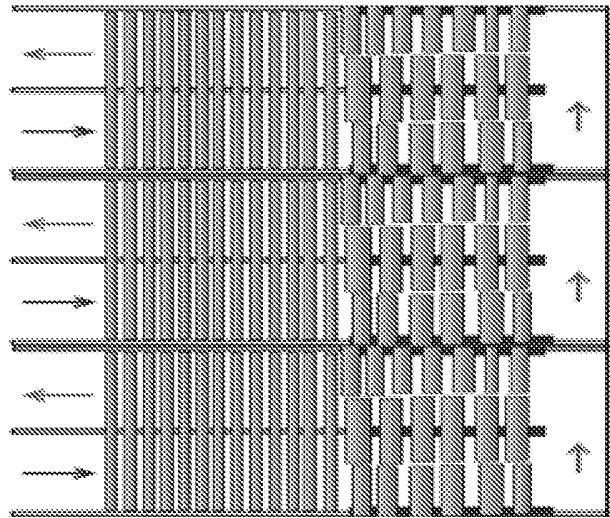
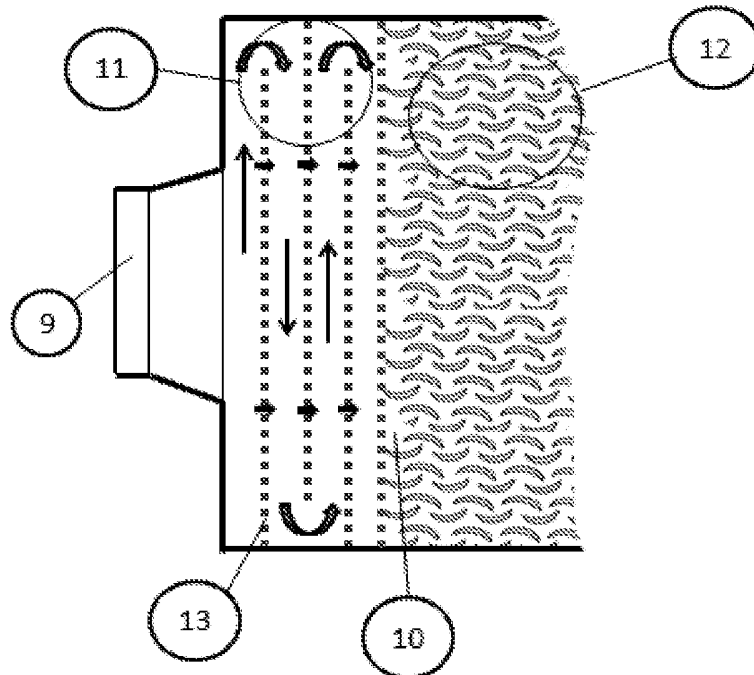


Fig. 7



Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: F01N 3/28 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: F01N 3/2821 (2013.01)
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F01N
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, TXTnn
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 19.12.2013 eingereichten Ansprüchen 1-20 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 3045422 A (HOUDRY) 24. Juli 1962 (24.07.1962) Abstract; Fig. 1, 2, 3; Spalte 3, Zeile 30 bis Spalte 4, Zeile 54	1-3, 12-16, 19, 20
Y		4-6
X	JP S60169618 A (HITACHI LTD) 03. September 1985 (03.09.1985) Abstract; Fig. 4	1, 12-15
Y		4-6
X	DE 19922355 A1 (SWARS HELMUT) 23. November 2000 (23.11.2000) Abstract; Fig. 15; Spalten 6-10	1, 2, 14, 18
X	US 5209062 A (VOLLENWEIDER JAKOB) 11. Mai 1993 (11.05.1993) Abstract; Fig. 8; Anspruch 1	1, 2
X	GB 2353738 A (BABIC BRANKO RICHARD) 07. März 2001 (07.03.2001) gesamtes Dokument	1, 2, 8-14, 16, 18

Datum der Beendigung der Recherche: 22.09.2014	Seite 1 von 1	Prüfer(in): RODLAUER Gerhard
---	---------------	---------------------------------

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.
---	---