



(10) **DE 10 2016 223 561 A1** 2017.07.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 223 561.3**

(22) Anmeldetag: **28.11.2016**

(43) Offenlegungstag: **27.07.2017**

(51) Int Cl.: **C25D 17/12 (2006.01)**

C25D 11/04 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2016 200 934.6 22.01.2016

(71) Anmelder:

**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

(72) Erfinder:

**Verpoort, Clemens Maria, 40789 Monheim, DE;
Beauvir, Jacques, Damgan, FR; Kuhlbach, Kai,
51427 Bergisch Gladbach, DE; Tjong, Jimi,
Kingsville, CA; Weber, Glen, Northville, Mich., US**

(74) Vertreter:

Dörfler, Thomas, Dr.-Ing., 50735 Köln, DE

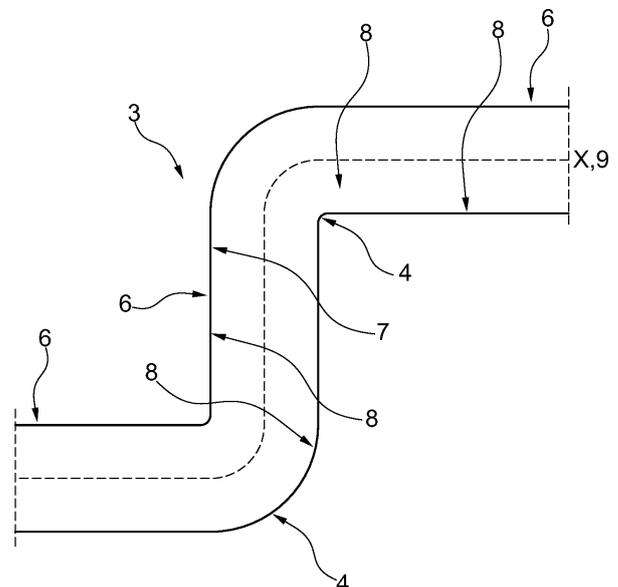
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen einer Schutzbeschichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen einer Schutzschicht an einem Innenwandbereich (8) eines Abgaskanals (3) eines Zylinderkopfs mit integrierten Abgaskrümmern wobei der Abgaskanal (3) an einem Auslass des Zylinders des Verbrennungsmotors beginnt und an einem zentralen Abgassammler (2) endet. Die Schutzschicht wird als Wärmeschutzbeschichtung mittels Plasma Elektrolytischer Oxidation aufgebracht, indem ein Elektrolyt in dem Abgaskanal (3) angeordnet oder durch den Abgaskanal (3) geleitet wird, die Innenwand des Abgaskanals (3) eine Elektrode bildet und eine Gegenelektrode (9) in den Abgaskanal (3) eingeführt wird, wobei ein stets gleichbleibender Abstand der Gegenelektrode (9) zum zu beschichtenden Innenwandbereich (8) eingehalten wird, indem an der Gegenelektrode (9) angeordnete Abstandselemente (11, 12) in ihrer radialen Erstreckung an die Ausgestaltung des zu beschichtenden Innenwandbereiches (8) angepasst ausgeführt sind.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung, die sich zur Durchführung des Verfahrens eignet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen einer Schutzschicht an einem Innenwandbereich eines Abgaskanals eines Zylinderkopfs mit integrierter Abgaskrümmer wobei der Abgaskanal an einem Auslass des Zylinders des Verbrennungsmotors beginnt und an einem zentralen Abgassammler endet. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Erzeugen einer Schutzschicht an dem Innenwandbereich eines Abgaskanals eines Zylinderkopfs mit integrierter Abgaskrümmer.

[0002] Verbrennungsmotoren können im Zylinderkopf integrierte Abgaskrümmer (IEM = Integrated Exhaust Gas Manifold) aufweisen. Dieser weist eine Vielzahl von Abgaskanälen der jeweiligen Zylinder auf, welche in einem einzigen Bauteil zusammengefasst sind. Die in dem integrierten Abgaskrümmer angeordneten Abgaskanäle beginnen an dem Auslass des jeweiligen Zylinders und enden an einem zentralen Abgassammler, welcher mit der Abgasleitung in Verbindung steht. In der Abgasleitung können Abgasnachbehandlungsanlagen, wie Katalysatoren und/oder Partikelfilter angeordnet sein. Die jeweiligen Abgaskanäle des integrierten Abgaskrümmers können sehr kompliziert geformt sein und auch Biegungen in jede Richtung entlang ihres Verlaufes in Richtung zu dem zentralen Abgassammler aufweisen. Die Zylinderköpfe mit dem integrierten Abgaskrümmer können aus Leichtmetall, also z.B. aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen hergestellt, also beispielsweise gegossen sein. Durch das Zusammenfassen der jeweiligen Abgaskanäle in einem einzigen Bauteil ergeben sich ersichtlich viele Vorteile, wobei jedoch hinsichtlich der Kühlung zusätzlich Maßnahmen erforderlich sind. Durch den erhöhten Wärmeintrag bedarf der integrierte Abgaskrümmer auch leistungsfähige Wärmetauscher. Solche Wärmetauscher sind bei den geringen und beengten Bauraumverhältnissen im Motorraum jedoch begrenzt montierbar, wobei zusätzlich Wärmetauscher zudem sehr kostenintensiv sind. Aufgrund der komplizierten Ausgestaltung der jeweiligen Abgaskanäle mit ihrem zuweilen gebogenen Verlauf in Richtung zum zentralen Abgassammler ist es ersichtlich quasi nicht möglich eine hinreichende Schutzbeschichtung an den Innenflächen zu erzeugen.

[0003] Die US 6,103,076 B1 beschäftigt sich mit dem Elektroplattieren, also mit der Galvanisierung von Oberflächen. Das zu beschichtende Bauteil ist in ein elektrolytisches Beschichtungsbad eingebracht, in welcher zwei Anoden angeordnet sind, wobei das zu beschichtende Bauteil als Kathode geschaltet ist. Der Galvanisierungsprozess ist allgemein bekannt. Dabei stellt sich bei rohrförmigen Bauteilen das Problem, die Beschichtung auch auf den Innenwandbereich mittels dem Elektroplattieren aufzubringen. Deshalb ist eine Hilfselektrode vorgesehen, welche in

dem Inneren des zu beschichtenden Bauteils angeordnet ist, wenn sich dieses in dem elektrolytischen Beschichtungsbad befindet. Die Beschichtungsflüssigkeit gelangt natürlich in das Innere des zu beschichtenden Bauteils. Die Hilfselektrode ist dabei als Anode geschaltet, so dass ein Elektroplattieren auch der Innenseite des rohrförmigen Körpers gestaltet werden kann. Der rohrförmige Körper kann aber auch an einigen Stellen gebogen verlaufend ausgeführt sein. Dabei besteht das Problem, dass die als Anode geschaltete Hilfselektrode in Kontakt mit dem als Kathode geschalteten, zu beschichtenden Bauteil kommt, so dass eine Galvanisierung aufgrund des Kurzschlusses nicht mehr möglich ist. Um dem entgegenzutreten, schlägt die US 6,103,076 B1 vor, dass nicht leitende Isolationselemente an der Hilfselektrode angeordnet werden. So ist die Hilfselektrode auch in den gebogen verlaufenden Abschnitten mittels der Isolationselemente stets zu der Innenwand beabstandet, so dass ein Kontakt der Hilfselektrode mit der zu beschichtenden Innenwand vermieden ist. In einer Ausgestaltung sind die Isolationselemente als Scheiben ausgeführt, wobei die Scheiben aus einem Kunstharz gebildet werden. In einer anderen Ausgestaltung ist das Isolationselement als Vinylmantel ausgeführt, welcher Öffnungen aufweist, so dass die Hilfselektrode nicht vollständig isoliert ist. Mit dem Vinylmantel hat die Hilfselektrode Kontakt zur Innenwand des zu beschichtenden Bauteils. In weiterer Ausgestaltung sind Spiralfedern mit einem Kunststoffmantel versehen als Isolationselement vorgesehen. Als mögliche Ausgestaltung werden auch Isolationselemente vorgestellt, welche zwei Endscheiben und eine Mittelscheibe aufweisen, welche über vier Brückenelemente miteinander verbunden sind. Die Endscheiben haben einen geringeren Durchmesser als die Mittelscheibe. Die Endscheiben, die Mittelscheiben und die Brückenelemente bestehen aus einem keramischen Material oder aus Polyurethan (PU). Trotz der Isolationselemente ist die Hilfselektrode in, vor und nach den gebogen verlaufenden Abschnitten des zu beschichtenden Bauteils nicht stets mittig in dem zu beschichtenden Bauteil angeordnet. Vielmehr ist die Hilfselektrode stets näher an dem Innenwandbereich einer Innenbiegung als an dem Innenwandbereich der Außenbiegung angeordnet.

[0004] Aus der DE 100 41 839 A1 ist ein Verfahren zum Beschichten von Bauteilen durch elektrolytisches Auftragen von Beschichtungsmittel bekannt. Als Anode wird ein zumindest teilweise flexibler Draht eingesetzt. Auf diesem sind Anodenkugeln aber auch Isolationskugeln angebracht. Die Isolationskugeln sollen einen vorgegebenen Abstand der Anode bzw. der Anodenkugeln von dem zu beschichtenden Bauteil gewährleisten. Aufgrund der Isolationskugeln wird ein Kontakt der stromführenden Anode mit der zu beschichtenden Oberfläche vermieden. Die Anode wird relativ zum Substrat mit einer Geschwindigkeit von 0,1 bis 0,2 m/s bewegt, so dass

gleichmäßige Schichten erzeugt werden können und der entstehende Wasserstoff vom Substrat entfernt werden kann. Beschichtungsmittel sind Nickel sowie Edelmetalle, wobei Verschleißschichten, Korrosionsschutzschichten oder Anti-Fouling-Schichten erzeugt werden.

[0005] Die JP 2011-219811 A befasst sich ebenfalls mit isolierten Hilfselektroden, welche in rohrförmige, gebogene Bauteile zum Elektroplattieren angeordnet werden. Auch die JP 2013-060623 A offenbart isolierte Hilfselektroden zum Elektroplattieren rohrförmiger, gebogener Bauteile. Die Isolationselemente sind in Längsrichtung der Hilfselektrode gesehen abwechselnd als abakusähnliche Gestaltungen und ummantelte Spiralfedern angeordnet. Trotz der Isolationselemente ist die Hilfselektrode in, vor und nach den gebogen verlaufenden Abschnitten des zu beschichtenden Bauteils nicht stets mittig in dem zu beschichtenden Bauteil angeordnet. Vielmehr ist die Hilfselektrode stets näher an dem Innenwandbereich einer Innenbiegung als an dem Innenwandbereich der Außenbiegung angeordnet.

[0006] In der DE 10 2011 007 424 B4 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung auf der Oberfläche eines Substrats auf Basis von Leichtmetallen durch plasmaelektrolytische Oxidation und ein beschichtetes Substrat offenbart. Das Substrat wird als eine Elektrode zusammen mit einer Gegenelektrode in eine Elektrolytflüssigkeit eingetaucht. Es wird eine ausreichend hohe Spannung zur Erzeugung von Funkenentladung an der Oberfläche des Substrats angelegt. Der Elektrolyt umfasst darin dispergierte Tonpartikel. Damit soll der Korrosionsschutz der Leichtmetallbauteile insbesondere aus Magnesium oder Magnesiumlegierungen verbessert werden.

[0007] Oberflächenveredelungen von metallischen Substraten sind also bekannt. Beispielsweise ist auch Emaille als Schutzüberzug seit langem bekannt. Bei der Emaillierung werden Gegenstände durch Tauchen oder Spritzen mit einer Emailleschicht versehen und anschließend bei einer Temperatur von 800 bis 850°C gebrannt. Emailleschichten können beispielsweise auf Stahl aufgebracht werden, können aber leicht beschädigt werden, und sind daher stoßanfällig. Zudem ist die Emaillierung sehr energieintensiv, wobei sich auch die eingebrachte Wärme in das zu beschichtende Bauteil nachteilig auf dessen ursprünglich mechanischen Materialeigenschaften auswirkt, was insbesondere bei Leichtmetallbauteilen der Fall ist. Daneben ist für Leichtmetallbauteile, also z.B. für Aluminiumbauteile das Eloxieren, also die elektrolytische Oxidation bekannt, wodurch die eloxierten Oberflächen eine große Härte aufweisen. Dabei wird, im Gegensatz zu den galvanischen Überzugsverfahren, die Schutzschicht nicht auf dem Werkstück niedergeschlagen, sondern durch Um-

wandlung der obersten Metallschicht ein Oxid bzw. Hydroxid gebildet.

[0008] Zudem ist die Plasma Elektrolytische Oxidation (PEO) von Aluminium bekannt. Daneben sind PVD- und CVD-Verfahren bekannt. Die Plasma Elektrolytische Oxidation kann Schichthärten von 2000HV erzeugen. Als Elektrolyte werden vorwiegend alkalische Silikat- oder Phosphatlösungen verwendet, wie die DE 10 2011 007 424 B4 offenbart.

[0009] In der Fahrzeugtechnik, insbesondere im Motorenbau kommen vermehrt Leichtmetalle zum Einsatz. Dabei können Bauteile einen Leichtmetallüberzug aufweisen oder vollständig aus Leichtmetall gebildet sein. Leichtmetall kann Aluminium oder Magnesium oder deren Legierungen sein.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem hinsichtlich reduziertbarer Kühlmaßnahmen ein verbesserter Zylinderkopf mit einem integrierten Abgaskrümmen bereitgestellt werden kann, wobei auch eine Vorrichtung angegeben werden soll, mit dem ein solches Verfahren durchführbar ist.

[0011] Erfindungsgemäß wird der verfahrenstechnische Aspekt durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und der vorrichtungstechnische Aspekt durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 2 gelöst.

[0012] Es ist darauf hinzuweisen, dass die in der nachfolgenden Beschreibung einzeln aufgeführten Merkmale sowie Maßnahmen in beliebiger, technisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und weitere Ausgestaltungen der Erfindung aufzeigen.

[0013] Der verfahrenstechnische Aspekt der Erfindung wird durch ein Verfahren zum Erzeugen einer Schutzschicht an dem Innenwandbereich eines Abgaskanals eines Zylinderkopfs mit integrierten Abgaskrümmen gelöst, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass die Schutzschicht als Wärmeschutzschicht mittels Plasma Elektrolytischer Oxidation aufgebracht wird, wobei ein Elektrolyt in dem Abgaskanal angeordnet oder durch den Abgaskanal geleitet wird, die Innenwand des Abgaskanals eine Elektrode bildet und eine Gegenelektrode in den Abgaskanal eingeführt wird, wobei ein stets gleichbleibender Abstand der Gegenelektrode zum zu beschichtenden Innenwandbereich eingehalten wird, indem an der Gegenelektrode angeordnete Abstandselemente in ihrer radialen Erstreckung an die Ausgestaltung des zu beschichtenden Innenwandbereiches angepasst ausgeführt sind.

[0014] Erfindungsgemäß wird die Schutzbeschichtung als Wärmeschutzbeschichtung mittels Plasma

Elektrolytischer Oxidation (PEO) erzeugt. Dazu ist der zu beschichtende Abgaskanal, also der gesamte Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmern in einem Elektrolyt angeordnet, wobei zumindest eine Gegenelektrode innerhalb des zu beschichtenden Abgaskanals angeordnet wird. Alternativ wird der Elektrolyt lediglich durch die Abgaskanäle geleitet.

[0015] Voraussetzung für die Plasma Elektrolytische Oxidation ist die Ausbildung einer Oxidschicht (Dielektrikum) in einem Elektrolyt. Die Aufrechterhaltung eines Stroms kann so zu Spannungsanstieg und Entladung führen. Es ist zumeist eine elektrische Spannung von mindestens 250V erforderlich, die eine Funkenentladung an den Oberflächen bewirkt. Dabei kommt es zu einer lokalen Plasmabildung. Die Schichten entstehen über Mikroentladungen, die das Grundmaterial und Reaktionsprodukte des Elektrolyten mit dem Leichtmetall aufschmelzen und zu einer kristallinen Keramik sintern. So kann eine Schutzschicht, insbesondere eine Wärmeschutzbeschichtung auf den zu beschichtenden Innenwandbereichen des Abgaskanals des integrierten Abgaskrümmers erzeugt werden.

[0016] Solche Wärmedämmbeschichtungen lassen sich mit wässrigen, umweltfreundlichen Elektrolyten erzeugen, wobei 1gr/l NaOH/ KOH, 6–8gr/l SiO₂ Silikat-Salz sowie 1–3gr/l Aluminat verwendet wird. Bei einer Stromdichte von 10–50Amp/dm², Spannungen von 250–1000V und Frequenzen von 100–1000Hz lassen sich ca. 100–200µm dicke Aluminium-Oxide Schichten abscheiden. Unter den angegebenen Parametern ergibt sich eine ausreichend hohe elektrische Energie, um die kleinen Plasma-Funken mit einer Temperatur ca. 8.000K zu erzeugen, die dann zu der harten Oxid-Beschichtung führen. Am Fußpunkt des auftreffenden Lichtbogens wird das Aluminium-Material aufgeschmolzen, aber entsprechend durch den umgebenden gekühlten wässrigen Elektrolyten sofort erstarrt.

[0017] Ein mit der Erfindung zudem erreichbarer, erheblicher Vorteil ist darin zu sehen, dass mit der erzeugten Schutzbeschichtung als Wärmeschutzbeschichtung weniger Wärme in das Bauteil selbst eingebracht wird, da der Beschichtungsvorgang quasi bei Raumtemperatur durchgeführt werden kann. Insofern wird das Bauteil seine physikalischen, also auch mechanischen Eigenschaften beibehalten können.

[0018] Die vorliegende Erfindung wird weiterhin durch eine Vorrichtung zum Erzeugen einer Schutzschicht an dem Innenwandbereich eines Abgaskanals eines Zylinderkopfs mit integrierten Abgaskrümmern gelöst, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass die Schutzschicht als Wärmeschutzbeschichtung mittels Plasma Elektrolytischer Oxidation eingebracht wird, wobei ein Elektrolyt in dem Abgaskanal

angeordnet oder durch den Abgaskanal geleitet wird, der Innenwandbereich des Abgaskanals eine Elektrode bildet und eine Gegenelektrode in den Abgaskanal eingeführt wird, wobei die Gegenelektrode mit in ihrer radialen Erstreckung an die Ausgestaltung des zu beschichtenden Innenwandbereiches angepassten Abstandselementen so ausgeführt ist, dass die Gegenelektrode stets mittig zu dem zu beschichtenden Innenwandbereich angeordnet ist, auch wenn die zu beschichtenden Innenwandbereiche gebogen verlaufen und/oder abmessungsveränderliche Innenwandbereiche aufweist.

[0019] Die Gegenelektrode ist vorteilhaft flexibel ausgeführt und auch aufgrund der erfindungsgemäß ausgeführten Abstandselemente in der Lage der Form der zu beschichtenden Innenflächen bzw. Innenwandbereiche zu folgen, was bedeutet, dass die Gegenelektrode stets mittig zu dem zu beschichtenden Innenwandbereich, also im Wesentlichen im gleichen Abstand zu jedem Innenumfangsort auch in, vor und nach gebogenen Innenwandbereichen und/oder abmessungsveränderten Abschnitten angeordnet ist. So ist sichergestellt, dass die Entladungen, also die jeweils lokalen Plasmabildungen ausgehend von der mittig angeordneten Gegenelektrode zur zu beschichtenden Oberfläche stets den gleichen Weg zu überbrücken hat, wobei dies auch in Biegungen oder abmessungsveränderten Innenwandbereichen der Fall ist. So wird der Innenwandbereich vollumfänglich gleichmäßig mit einer Schutzbeschichtung versehen, da die Mikroentladungen bzw. die jeweils lokalen Plasmabildungen stets den gleichen Energiebetrag aufweisen.

[0020] So ist eine gleichmäßige und homogene Schutzschichtstärke innerhalb der zu beschichtenden Innenwandbereiche, also beispielsweise der jeweiligen Abgaskanäle sichergestellt.

[0021] Da die jeweiligen Abgaskanäle unterschiedlich verlaufen und auch in ihren Abmessungen entlang ihres Verlaufes unterschiedlich ausgeführt sein können, empfiehlt es sich, wenn die Gegenelektrode mit den daran angeordneten Abstandselementen individuell für den bestimmten Abgaskanal gefertigt wird. Dies ist zwar zunächst nachteilig zu sehen, da so eine Vielzahl von Gegenelektroden vorgehalten werden müssen. Jedoch ist zu beachten, dass bei der Serienfertigung von Verbrennungsmotoren Zylinderköpfe mit integriertem Abgaskrümmern identisch gefertigt werden, so dass auch die jeweiligen Abgaskanäle identisch sind, so dass für jeweils identische Abgaskanäle auch nur eine entsprechende Gegenelektrode vorgehalten werden müsste. Der zunächst erkennbare Nachteil des Vorhaltens unterschiedlicher Gegenelektroden wird auch durch die sehr gleichmäßige und homogene Schutzbeschichtung, also Wärmeschutzbeschichtung mehr als aufgehoben.

[0022] Ersichtlich ist auch, dass die ursprünglich notwendigen motorischen Kühlmaßnahmen aufgrund der nun vorhandenen gleichmäßigen und homogenen Wärmeschutzbeschichtung reduziert werden können, da weniger Abgaswärme in das Material selbst eingetragen wird. So bleibt der im Motorraum begrenzt vorhandene Bauraum frei für andere Elemente. Die heißeren Abgase strömen direkt in einen optional vorhandenen Turbolader. Es könnte sogar möglich sein, dass die Kühlmaßnahmen des integrierten Abgaskrümmers vollständig entfallen könnten.

[0023] Aufgrund der Erfindung strömen auf jeden Fall heißere Abgase in Richtung zu den Abgasnachbehandlungsanlagen, beispielsweise in Richtung zu einem Katalysator, so dass dieser wesentlich schneller auf seine light-off Temperatur geführt wird. Dadurch dass der Katalysator schneller aufgeheizt wird, wird auch die gewünschte Umwandlung der Schadstoffe effizienter durchgeführt.

[0024] Damit die jeweilige Gegenelektrode dem Verlauf des jeweiligen Abgaskanals folgen kann, ist zweckmäßigerweise vorgesehen, dass diese flexibel ausgeführt ist. Insofern kann die Gegenelektrode ziel führend ein gewickelter oder verlitzter oder verseilter Draht sein, welcher sich aus einer Vielzahl von elektrisch hoch-leitfähigen Drähten zusammensetzt.

[0025] Günstig ist auch, wenn die Gegenelektrode um ihre Mittelachse rotierbar ausgebildet ist, so dass sich die Gegenelektrode innerhalb des zu beschichtenden Bauteils drehen kann. Dazu kann ein Drehantrieb an einem Ende der Gegenelektrode vorgesehen sein. Hierdurch ist sichergestellt, dass auch an dem kleinen Berührungspunkt der Abstandshalter an der Bauteiloberfläche eine Beschichtung ausgebildet werden kann.

[0026] Wie bereits erwähnt ist wesentlich, dass die Gegenelektrode auch in, vor oder nach Bögen oder abmessungsveränderten Innenwandbereichen stets mittig innerhalb des zu beschichtenden Abgaskanals angeordnet ist. Erfindungsgemäß sind daher die Abstandselemente an die Ausgestaltung des zu beschichtenden Innenwandbereiches ausgeführt. Dabei können die jeweiligen Abstandselemente in ihrer radialen Erstreckung genau an den zu beschichtenden Ort angepasst ausgeführt werden. Das bedeutet, dass die Gegenelektrode von in ihrer Radialerstreckung unterschiedlich ausgeführten Abstandselementen umgeben ist.

[0027] In einer möglichen Ausgestaltung können die Abstandselemente stachelartig, bevorzugt als Nylonnadeln ausgeführt sein, so dass die Gegenelektrode quasi igelstachelartig umgeben ist. Die Mikroentladungen sind dabei dennoch möglich, da die Gegenelektrode in Umfangs- und Längsrichtung nicht vollständig isoliert ist.

[0028] Die Abstandselemente können aber auch flexibel ausgeführt sein, und an der zu beschichtenden Innenfläche anliegen. Dabei wären die Abstandselemente in ihrer Flexibilität so gewählt, dass die Gegenelektrode stets mittig in dem zu beschichtenden Innenwandbereich angeordnet ist.

[0029] Diese Ausgestaltung bietet hinsichtlich der möglichen Drehbarkeit der Gegenelektrode innerhalb des zu beschichtenden Bauteils den Vorteil, dass die sich ausbildende Diffusionsschicht von den Abstandselementen abgetragen werden kann. Dies führt wiederum zu einer Verbesserung der Aufbaurate der Schutzbeschichtung. Dabei ist auch ersichtlich, dass auch durch die Rotation der Gegenelektrode eine homogene und gleichmäßige Schutzbeschichtung, also Wärmeschutzbeschichtung positiv beeinflusst wird, da die Abstandselemente stets an anderen Innenflächenbereiche anliegen, also zunächst verdeckte Bereiche durch die Rotation freigegeben werden. Natürlich kann die Gegenelektrode auch entlang ihrer Mittelachse hin- und herbewegbar sein, so dass so zunächst verdeckte Bereiche freigegeben werden. Eine Überlagerung der Rotation und der Hin- und Herbewegung ist natürlich ebenfalls denkbar.

[0030] Die Abstandselemente sind in geeigneter Weise mit der Gegenelektrode verbunden. Hierzu bieten sich stoffschlüssige Verbindungen an. Günstiger Weise sind die Abstandselemente aus einem nicht leitenden Kunststoff gebildet, so dass dieser leicht mit der Gegenelektrode verbindbar ist. Dazu bietet sich das Anschmelzen des betreffenden Endes des Abstandselementes an, welches bei Abkühlung sodann hinreichend fest mit der Gegenelektrode verbunden ist. Möglich sind auch Klebverbindungen.

[0031] In einer weiter möglichen Ausgestaltung können die Abstandselemente als Scheiben ausgeführt sein, welche eine Durchführöffnung zur Aufnahme der Gegenelektrode aufweisen. Die Öffnung muss nicht unbedingt mittig in der Scheibe angeordnet sein, da die Scheiben zweckmäßiger Weise mit ihrem Außenumfang an die Biegung und die vor oder nach der Biegung vorhandenen Innenwandbereiche angepasst sein können. Natürlich können auch hier entsprechend flexible Scheiben gewählt werden, so dass die Gegenelektrode stets mittig angeordnet ist. Möglich ist, dass Scheiben in einem Abstand von beispielsweise 10 mm aufeinander folgend an der Gegenelektrode angeordnet sind. Der genannte Abstandsbetrag ist natürlich nicht einschränkend. Möglich ist auch ungleichmäßige Abstandsbeträge zu wählen. Auch kann das Abstandselement in der Ausgestaltung als Scheibe einen unrunder Außenumfang aufweisen, so dass diese individuell an den Ort angepasst ist, an welchem diese bei dem Beschichtungsvorgang mittels PEO angeordnet ist. Dies gilt auch, wie bereits erwähnt bei der Ausgestaltung des Abstandselementes als Nylonnadel. Um die Ab-

standselemente in der Ausgestaltung als Scheibe an der Gegenelektrode zu befestigen kann die Durchführöffnung etwas kleiner als der Außendurchmesser der Gegenelektrode sein, dass eine hinreichend lagesichere Verbindung geschaffen ist. Es bietet sich auch an, wenn die Scheiben mit der Gegenelektrode durch Anschmelzen der Innendurchmesserstirnkannte verbunden werden. Klebverbindungen sind auch denkbar. Um eine Strömung des Elektrolyts gewährleisten zu können, liegt es im Sinne der Erfindung, wenn die Scheiben Durchgangslöcher aufweisen.

[0032] Es liegt im Sinne der Erfindung, wenn die Gegenelektrode innerhalb des zu beschichtenden Innenwandbereiches entlang der Mittelachse hin- und herbewegbar ist, was sich bei der Ausgestaltung der Abstandselemente als Scheibe anbietet, so dass die zuvor von den Abstandselementen verdeckten Innenwandbereiche ebenfalls beschichtbar sind. Eine Rotation der Gegenelektrode und eine Überlagerung der Rotation und der Hin- und Herbewegung ist natürlich ebenfalls denkbar.

[0033] Der vorgeschlagene Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmter ist geeignet zur Verwendung in einem Verbrennungsmotor mit mindestens einem Zylinder, wobei der Abgaskrümmter mindestens einen Abgaskanal aufweist, der an dem Auslass des Zylinder des Verbrennungsmotors beginnt und an einem zentralen Abgassammler endet. Erfindungsgemäß weist der Innenwandbereich des Abgaskanals eine mittels Plasma Elektrolytischer Oxidation aufgebrauchte als Wärmeschutzbeschichtung fungierende Schutzschicht auf.

[0034] Weitere vorteilhafte Einzelheiten und Wirkungen der Erfindung sind im Folgenden anhand von unterschiedlichen, in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen

[0035] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht auf einen Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmter,

[0036] Fig. 2 einen zu beschichtenden Innenwandbereich in beispielhaften Verlauf,

[0037] Fig. 3 eine Gegenelektrode mit Abstandselementen in einer ersten Ausgestaltung, und

[0038] Fig. 4 ein Abstandselement in einer zweiten Ausgestaltung.

[0039] In den unterschiedlichen Figuren sind gleiche Teile stets mit denselben Bezugszeichen versehen, weswegen diese in der Regel auch nur einmal beschrieben werden.

[0040] Fig. 1 zeigt ein Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmter **1**. Der Zylinderkopfdeckel ist nicht dargestellt. Erkennbar ist ein zentraler Abgassamm-

ler **2**, welcher mit einer nicht dargestellten Abgasleitung verbindbar ist. In der Abgasleitung können Abgasnachbehandlungsanlagen, wie z.B. Katalysatoren und/oder Partikelfilterelemente angeordnet sein.

[0041] Zu dem Abgassammler **2** führen Abgaskanäle **3**, von denen in Fig. 1 lediglich die äußeren beiden Abgaskanäle durch die erkennbare Materialausformung erkennbar sind, wobei ein beispielhaft ausgeführter Abgaskanal **3** in Fig. 2 jedoch prinzipiell dargestellt ist. Natürlich sind reale Abgaskanäle in ihrem Verlauf wesentlich komplizierter ausgeführt als die Darstellung in Fig. 2 annehmen lässt. Die Darstellung in Fig. 2 soll lediglich dazu dienen, den gebogenen Verlauf der Abgaskanäle zu zeigen. Bei der Erfindung wurde nämlich ein Weg gefunden trotz der komplizierten Ausgestaltung der integrierten Abgaskrümmter eine gleichmäßige und homogene Schutzbeschichtung, also Wärmeschutzbeschichtung auf deren Innenwandbereiche zu erzeugen. Die jeweiligen Abgaskanäle **2** beginnen an dem Auslass des jeweiligen Zylinders und enden an dem zentralen Abgassammler **2**. Die Abgaskanäle **3** können entlang ihres Verlaufes gebogen sein, wie prinzipiell in Fig. 2 erkennbar ist. Möglich ist, dass die Abgaskanäle auch entlang ihrer Erstreckung in ihren Abmessungen veränderlich sind.

[0042] Fig. 2 zeigt einen beispielhaft geformten Abgaskanal **3**, welcher Biegungen **4** sowie vor und nach den Biegungen **4** angeordnete Abschnitte **6** aufweist. Die Mittellinie X des Abgaskanals **3** ist gestrichelt eingezeichnet.

[0043] Der Zylinderkopf mit dem integrierten Abgaskrümmter wird in eine Vorrichtung gegeben, welche eingerichtet und geeignet zur Erzeugung einer Schutzbeschichtung auf den Innenflächen **7** des Zylinderkopfs mit dem integrierten Abgaskrümmter **1** ist. Insbesondere können die Innenwandbereiche **8** der Abgaskanäle **3** mit einer Schutzbeschichtung, also mit einer Wärmeschutzbeschichtung versehen werden.

[0044] Dazu wird der Zylinderkopf mit dem integrierten Abgaskrümmter **1**, in einen Elektrolyt gegeben oder der Elektrolyt wird direkt durch die Kanäle gepumpt, so dass bevorzugt die Abgaskanäle **3** mittels Plasma Elektrolytischer Oxidation (PEO) beschichtet werden können.

[0045] Dabei ist eine Gegenelektrode **9** (Fig. 3) innerhalb der zu beschichtenden Abgaskanäle **3** angeordnet. Die Gegenelektrode **9** weist Abstandselemente **11**, **12** auf, die so ausgeführt sind, dass die Gegenelektrode **9** stets mittig zu dem beschichtenden Innenwandbereich **8** angeordnet ist, auch wenn die Abgaskanäle **3** gebogen und/oder abmessungsveränderlich ausgeführt sind. Die Gegenelektrode **9** ist also stets deckungsgleich zur Mittellinie X angeord-

net. Insofern ist in **Fig. 2** die Mittelachse zugleich mit dem Bezugszeichen **9** versehen, da beide deckungsgleich sind. Deckungsgleich bedeutet im Sinne der Erfindung, dass minimale Abweichungen in der Realität vorhanden sein können.

[0046] Die Gegenelektrode **9** ist eine flexible, elektrisch leitenden Gegenelektrode **9** und kann aus einer Vielzahl von Drähten verseilt bzw. gebildet sein. Die Abstandselemente **11**, **12** sind an dem Außenumfang der Gegenelektrode **9** befestigt, und stehen radial von der Gegenelektrode **9** ab. Die Abstandselemente **11**, **12** sind aus einem nicht leitenden Kunststoff gebildet, so dass trotz der Anordnung der Abstandselemente **11**, **12** an der Gegenelektrode **9** Mikroentladungen, also lokale Plasmabildungen entstehen können (PEO).

[0047] Die Abstandselemente **11**, **12** sind mit ihrem Elektrodenende **14** mit der Gegenelektrode **9** verbunden. Die Abstandselemente **11**, **12** liegen mit ihren zum Elektrodenende **14** gegenüberliegenden freien Ende **15** an den Innenflächen **7** an.

[0048] In einer ersten Ausgestaltung sind die Abstandselemente **11** stachelartig, z.B. als Nylonnadeln **11** ausgeführt. Dabei ist eine Vielzahl von Nylonnadeln **11** entlang der Erstreckung der Gegenelektrode **9** um den Außenumfang derselben herum angeordnet, wie ausschnittsweise **Fig. 3** zeigt. Die Gegenelektrode **9** ist quasi igelstachelartig von den Nylonnadeln **11** umgeben. In **Fig. 3** sind nur einige wenige der Abstandselemente **11** dargestellt.

[0049] Die Abstandselemente **11** sind an die Ausgestaltung des zu beschichtenden Innenwandbereiches **8** ausgeführt. Dabei können die jeweiligen Abstandselemente **11** starr und/oder flexibel und in ihrer radialen Erstreckung genau an den zu beschichtenden Ort angepasst ausgeführt werden. Das bedeutet, dass die Gegenelektrode **9** von in ihrer Radialerstreckung unterschiedlich ausgeführten Abstandselementen **11** umgeben sein kann.

[0050] Dabei könnten die Abstandselemente **11** in ihrer Flexibilität so gewählt werden, dass die Gegenelektrode **9** stets mittig in dem zu beschichtenden Innenwandbereich **8** angeordnet ist.

[0051] Diese Ausgestaltung bietet hinsichtlich der möglichen Drehbarkeit und/oder Hin- und Herbewegbarkeit der Gegenelektrode **9** innerhalb des zu beschichtenden Bauteils **1**, also innerhalb der Abgaskanäle **3** den Vorteil, dass die sich eine ausbildende Diffusionsschicht von den Abstandselementen **11** abgetragen werden kann. Dies führt wiederum zu einer Verbesserung der Aufbauraten der Schutzbeschichtung. Auch ein zunächst verdeckter Bereich würde bei der Bewegung der Gegenelektrode **9** freigegeben.

[0052] In einer zweiten Ausgestaltung sind die Abstandselemente **12** als Scheibe **12** mit einer Durchführöffnung **13** ausgeführt. Die Durchführöffnung **13** dient zur Aufnahme und Befestigung an der Gegenelektrode **9**, und stellt mit der inneren Stirnwand der Durchführöffnung **13** das Elektrodenende **14** dar. Das freie Ende **15** der Scheibe **12** stellt deren Außenumfang dar. Die Durchführöffnung **13** muss nicht unbedingt mittig in der Scheibe **12** angeordnet sein, da die Scheiben **12** zweckmäßiger Weise mit ihrem Außenumfang an die Biegung **4** und die vor oder nach der Biegung **4** vorhandenen Innenwandbereiche **8**, also Abschnitte **6** angepasst sein können. Natürlich können auch hier entsprechend flexible Scheiben **12** gewählt werden, so dass die Gegenelektrode **9** stets mittig angeordnet ist. Natürlich können die Scheiben **12** auch identisch ausgeführt sein. Möglich ist, dass Scheiben **12** in einem Abstand von beispielsweise **10** mm aufeinander folgend an der Gegenelektrode **9** angeordnet sind. Der genannte Abstandsbetrag ist natürlich nicht einschränkend. Möglich ist auch ungleichmäßige Abstandsbeträge zu wählen. Auch kann das Abstandselement **12** in der Ausgestaltung als Scheibe **12** einen unrunder Außenumfang aufweisen, so dass dieses individuell an den Ort angepasst ist, an welchem diese bei dem Beschichtungsvorgang mittels PEO angeordnet ist.

[0053] Es liegt im Sinne der Erfindung, wenn die Gegenelektrode **9** innerhalb des zu beschichtenden Innenwandbereiches **8** entlang der Mittelachse **X** hin- und herbewegbar ist, so dass die zuvor von den Abstandselementen **11**, **12** verdeckten Innenwandbereiche **8** ebenfalls beschichtbar sind. Von daher sind bevorzugt flexible Abstandselemente **11**, **12** bevorzugt. Günstig ist auch, wenn die Gegenelektrode **9** um Ihre Mittelachse **X** rotierbar ausgebildet ist, so dass sich die Gegenelektrode **9** innerhalb des zu beschichtenden Innenwandbereiches **8** drehen kann. Dazu kann ein Drehantrieb an einem Ende der Gegenelektrode **9** vorgesehen sein.

[0054] Selbstverständlich können nicht nur die Innenflächen der Abgaskanäle mit der Schutzbeschichtung, also mit der Wärmeschutzbeschichtung versehen werden. Vielmehr können auch die Innenflächen des Abgassammlers und/oder des integrierten Abgaskrümmers mittels PEO unter Verwendung der zielführend ausgeführten Gegenelektrode mit der Schutzbeschichtung versehen werden. Auch Abgasleitungen könnten mit der Wärmeschutzbeschichtung versehen werden.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----------|---|
| 1 | Bauteil/Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmern |
| 2 | Abgassammler |
| 3 | Abgaskanal |
| 4 | Biegungen |

- 5**
- 6** Abschnitte
- 7** Innenflächen
- 8** Innenwandbereiche
- 9** Gegenelektrode
- 10**
- 11** Abstandselement
- 12** Abstandselement
- 13** Durchführöffnung
- 14** Elektrodenende von **11**, **12**
- 15** Freies Ende von **11**, **12**

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6103076 B1 [0003, 0003]
- DE 10041839 A1 [0004]
- JP 2011-219811 A [0005]
- JP 2013-060623 A [0005]
- DE 102011007424 B4 [0006, 0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen einer Schutzschicht an einem Innenwandbereich (8) eines Abgaskanals (3) eines Zylinderkopfs mit integrierten Abgaskrümmern wobei der Abgaskanal (3) an einem Auslass des Zylinders des Verbrennungsmotors beginnt und an einem zentralen Abgassammler (2) endet, wobei die Schutzschicht als Wärmeschutzbeschichtung mittels Plasma Elektrolytischer Oxidation aufgebracht wird, indem ein Elektrolyt in dem Abgaskanal (3) angeordnet oder durch den Abgaskanal (3) geleitet wird, die Innenwand des Abgaskanals (3) eine Elektrode bildet und eine Gegenelektrode (9) in den Abgaskanal (3) eingeführt wird, wobei ein stets gleichbleibender Abstand der Gegenelektrode (9) zum zu beschichtenden Innenwandbereich (8) eingehalten wird, indem an der Gegenelektrode (9) angeordnete Abstandselemente (11, 12) in ihrer radialen Erstreckung an die Ausgestaltung des zu beschichtenden Innenwandbereiches (8) angepasst ausgeführt sind.

2. Vorrichtung zum Erzeugen einer Schutzschicht an einem Innenwandbereich (8) eines Abgaskanals (3) eines Zylinderkopfs mit integrierten Abgaskrümmern (1) insbesondere geeignet zur Ausführung eines Verfahrens nach Anspruch 1 wobei die Schutzschicht als Wärmeschutzbeschichtung mittels Plasma Elektrolytischer Oxidation aufgebracht ist, und wobei ein Elektrolyt in dem Abgaskanal (3) angeordnet oder durch den Abgaskanal (3) geleitet wird, der Innenwandbereich (8) des Abgaskanals (3) eine Elektrode bildet und eine Gegenelektrode (8) in den Abgaskanal (3) eingeführt wird, wobei die Gegenelektrode (9) mit in ihrer radialen Erstreckung an die Ausgestaltung des zu beschichtenden Innenwandbereiches (8) angepassten Abstandselementen (11; 12) so ausgeführt ist, dass die Gegenelektrode (9) stets mittig zu dem zu beschichtenden Innenwandbereich (8) angeordnet ist, auch wenn die zu beschichtenden Innenwandbereiche (8) gebogen verlaufen und/oder abmessungsveränderliche Innenwandbereiche (8) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gegenelektrode (9) flexibel ausgeführt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gegenelektrode (9) eine Drahtelektrode ist, welche aus einer Vielzahl von Drähten gebildet ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gegenelektrode (9) innerhalb des zu beschichtenden Innenwandbereiches (8) rotierbar ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die Abstandselemente (11, 12) aus einem nicht leitenden Kunststoff gebildet sind, und mit ihrem Elektrodenende mit der Gegenelektrode (9) verbunden sind, wobei die Abstandselemente (11, 12) mit ihren zum Gegenelektrodenende gegenüberliegenden freien Ende an den Innenflächen (7) anliegen.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandselemente (11) stachelartig ausgeführt sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandselemente (11) als Nylonnadeln ausgeführt sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandselemente (12) als Scheiben ausgeführt sind, welche eine Durchführöffnung (13) für die Gegenelektrode (9) aufweist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

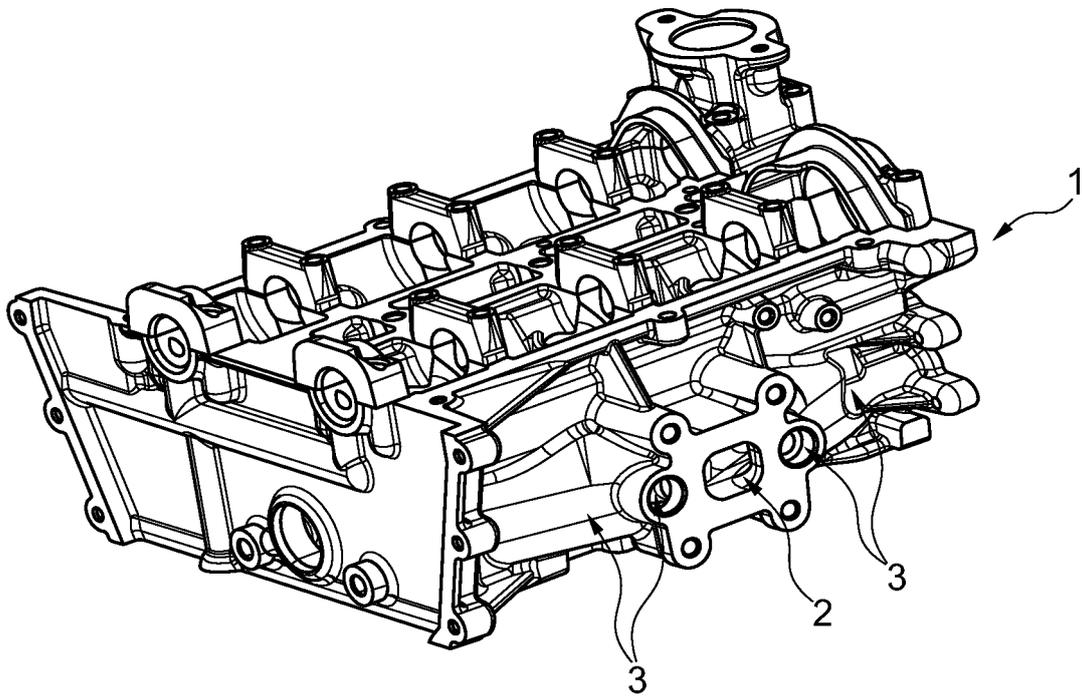


Fig. 1

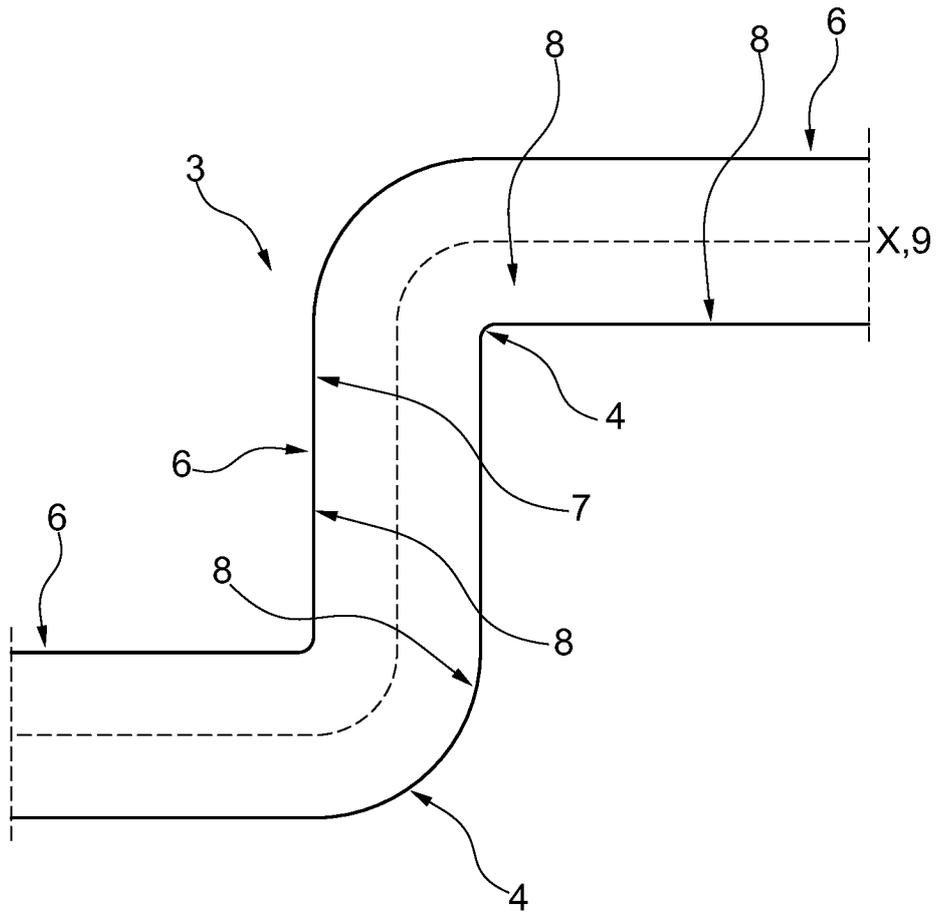


Fig. 2

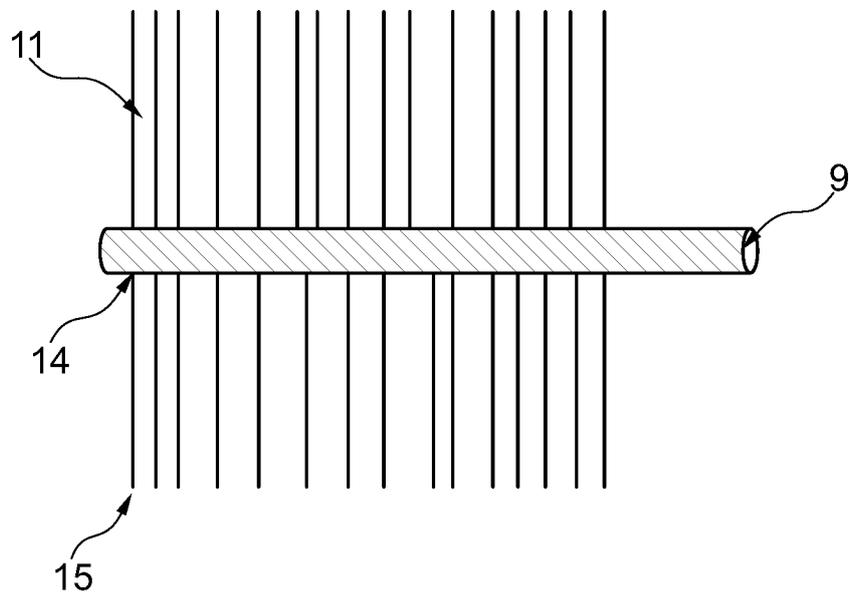


Fig. 3

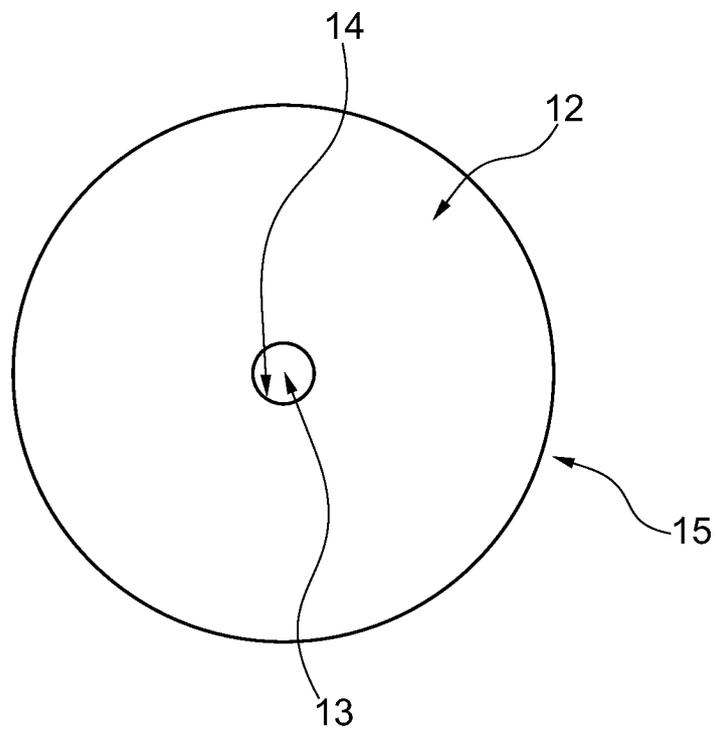


Fig. 4