

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

**2005-554**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

**F01N 3/022**

(2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **05.03.2004**  
(32) Datum podání prioritní přihlášky: **05.03.2003**  
(31) Číslo prioritní přihlášky: **2003/0304939**  
(33) Země priority: **GB**  
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.02.2006**  
(**Věstník č. 2/2006**)  
(86) PCT číslo: **PCT/GB2004/000882**  
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2004/079167**

(71) Přihlašovatel:

**JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED  
COMPANY, London, GB**

(72) Původce:

**Phillips Paul Richard, Royston, Hertfordshire, GB  
Twigg Martyn Vincent, Caxton, Cambridge, GB**

(74) Zástupce:

**Společná advokátní kancelář Všetečka Zelený Švorčík  
Kalenský a partneři, JUDr. Pavel Zelený, Hálkova 2,  
Praha 2, 12000**

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Zařízení obsahující dieselový motor s  
výfukovým systémem obsahujícím filtr na  
částice**

(57) Anotace:

Zařízení obsahuje dieselový motor, výfukový systém obsahující filtr na částice, a prostředky pro řízení motoru, uzpůsobené k tomu, aby při použití motoru plynule nebo přetržitě vyvějel výfukové plyny obsahující dostatek oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ) nebo uhlovodíků a/nebo výfukových plynů s dostatečně vysokou teplotou pro spalování částic (PM) ve filtru. Filtr na částice je vytvořený z porézního materiálu majícího střední průměr pórů od 5  $\mu\text{m}$  do 40  $\mu\text{m}$  a pórovitost nejméně 40 % a objemovou tepelnou kapacitu, vztahenou na zaujímaný objem, nejméně 0,50  $\text{J cm}^{-3}\text{K}^{-1}$  při 500 °C. Filtr obsahuje více pásem s katalyzátorem, zahrnujících první pásmo s katalyzátorem umístěné na předním konci filtru a nejméně jedno pásmo s katalyzátorem umístěné na poproudové straně od prvního pásma. První pásmo s katalyzátorem obsahuje oxidační katalyzátor (DOC) obsahující nejméně jeden kov skupiny platiny pro oxidování oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC) a oxidu dusnatého (NP). Uvedené nejméně jedno pásmo s katalyzátorem umístěné na poproudové straně od prvního pásma obsahuje nejméně jeden kov skupiny platiny, přičemž celkový náplňový obsah kovů nebo kovu skupiny platiny v prvním pásmu s katalyzátorem je větší než je celkový náplňový obsah kovů nebo kovu skupiny platiny v uvedeném nejméně jednom pásmu s katalyzátorem, umístěném na poproudové straně od prvního pásma.

**CZ 2005 - 554 A3**

**Zařízení obsahující diesellový motor s výfukovým systémem obsahujícím filtr na částice**

Oblast techniky

Vynález se týká diesellova motoru s výfukovým systémem obsahujícím filtr na zachycování částic ("částicový filtr"; particulate filter, dále krátce: filtr na částice). Zejména se vynález týká takového motoru, který obsahuje katalyzovaný filtr na zachycování sazí (dále krátce: katalyzovaný filtr na saze).

Dosavadní stav techniky

Povolené emise ze spalovacích motorů, jako diesellových motorů, jsou stanoveny zákonnými předpisy. Ke složkám výfukových plynů, jichž se regulace emisí týká, jsou oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), oxid uhelnatý (CO), uhlovodíky (HC) a částice ("částicová hmota"; particulate matter, PM - dále: "částice (PM)"). Úrovně povolených emisí těchto složek se budou v průběhu příštích 10 až 15 let progresivně snižovat. Výrobci původního vybavení (OEMs, original equipment manufacturers) usilují o to, aby plnili zákonné požadavky kombinací konstrukce motoru a následného zpracování výfukových plynů.

Aby se splnily stávající a budoucí zákonné požadavky na částice (PM) z diesellových motorů, je jedním ze zařízení navržených pro následné zpracování výfukových plynů filtr na částice. Pod pojmem "filtr" se zde rozumí zařízení, která odstraňují pevné částice z výfukových plynů a také zařízení, která úmyslně zdržují postup částic výfukovým systémem. Příklad posledně jmenované skupiny zařízení je popsán v patentovém spisu EP 1 057 519 (na který se zde odvoláváme jako

součástí tohoto popisu).

Jedním příkladem filtru na částice je filtr s průcho-  
dem stěnami, kde je filtr ve formě voštiny. Voština má  
vstupní konec a výstupní konec, a množství buněk probíhají-  
cích od vstupního konce k výstupnímu konci, přičemž buňky  
mají pórovité stěny, přičemž část celkového počtu buněk je  
na vstupním konci ucpaná, například do hloubky přibližně 5  
až 20 mm, po části jejich délky, a zbývající část buněk,  
které jsou otevřené na vstupním konci, jsou ucpané na vý-  
stupním konci podél části jejich délky, takže proudící výfu-  
kové plyny procházejí buňkami od vstupního konce do otevře-  
ných buněk, dále procházejí stěnami buněk, a vystupují  
z filtru buňkami otevřenými na výstupním konci. Kompozice  
pro ucpání buněk je popsána v patentovém spisu USA  
č.4 329 162 (na který se zde odvoláváme jako součást tohoto  
popisu). Typické uspořádání je, že každá druhá buňka je na  
dané čelní ploše ucpaná v šachovnicovém vzorku.

Je známé, že se takové filtry katalyzují pro snížení  
teploty spalování sazí za účelem usnadnění regenerace filt-  
ru, a to pasivně oxidací částic (PM) při teplotách výfuko-  
vých plynů, k nimž dochází při normálním provozu  
motoru/vozidla, typicky v rozmezí 300-400°C. Při nepřítom-  
nosti katalyzátoru mohou být částice (PM) oxidovány se zna-  
itelnými rychlostmi při teplotách přesahujících 500°C, které  
se v dieselových motorech během normálního provozu zřídka  
vyskytují. Takové katalyzované filtry se často nazývají ka-  
talyzované filtry na saze (catalyzed soot filters, CFS).

Obvyklým problémem s pasivní regenerací filtru je, že

podmínky jízdy mohou zabránit, aby teploty výfukových plynů dosáhly i nižších hodnot, umožňovaných katalyzováním filtru často v dostatečné míře k tomu, aby se spolehlivě zabránilo usazování částic (PM) na filtru. Takové jízdní podmínky zahrnují prodloužená údobí běhu naprázdno nebo pomalé jízdy ve městech, a problém je zvláště akutní pro výfukové plyny z lehkých (light-duty) dieselových motorů. Jedním řešením tohoto problému, které bylo přijato výrobcí původního vybavení (OEMs) je použít, přídavně k pasivní regeneraci, aktivních postupů pro regenerování filtru buď v pravidelných intervalech nebo když je detekován předem určený zpětný tlak ve filtru. Typickým uspořádáním v lehkém dieselovém motoru je umístit oxidační katalyzátor pro dieselový motor (DOC, diesel oxidation catalyst; diesel-oxidační katalyzátor - dále krátce: oxidační katalyzátor DOC) na samostatný monolit na přívodní ("protiproudové") straně od katalyzovaného filtru na saze CSF a regulovat spalování paliva ve válci různými postupy řízení motoru za účelem zavedení zvýšených množství nespáleného paliva do výfukových plynů. Přídavné palivo se spaluje v oxidačním katalyzátoru (DOC), čímž se zvýší teplota v katalyzovaném filtru na saze, ležícím dále po proudu, dostatečně pro podporu spalování částic (PM) na tomto filtru.

Spis EP-A-0341382 nebo US-A-4 902 487 (na které se oba odvoláváme jako součást tohoto popisu) popisují způsob zpracování výfukových plynů z dieselového motoru obsahujících částice (PM) a oxidy dusíku  $\text{NO}_x$  nefiltrované přes oxidační katalyzátor pro přeměnu  $\text{NO}$  na  $\text{NO}_2$ , shromažďování částic (PM) na filtru umístěném na výstupní ("poproudové") straně od oxidačního katalyzátoru a spalování zachycených

částic (PM) v  $\text{NO}_2$ . Tato technologie je na trhu dostupná jako metoda Johnson Matthey's CRT<sup>R</sup>. Výhoda tohoto procesu je, že ke spalování částic (PM) v  $\text{NO}_2$  dochází při teplotách až  $400^\circ\text{C}$ , t.j. blíže k normálnímu provoznímu oknu pro výfukové plyny z dieselového motoru, zatímco ke spalování částic (PM) v kyslíku dochází při  $550-600^\circ\text{C}$ .

Řešení přihlašovatele, popsané ve spisu WO 01/12320 (na které se zde odvoláváme jako na součást tohoto popisu), popisuje reaktor zvláště vhodný pro zpracovávání výfukových plynů pro odstraňování znečišťujících látek včetně částic (PM), a obsahuje filtr s průchodem stěnami, mající strukturu s porézními stěnami a prostřídane uzavřenými konci, přičemž kanálky otevřené na vstupním ("protiproudovém") konci filtru jsou v oblasti při vstupním ("protiproudovém") konci filtru opatřeny povlakem vrstvy washcoat nesoucí katalyzátor.

Autoři nyní navrhli katalyzovaný filtr na saze pro použití v pasivním-aktivním regeneračním režimu, který umožňuje účinnější použití omezenějších teplot výfukových plynů a měnění teplot výfukových plynů z dieselových motorů, zejména lehkých dieselových motorů.

#### Podstata vynálezu

Podle jednoho aspektu navrhuje vynález dieselový motor obsahující výfukový systém, přičemž výfukový systém obsahuje filtr na částice vytvořený z porézního materiálu majícího střední průměr pórů od  $5\ \mu\text{m}$  do  $40\ \mu\text{m}$  a pórovitost nejméně 40%, například 50% až 70%, a objemovou tepelnou kapacitu vztahenou na zaujímaný objem (bulk volumetric heat ca-

capacity), nejméně  $0,50 \text{ J cm}^{-3}\text{K}^{-1}$  při  $500^\circ\text{C}$ , přičemž filtr obsahuje oxidační katalyzátor (DOC) umístěný v oblasti na předním konci filtru pro oxidování oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC) a oxidu dusnatého (NO), přičemž motor obsahuje prostředky pro řízení motoru, pro plynulé nebo přetržitě poskytování, při použití, výfukových plynů obsahujících dostatek oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ) nebo uhlovodíků a/nebo výfukových plynů s dostatečně vysokou teplotou pro spalování částic (PM) ve filtru.

Katalyzovaný filtr na saze podle vynálezu kombinuje řadu velmi užitečných funkcí: zachycuje saze z výfukových plynů; podporuje pasivní oxidaci zachycených sazí v kyslíku; podporuje oxidaci NO pro podporu pasivního spalování nashromážděných sazí v  $\text{NO}_2$  podle procesu popsaného v EP 0342832; a přeměňuje CO a HC ve výfukových plynech při relativně nízkých teplotách. Umístěním oxidačního katalyzátoru DOC na přední straně filtru je dále podporována aktivní regenerace filtru, protože exotermní pochod ze spalování přídavných uhlovodíků přispívá k přímému zahřívání filtru, t.j. nedochází k žádným teplotním ztrátám mezi oxidačním katalyzátorem DOC na přívodní straně filtru a dále po proudu uloženým katalyzovaným filtrem na saze CFS. Aktivní regenerace je tak účinnější a vyžaduje méně paliva pro zvýšení teploty filtru pro provedení regenerace.

Volba filtru s relativně vysokou objemovou tepelnou kapacitou pro aktivní regenerační systém je překvapivá, protože objemová tepelná kapacita určuje množství tepelné energie, která může být absorbována filtrovým monolitem. Pro aktivní regeneraci se obecně předpokládá, že je žádoucí filtr

s nízkou tepelnou kapacitou, protože umožňuje rychlý vzrůst teploty filtru a rychlou regeneraci s minimálními energetickými ztrátami pro ohřev monolitu. Autoři zjistili, že umístěním složky tvořené oxidačním katalyzátorem (DOC složky) na vstupním ("protiproudovém") konci filtru majícího relativně vysokou objemovou tepelnou kapacitu je teplo snadněji zadržováno ve filtru, čímž se zlepší přeměna uhlovodíků, oxidu uhelnatého a sazí v systému.

Vhodné materiály filtrových monolitů pro použití v rámci vynálezu mají relativně nízký pokles tlaku a relativně vysokou filtrační účinnost. Odborníkům v oboru bude zřejmé, že existuje kompromis mezi pórovitostí a mechanickou pevností: substráty s malou velikostí pórů a nízkou pórovitostí jsou pevnější než ty, které mají vysokou pórovitost. Tepelné vlastnosti, jak tepelná kapacita tak i tepelná vodivost, klesají se vzrůstající pórovitostí. Jelikož jsou však filtry podle vynálezu určeny k nesení katalyzátoru a popřípadě vrstvy washcoat, například okolo  $50 \text{ g/dm}^3$ , vhodné filtrové materiály mají typicky pórovitost od 45-55% nebo i 60% a výše, pro filtry obsahující složky pro hromadění  $\text{NO}_x$  při vysokých náplňových obsazích materiálů aplikovaných ve formě vrstvy washcoat (washcoat loading) až okolo  $100 \text{ g/dm}^3$ . Žádoucí znak takových materiálů je, že mají dobré vzájemné spojení pórů a co možná nejméně uzavřených pórů tvořících "mrtvé konce". Vhodné průměry pórů jsou 8-25  $\mu\text{m}$ , jako 15-20  $\mu\text{m}$ . Zde vyjádřené hodnoty pórovitosti mohou být měřeny rtuťovou porozimetrií nebo elektronovou mikroskopií.

V typickém případě obsahuje materiál filtru keramický materiál, zahrnující nejméně jeden z karbidu křemíku, nitri-

du hliníku, nitridu křemíku, titaničitanu hlinitého (aluminium-titaničitanu), slinutého kovu, oxidu hlinitého, kordieritu, mulitu, polucitu (viz například WO 02/38513, na který se zde odvoláváme jako součást tohoto popisu), thermet jako  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$  nebo  $\text{B}_4\text{C}/\text{Fe}$ , nebo kompozity obsahující segmenty jedné nebo více z uvedených látek.

Přednostní materiály pro výrobu filtru podle vynálezu jsou kordierit (silikáty hlinito-hořečnaté), karbid křemíku a titaničitany hlinité. Vhodné materiály typu kordieritu, mající přibližnou stechiometrii  $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ , jsou popsány ve spisu WO 01/91882 (na který se zde odvoláváme jako na součást tohoto popisu) a WO 2004/002508 (na který se zde odvoláváme jako na součást tohoto popisu), i když mohou být použity alternativy jako lithium-aluminiumsilikátové keramické hmoty. Materiály kordieritového typu se obecně vyznačují relativně nízkým součinitelem tepelné roztažnosti (CTE) a nízkým modulem pružnosti.

Aluminium-titaničitanové materiály pro použití v rámci vynálezu mohou zahrnovat 60-90% pevný roztok titaničitanu železnato-hlinitého a 10-40% mulitu, jak je popsáno ve spisu WO 2004/011124 (na který se zde odvoláváme jako součást tohoto popisu) nebo stroncium-živec-aluminium-titaničitan popsaný ve spisu WO 03/078352 (na který se zde odvoláváme jako na součást tohoto popisu).

Znakem vynálezu je to, že objemová tepelná kapacita, vztažená na zaujímaný objem, je nejméně  $0,50 \text{ J cm}^{-3}\text{K}^{-1}$  při  $500^\circ\text{C}$ . To má nejméně dva důvody. Zaprvé, jakmile je filtr zahřátý na určitou teplotu, drží si teplo i když teplota vý-

fukových plynů kolísá během nestabilního provozu. Z tohoto důvodu byly shledány dobré výsledky pro oxidaci oxidu uhelnatého a uhlovodíků během nestabilního provozu (viz příklad). To může být zvláště užitečné při zpracování výfukových plynů lehkých dieselových motorů, které probíhá s obecně nižšími teplotami než u těžkých dieselové motory.

Zadruhé relativně vysoká objemová tepelná kapacita brání nebo snižuje riziko, že by teplo ze spalování sazí poškodilo filtr a/nebo katalyzátorový povlak, protože exotermní energie je pohlcována samotným materiálem filtru. Vhodné hodnoty pro objemovou tepelnou kapacitu, vztaženou na objem zaujímaný materiálem v tělese filtru, jsou  $> 0,67 \text{ J cm}^{-3}\text{K}^{-1}$  při  $500^\circ\text{C}$ , ale určité materiály na bázi titanititanu hlinitého mohou mít daleko vyšší hodnoty jako  $> 3,0 \text{ J cm}^{-3}\text{K}^{-1}$  při  $500^\circ\text{C}$ , jako nejméně  $3,9 \text{ J cm}^{-3}\text{K}^{-1}$  při  $500^\circ\text{C}$  pro materiál popsany ve spisu WO 2004/011124.

V typickém případě mají filtry pro použití v rámci vynálezu tvar voštiny, mající vstupní konec a výstupní konec, a množství buněk probíhající od vstupního konce k výstupnímu konci, přičemž buňky mají pórovité stěny, přičemž část celkového počtu buněk je na vstupním konci ucpaná po části jejich délky, a zbývající část buněk, které jsou otevřené na vstupním konci, jsou ucpané na výstupním konci podél části jejich délky, takže proudící výfukové plyny procházejí buňkami voštiny od vstupního konce do otevřených buněk, stěnami buněk, a ven z filtru otevřenými buňkami na výstupním konci.

Obvyklá geometrie buněk zahrnuje 100/17, t.j. uspořá-

dání 100 buněk na čtvereční palec (cpsi) (31 buněk na  $\text{cm}^{-2}$ ) a tloušťku stěny 0,017 palce (0,43 mm), 200/12 (62 buněk  $\text{cm}^{-2}/0,30$  mm), 200/14 (62 buněk  $\text{cm}^{-2}/0,36$  mm), 200/19 (62 buněk  $\text{cm}^{-2}/0,48$  mm) a 300/12 (93 buněk  $\text{cm}^{-2}/0,30$  mm). Například uspořádání 200/19 umožňuje vytvořit mechanicky robustnější filtr a dosáhnout zvýšenou objemovou tepelnou kapacitu. Hustoty buněk pro použití v rámci vynálezu tak mohou být od 50 do 600 cpsi (15,5 buněk  $\text{cm}^{-2}$  až 186 buněk  $\text{cm}^{-2}$ ).

Jsou výhodné filtrové monolity, které mají nižší součinitel tepelné roztažnosti a nižší modul pružnosti, protože u nich je menší pravděpodobnost popraskání a menší potřeba výměny. K popraskání může docházet, když tahové napětí ve filtru přesáhne (v důsledku vysokých tepelných spádů vyvolaných lokalizovaným uvolňováním tepla během regenerace filtru) pevnost v tahu filtru. Jsou-li součinitel tepelné roztažnosti a modul pružnosti relativně vysoké, jako je tomu u materiálů na bázi karbidů křemíku (součinitel tepelné roztažnosti přibližně rovný  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ), může být tolerance vůči tepelným šokům relativně malá. Měřítkem odolnosti proti tepelným šokům je parametr tepelných šoků (TSP, thermal shock parameter), což je poměr tolerovatelného mechanického namáhání k tepelnému namáhání vyvolanému teplotním spádem. Čím vyšší je TSP, tím lepší je schopnost materiálu odolávat tepelným šokům. Nejobvyklejší řešení problému je omezit průřezovou plochu filtru. Filtry jsou vytvořeny ze dvou nebo více spojených podélných segmentů, spojených vzájemně spolu dohromady. V případě karbidu křemíku jsou spojovací materiály typicky na bázi vláken na bázi oxidu křemičitého a hlinitého, kyseliny křemičité, karboxymethylcelulózy nebo práškového karbidu křemíku. Místo segmentace nebo přídavně k segmentaci

mohou být použity kompozitní materiály na bázi křemík-karbid křemíku (kovový křemík jako pojivo mezi zrny karbidu křemíku místo rekrystalizovaného karbidu křemíku).

Naproti tomu materiály s relativně nízkým součinitelem tepelné roztažnosti okolo  $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  mohou být použity v jednodílné formě, t.j. nesegmentované.

Vhodné hodnoty součinitelů tepelné roztažnosti, které mohou být uvažovány pro použití v rámci vynálezu, jsou od  $-30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  do  $+30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  od  $25^{\circ}\text{C}$  do  $800^{\circ}\text{C}$ , jako od  $-20 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  do  $+10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  ( $25-800^{\circ}\text{C}$ ). Například pro kordieritový materiál by mohl být součinitel tepelné roztažnosti od  $4 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ , jako  $4-13 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  (viz WO 2004/00208 a WO 01/91882), zatímco vhodné aluminium-titanium-čítanové materiály mohou mít součinitel tepelné roztažnosti od  $-10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  do  $+15 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  ( $25-1000^{\circ}\text{C}$ ), a  $-0,5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  do  $6 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  ( $25-800^{\circ}\text{C}$ ) (viz WO 03/078352).

Filtrový materiál s relativně vysokou objemovou tepelnou kapacitou ze spisu WO 01/91882 je vhodný ve vysokoteplotních případech použití jako filtr na částice, který vykazuje nízký pokles tlaku po délce filtru.

Alternativně může filtrový materiál obsahovat směs karbidu křemíku a nitridu křemíku. V tomto provedení může filtr na částice obsahovat bloky těchto materiálů, vzájemně spolu slepené.

Oxidační katalyzátor (DOC) pro oxidaci oxidu uhelnatého, uhlovodíků a oxidu dusnatého, pro použití v rámci vy-

nálezu, je umístěn v oblasti na předním konci filtru. Rozměry zvolené oblasti mohou záviset na velikosti filtru a mohou být snadno optimalizovány odborníkem v oboru bez zbytečného experimentování. V jednom provedení je ve filtru měřícím 144 mm (5,66 in) v průměru a 248 mm (9,75 in) dlouhém a majícím hustotu buněk 200 buněk na čtvereční palec (31 buněk na  $\text{cm}^2$ ) a tloušťku stěny 0,48 mm (0,019 in), je pásmo s oxidačním katalyzátorem DOC uspořádáno po délce 7,62 cm (3 palce) od vstupního konce filtru.

Oxidační katalyzátor DOC může obsahovat jeden nebo více kovů skupiny platiny (PMG), jako platinu, palladium, rhodium nebo ruthenium nebo jakoukoli kombinaci dvou nebo více z těchto kovů. S výhodou mohou být celkový nebo jednotlivý náplňový obsah (loading) kovů skupiny platiny od 25 do 200  $\text{g}/\text{ft}^3$ , s výhodou od 50 do 150  $\text{g}/\text{ft}^3$ . Katalyzátor může být impregnován na samotném filtrovém materiálu nebo může být nesený na vhodném částicovém žáruvzdorném oxidu s velkou povrchovou plochou. Vhodné složky částicových žáruvzdorných oxidů ve formě vrstvy washcoat obsahují částicový oxid ceričitý (bulk ceria), oxid křemičitý, oxid hlinitý, oxid titaničitý, oxid zirkoničitý nebo směsné oxidy a složené oxidy kterýchkoli dvou nebo více z uvedených, jako oxid křemičitý-oxid hlinitý nebo oxid ceričitý-oxid hlinitý. Tam, kde washcoat obsahuje částicový oxid ceričitý, je vhodné, aby byl ve formě směsného nebo složeného oxidu s nejméně jedním z prvků ze zirkonia, lanthanu, hliníku, yttria, praseodymu a neodymu, aby se zlepšila jeho tepelná trvanlivost, odolnost proti síře a/nebo jiné vlastnosti. V konkrétním provedení je částicový oxid ceričitý kombinovaný ve směsném oxidu nebo složeném oxidu se zirkoniem v hmotnostním

poměru ceru k zirkoniu od 5:95 k 95:5.

"Složený oxid", jak je zde uváděn, znamená do značné míry amorfní oxidový materiál obsahující oxidy nejméně dvou prvků, které nejsou pravé směsné oxidy nejméně dvou prvků.

Pro další maximalizaci využití tepla v systému je v jednom provedení vstupní ("protiproudový") konec filtru uložen do 1 metru, jako do 50 cm, například do 20 cm, buď před (proti proudu) nebo za (po proudu) turbodmychadlem nebo za (po proudu) sběračem výfukových plynů. Uspořádání, kde filtr na částice je uložen do 1 metru od sběrače výfukových plynů motoru je zde označováno jako vůči němu "těsně připojená poloha" nebo "blízko připojená poloha". Z funkčního hlediska může být "těsné připojení" ve vztahu k tomuto popisu definováno jako "omezující pokles teploty mezi výstupem z motoru a vstupem do filtru". Pro omezení teplotních ztrát na delších spojovacích vzdálenostech například 70-100 cm může být výfukové potrubí trubka se dvěma stěnami, s vakuem nebo bez vakua v koaxiální oblasti, opláštěná nebo podobně izolovaná.

V konkrétním provedení má filtr nejméně jedno pásmo obsahující vrstvu washcoat, která obsahuje částicový žáruvzdorný oxid podél alespoň části jeho délky.

V jednom provedení obsahuje filtr nejméně dvě pásma, z nichž každé obsahuje stejnou nebo odlišnou vrstvu washcoat. Například nejméně jedno pásmo může být umístěno na přívodní ("protiproudové") straně filtru a nejméně jedno pásmo na výstupní ("poproudové") straně filtru.

V dalším provedení má nejméně jedna oblast s povlakem washcoat podélný gradient tloušťky povlaku washcoat, například má ve filtru s průchodem stěnami konec otevřeného kanálku na přívodní ("protiproudové") straně větší náplňový obsah materiálu aplikovaného ve formě povlaku washcoat (washcoat loading) než dále na výstupní ("poproudové") straně. Takový gradient může být postupný, t.j. stupňový gradient nebo se sklonem klesající gradient. Obě uspořádání mohou být vytvořena pomocí způsobů dobře známých v oboru. Například stupňový gradient se může dosáhnout ponořením ve vhodném washcoatu do požadované hloubky a sušením pro vytvoření filtru majícího první vrstvu washcoat. Povlečený dílec se potom opětovně ponoří do menší hloubky, takže je kryta pouze část první vrstvy a po té se výsledný dílec suší. Proces opětovného ponoření může být opakován vícekrát s požadovaným počtem opakování, například pro získání požadované série nánosů vrstvy washcoat s požadovaným stupňovým gradientem.

Filtr mající gradient se sklonem může být vytvořen zavedením vhodného filtru, např. filtru s průchodem stěnami, do zařízení pro samočinné povlékání monolitického substrátu, jaké je popsáno ve spisu přihlašovatele WO 99/47260 (na který se zde odvoláváme jako na součást tohoto popisu). Konkrétněji jde o zařízení pro povlékání monolitického nosiče, které obsahuje prostředky pro dávkování předem určeného množství kapalně složky, přičemž toto množství je takové, že je v podstatě zcela zadržováno v uvažovaném nosiči, prostředky pro ukládání (containment means) kapalně složky, umístitelné na vrchu nosiče, pro přijetí uvedeného množství kapalně složky, a vakuové tlakové prostředky působící na

spodní stranu nosiče a způsobilé odebrat do alespoň části nosiče veškerou kapalnou složku z prostředků pro její ukládání (containment means), bez recyklování.

Výhoda provedení s odstupňovanou vrstvou washcoat je v tom, že nastavením náplňového obsahu materiálu ve formě vrstvy washcoat (washcoat loading) v podélném směru je možné měnit pokles tlaku podél stěny filtru v podélném směru, t.j. washcoat nastavuje gradient propustnosti. Například v provedení vyznačujícím se vyšším náplňovým obsahem washcoatu na vstupním konci než dále na výstupní ("poproudové") straně, je směřováno více sazí k výstupnímu ("poproudovému") konci vstupního kanálku. To je výhodné proto, že to snižuje nebo zabraňuje riziko lokalizovaného spalování sazí v oblasti přilehlé k přívodnímu ("protiproudovému") konci vstupního kanálku, které působí nežádoucí zrychlené tepelné stárnutí oxidačního katalyzátoru DOC a jakéhokoli jiného přítomného katalyzátoru, takže se udržuje aktivita katalyzátoru nebo každého katalyzátoru.

Jak bude zřejmé odborníkovi v oboru, filtr by neměl být opatřen povlakem washcoatu v míře, že by zpětný tlak v systému při použití byl příliš vysoký na to, aby filtr mohl vykonávat funkci shromažďování přiměřeného množství sazí před tím, než bude filtr regenerován. Přijatelné zpětné tlaky při použití jsou až 0,8 barů při průtoku 600 kg/hod. při 600°C. Náplňový obsah washcoatu může být nastaven podle potřeby odborníkem v oboru, aby se umožnilo dostatečné ukládání sazí před dosažením tohoto prahu, spouštějícího aktivní regeneraci.

Podle dalšího provedení má nejméně jedno pásmo s povlakem washcoat gradient náplňového obsahu povlaku washcoat v bočním směru. Takové uspořádání se může získat také použitím zařízení podle WO 99/47260. Například může mít, jak je zde popsáno, základna (base) prostředků pro ukládání (containment means) odlišující se propustností pro zajištění snadnějšího průtoku a tedy větších nánosů povlaku v určitých částech, nebo základna samotná působí jako profilovaný prostředek pro ukládání (containment means), například když se obrobí voštinový monolit, takže určité oblasti obsahují větší množství kapalných složek, která jsou přímo vedena do odpovídajících částí nosiče umístěného pod základnou.

Vhodné částicové žáruvzdorné oxidové složky vrstvy washcoat obsahují kterékoli z těch, které byly uvedeny výše v souvislosti s oxidačním katalyzátorem DOC.

Velikost částic pro povlak vrstvy washcoat se volí vhodně tak, aby nebyl blokován požadovaný rozsah průměrů pórů pro filtrování zachycovaných částic (PM) z diesellového motoru. Velikost částic pro povlak může být nastavena jakýmkoli známými postupy, jako mletím.

Oxidační katalyzátor (DOC) a jakýkoli jiný katalyzátor může být ukládán na filtru impregnováním filtrového materiálu samotného, například ponořením filtru do vhodné soli drahého kovu, sušením a potom kalcinováním výsledného dílce. Filtr může obsahovat jedno nebo více pásem majících tento znak, a různé náplňové obsahy katalyzátoru (catalyst loading) podle potřeby. V jednom provedení obsahuje filtr nejméně dvě pásma s katalyzátorem, které obsahují každé

stejný nebo odlišný katalyzátor, popřípadě s nejméně jedním pásmem s katalyzátorem na výstupní ("poproudové") straně filtru.

Podle jednoho provedení má nejméně jedno pásmo s katalyzátorem podélný gradient náplňového obsahu katalyzátoru (catalyst loading), který může být postupný, t.j. odstupňovaný, nebo ve sklonu. Toto uspořádání je obzvláště výhodné v tom, že teploty v blízko připojeném uspořádání mohou být, jak autoři zjistili, na vstupu 700°C, ale až 1100°C na výstupu. Při těchto teplotách bude u jakéhokoli katalyzátoru ležícího směrem k výstupnímu ("poproudovému") konci pravděpodobné, že se v průběhu času stane méně aktivní slinutím atd. Dále se může výstupní konec vstupního kanálu vyplnit během životnosti vozidla popelem, takže bude nepravděpodobné, že by saze měly v této části kanálu dobrý kontakt s katalyzátorem. Použití gradientu tak dovoluje šetření drahými kovy jako platinou, aby se předešlo tomu, že kov bude uložen na filtru tam, kde může být nadbytečný nebo deaktivovaný.

Uvedené nejméně jedno pásmo s katalyzátorem může pokrývat stejnou část filtru jako jako pásmo s povlakem vrstvy washcoat, i když náplňové obsahy katalyzátoru a washcoatu mohou být na sobě nezávislé. Typicky se filtr opatřený washcoatem ponoří do vhodné soli kovu, jíž se impregnuje, a výsledný materiál se suší a kalcinuje. V jednom provedení však katalyzátor může být předem fixován na částicový nosičový materiál například počáteční vlhkou impregnací vhodnou solí, po čemž následuje sušení a pak impregnace. Částicový materiál s obsahem katalyzátoru může být potom formulován do vhod-

né kompozice pro povlak washcoat a aplikována na filtru jak bylo vysvětleno výše.

Je samozřejmě také možné provedení, které je podobné provedení s washcoatem popsanému výše, kde nejméně jedno pásmo s katalyzátorem má gradient náplňového obsahu katalyzátoru směrem do strany (v bočním směru).

Jedním způsobem, jak předejít nadbytečnosti katalyzátoru ve výstupní ("poproudové") sekci filtru, je uložit katalyzátor na výstupní ("poproudový") konec výstupních kanálků filtru. Takové uspořádání je žádoucí pro zpracování oxidu uhelnatého, vytvořeného nucenou nebo aktivní regenerací filtru. Katalyzátor může být formulován pro tepelnou trvanlivost, má-li být použit v této poloze.

Přídavně nebo alternativně může být nejméně jeden katalyzátor pro použití v pásmech na výstupní ("poproudové") straně od oxidačního katalyzátoru DOC katalyzátor pro spalování sazí, obsahující roztavenou sůl, vhodně sůl alkalického kovu, sůl kovu alkalických zemin nebo lanthanovou sůl vanadu, wolframu nebo molybdenu nebo oxid vanadičný. Složky tvořené kovy alkalických zemin zahrnují hořčík, vápník, stroncium a barium nebo směsi kterýchkoli dvou nebo více z uvedených. Mohou být také použity katalyzátory na bázi mědi a stříbra, jako vanadičnany stříbra nebo mědi.

Uvedený nejméně jeden katalyzátor může být nesen na kterémkoli z částicových žáruvzdorných oxidových materiálů uvedených výše, a to buď impregnováním filtru, který již byl opatřen povlakem vrstvy washcoat vhodnou kovovou solí, nebo

fixováním katalyzátoru na částicový nosič před opatřováním filtru povlakem vrstvy washcoat, například impregnováním, sušením a po té kalcinováním impregnovaného nosiče. Posledně jmenovaná metoda umožňuje odborníkovi v oboru volit, které částicové žáruvzdorné oxidy by měly nést katalytický kov v systému washcoatu obsahujícím dva nebo více různých částicových žáruvzdorných oxidů. Například tam, kde odborník požaduje uložit platinu na oxid hlinitý, ale nikoliv na směsný nebo složený oxid ceričitý a zirkoničitý, může to být zajištěno přípravou složky washcoatu s nesenou platinou samostatně a po té smísením dvou složek v požadovaných poměrech ve vrstvě washcoat.

Náplňové obsahy kovů skupiny platiny v přídavných katalyzátorech pro použití podle vynálezu mohou být od 0,10 do 200 g/ft<sup>3</sup>, vhodně od 0,25 do 120 g/ft<sup>3</sup> a popřípadě od 1,00 do 50 g/ft<sup>3</sup>. Tam, kde filtr obsahuje dvě nebo více pásem s katalyzátorem, může každé pásmo mít katalyzátor s různým náplňovým obsahem. Vhodné katalyzátory obsahují kovy skupiny platiny jako platinu, palladium, rhodium a ruthenium, obzvláště platinu. V jednom konkrétním provedení obsahuje oxidační katalyzátor DOC platinu na nosiči na bázi oxidu hlinitého při náplňovém obsahu 100 g/ft<sup>3</sup> a zbytek filtru obsahuje odstupňované uspořádání katalyzátoru s více pásmy, přičemž pásmo vstupních kanálek, které leží nejvíce po proudu, obsahuje 10 g/ft<sup>3</sup> platiny na nosiči na bázi oxidu hlinitého z důvodů vysvětlených výše.

V dalším provedení filtr obsahuje katalyzátor pro absorbování NO<sub>2</sub>, když jsou výfukové plyny chudé. Katalyzátory pro absorbování NO<sub>2</sub> z výfukových plynů jsou známé například

z patentu EP-A-0560991 (na který se zde odvoláváme jako na součást tohoto popisu) a obsahují sloučeniny nejméně jednoho alkalického kovu, například draslíku nebo cesia, kovu alkalických zemin jako baria, stroncia, vápníku nebo hořčíku, typicky baria, nebo kovu vzácných zemin, například lanthanu nebo cesia, nebo jejich směsi. Sloučeniny, typicky přítomné jako oxidy, mohou při použití nabývat formy hydroxidů, dusičnanů nebo uhličitanů.

Takové katalyzátory mohou obsahovat nejméně jeden kov skupiny platiny, typicky platinu, pro oxidaci NO ve výfukových plynech na NO<sub>2</sub>, když je složení výfukových plynů chudé, a rhodium pro redukci NO<sub>x</sub> na N<sub>2</sub>, když je složení výfukových plynů bohaté. Oxidační katalyzátor DOC může provádět funkci oxidace NO, takže přídatná platina Pt je nepotřebná.

I když je možné využít přirozeného kolísání teploty výfukových plynů a složení výfukových plynů během jízdního cyklu pro regeneraci absorbentu, jsou obecně pro tento účel využívány prostředky pro řízení motoru pro zajištění přetržitého obohacování výfukových plynů a/nebo vyšší teploty výfukových plynů vzhledem k normálním provozním podmínkám. V jednom provedení je zajišťováno přetržité zajišťování dostatečného NO<sub>x</sub> ve výfukových plynech pro spalování částic (PM) ve filtru nastavením míry recirkulace výfukových plynů (exhaust gas recirculation rate, EGR).

Motor může být jakýkoliv dieselový motor. Může mít například přímé vstřikování, například používající vstřikování common rail, a/nebo turbodmychadlo.

Lehké dieselové motory jsou definovány v evropských zákonných předpisech směrnicí European Directive 70/220/EEC, v upraveném znění dle 93/59/EC a 98/69/EC. V USA jsou do kategorie lehkých dieselových motorů zahrnuta osobní vozidla, lehká nákladní auta (LLDT) pod třídou celkové hmotnosti vozidla (GVWR) 6000 lbs a těžko-lehká nákladní auta (heavy light-duty trucks, HLDT) nad 6000 lbs. Teploty výfukových plynů, vypouštěných z lehkých dieselových motorů, jsou zpravidla nižší než teploty u těžných dieselových motorů (jak jsou definovány příslušnými zákonnými předpisy).

V jednom provedení může motor obsahovat dvě skupiny válců, například uspořádaných ve tvaru V, přičemž každá skupina obsahuje sběrač výfukových plynů, obsahující filtr na částice pro použití v rámci vynálezu, nebo filtr na výstupní straně od spojení uvedených dvou sběračů.

Je žádoucí, aby byl motor podle kteréhokoli z předchozích nároků provozován s palivem s méně než 50 ppm síry w/w.

#### Příklady provedení vynálezu

Aby mohl být vynález plněji pochopen, je poskytnut následující příklad, sloužící pouze pro ilustraci, s odvoláním na výkres, jehož obr.1 znázorňuje akumulované emise v koncové trubce výfuku z lehkého dieselova motoru opatřeného katalyzovaným filtrem na saze podle vynálezu.

Na trhu dostupné vozidlo s 2,2 litrovým, 16 ventilovým přeplňovaným dieselovým motorem s přímým vstřikem common

rail, certifikované pro legislativní požadavky European Stage 3, bylo vybaveno katalyzovaným filtrem na saze (CSF) podle vynálezu, 203 mm (8 palců) po proudu od výstupu turbodmyhadla. Keramický substrát filtru měl průměr 144 mm (5,66 in) a délku 248 mm (9,75 in) s hustotou 200 buněk na čtvereční palec (cpsi) (31 buněk na  $\text{cm}^2$ ) a tloušťku stěny 0,48 mm (0,019 in), a objemovou tepelnou kapacitu, vztaženou na zaujímaný objem,  $820 \text{ kJ m}^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Platina byla aplikována na filtr, který byl předem povlečen částicovým nosičem na bázi oxidu hlinitého ve dvoupásmovém odstupňovaném uspořádání, kde přibližně 80% náplňového obsahu (loading) platiny (v  $\text{g/ft}^3$ ) uvedeného přednostního rozmezí podle vynálezu bylo umístěno na přední části filtru pro vytvoření oxidačního katalyzátoru DOC a zbývajících 20% bylo rovnoměrně uloženo na zbytku filtru.

Vozidlo, po napájení palivem motorovou naftou obsahující 50 ppm síry, bylo osazeno na dynamometru pro nastrádávání hodnot z jízdy (mileage accumulation dynamometer) a nechal se pracovat ve strádacím cyklu hodnot z jízdy (AMA, mileage accumulation cycle). Tento cyklus, který je cyklem uznávaným z hlediska předpisů pro trvanlivost katalyzátoru, obsahuje 11 kol 6 km jízdy při průměrné rychlosti 46 km/hod., špičkové rychlosti 113 km/hod. a době cyklu přibližně 88 minut.

Údaje o katalyzátoru se konstantně zaznamenávaly při 0,1 Hz. Byly sledovány teploty na vstupu do katalyzátoru a 25 mm do filtru od zadního čela. Byl také sledován zpětný tlak. Během pasivních regeneračních fází nastrádávání hodnot z jízdy činila vstupní teplota od přibližně  $250^\circ\text{C}$  do maxima

přibližně 350°C. Emise NO<sub>x</sub> v koncové trubce výfuku ukazují, že je zde k dispozici dostatečné množství NO<sub>x</sub> pro částečnou pasivní regeneraci katalyzovaného filtru na saze CSF při teplotách pozorovaných v systému. Navíc kalibrace vozidla dodaná z výroby regenerovala katalyzovaný filtr na saze v pravidelně předem určených intervalech. Během údobí aktivní regenerace se zadní teploty katalyzovaného filtru na saze CSF zvyšovaly na 700 až 1000°C.

Bylo provedeno celkové stárnutí AMA (AMA ageing) na 80 000 km, s euro III emisemi a data o částicích se shromažďovala po 0, 5, 10, 20, 40, 60 a 80 tisících kilometrů (tab.1). Z tabulky je patrné, že emise v koncové trubce výfuku zůstávaly stabilní po celou dobu trvání 80 000 km.

Nastrádaná vzdálenost (km)	HC (g km <sup>-1</sup> )	CO (g km <sup>-1</sup> )	PM (g km <sup>-1</sup> )
0	0,053	0,147	0,003
5 000	0,024	0,121	0,001
10 000	0,021	0,109	0,001
20 000	0,015	0,093	0,001
40 000	0,017	0,108	0,005
60 000	0,015	0,113	0,005
80 000	0,016	0,114	0,006

Tab.1: Kumulativní emise z koncové trubky výfuku (tailpipe bag emissions) při použití Euro III zkušebního cyklu v intervalech v průběhu nastrádávání z jízdy 80 000 km.

Vozidlo se stejnou specifikací se opatřilo katalyzovaným filtrem na saze CSF se stejnou specifikací, osazeným

ve stejné výfukové poloze, a nechalo se jet v jízdě 20 000 km. Hodnoty z jízdy 20 000 km se nasťrádávaly při použití směsi jízdy ve městě a na dálnici. Teplota a zpětný tlak se zaznamenávaly při 0,1 Hz s teplotami regenerace katalyzovaného filtru na saze až 650-700°C. Data o emisích se shromažďovala po nasťrádávání z 0, 5, 10 a 20 tisících km jízdy (tab.2), s podobnými emisemi v koncové trubce výfuku jako jsou ty, které se nashromáždily během nasťrádávání z jízdy AMA.

Nasťrádaná vzdálenost (km)	HC (g km <sup>-1</sup> )	CO (g km <sup>-1</sup> )	PM (g km <sup>-1</sup> )
0	0,040	0,172	0,002
5 000	0,047	0,226	0,003
10 000	0,036	0,202	0,004
20 000	0,044	0,253	0,007

Tab.2: Kumulativní emise z koncové trubky výfuku (tailpipe bag emissions) při použití Euro III zkušebního cyklu v intervalech v průběhu nasťrádávání z jízdy 20 000 km.

Obr.1 ukazuje, že průběh emisí CO po light-off je plochý, což naznačuje, že jakmile je katalyzovaný filtr na saze zahřátý, zadržuje tepelná hmota substrátu filtru dostatečné teplo pro přeměnu oxidu uhelnatého během kolísání teplot výfukových plynů.

P A T E N T O V É      N Á R O K Y

1. Zařízení obsahující

diesellový motor;

výfukový systém obsahující filtr na částice vytvořený z porézního materiálu majícího střední průměr pórů od 5  $\mu\text{m}$  do 40  $\mu\text{m}$  a pórovitost nejméně 40% a objemovou tepelnou kapacitu, vztaženou na zaujímaný objem, nejméně  $0,50 \text{ J cm}^{-3} \text{ K}^{-1}$  při  $500^\circ\text{C}$ , přičemž filtr obsahuje více pásem s katalyzátorem, zahrnujících první pásmo s katalyzátorem umístěné na předním konci filtru a nejméně jedno pásmo s katalyzátorem umístěné na poproudové straně od prvního pásma, přičemž první pásmo s katalyzátorem obsahuje oxidační katalyzátor (DOC) obsahující nejméně jeden kov skupiny platiny pro oxidování oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC) a oxidu dusnatého (NO), a přičemž uvedené nejméně jedno pásmo s katalyzátorem umístěné na poproudové straně od prvního pásma obsahuje nejméně jeden kov skupiny platiny, přičemž celkový náplňový obsah kovů nebo kovu skupiny platiny v prvním pásmu s katalyzátorem je větší než je celkový náplňový obsah kovů nebo kovu skupiny platiny v uvedeném nejméně jednom pásmu s katalyzátorem umístěném na poproudové straně od prvního pásma; a prostředky pro řízení motoru, pro plynulé nebo přetržité poskytování, při použití, výfukových plynů obsahujících dostatek oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ) nebo uhlovodíků a/nebo výfukových plynů s dostatečně vysokou teplotou pro spalování částic (PM) ve filtru.

2. Zařízení podle nároku 1, v němž pórovitost filtru je od 50% do 70%.

3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, v němž přívodní konec filtru je umístěn do 1 metru, popřípadě do 50 cm, od sběrače výfukových plynů nebo turbodmychadla.

4. Zařízení podle nároku 1, 2 nebo 3, v němž filtr má tvar voštiny, mající vstupní konec a výstupní konec, a množství buněk probíhajících od vstupního konce k výstupnímu konci, přičemž buňky mají pórovité stěny, přičemž část celkového počtu buněk je na vstupním konci ucpaná po části jejich délky, a zbývající část buněk, které jsou otevřené na vstupním konci, jsou ucpané na výstupním konci podél části jejich délky, takže proudící výfukové plyny procházejí buňkami voštiny od vstupního konce do otevřených buněk, stěnami buněk, a ven z filtru otevřenými buňkami na výstupním konci.

5. Zařízení podle nároku 1, 2, 3 nebo 4, v němž materiál filtru obsahuje keramický materiál.

6. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, v němž materiál filtru obsahuje nejméně jednu z látek z karbidu křemíku, nitridu hliníku, nitridu křemíku, titaničitanu hlinitého, oxidu hlinitého, slinutého kovu, kordieritu, mulitu, polucitu nebo thermet jako  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$  nebo  $\text{B}_4\text{C}/\text{Fe}$ .

7. Zařízení podle nároku 6, v němž materiál filtru obsahuje směs karbidu křemíku a nitridu křemíku.

8. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž filtr obsahuje nejméně jedno pásmo obsahující podél alespoň části své délky povlak vrstvy washcoat obsahující

částicový žáruvzdorný oxid.

9. Zařízení podle nároku 8, v němž filtr obsahuje nejméně dvě pásma obsahující každé stejný nebo odlišný povlak washcoat.

10. Zařízení podle nároku 9, v němž nejméně jedno pásmo je na přívodní straně filtru a nejméně jedno pásmo je na výstupní straně filtru.

11. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 8 až 10, v němž nejméně jedno pásmo s vrstvou washcoat má podélný gradient tloušťky vrstvy washcoat.

12. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 8 až 11, v němž nejméně jedno pásmo s vrstvou washcoat má v bočním směru gradient tloušťky vrstvy washcoat.

13. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž uvedený nejméně jeden kov skupiny platiny v oxidačním katalyzátoru DOC je zvolený z platiny, palladia, rhodia, ruthenia a směsí kterýchkoli dvou nebo více z nich.

14. Zařízení podle nároku 13, v němž celkový náplňový obsah kovů nebo kovu skupiny platiny v oxidačním katalyzátoru DOC nebo náplňový obsah každého z kovů skupiny platiny přítomných v oxidačním katalyzátoru DOC je od 25 do 200 g ft<sup>-3</sup>, popřípadě od 50 do 150 g ft<sup>-3</sup>.

15. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž každé pásmo s katalyzátorem obsahuje stejný nebo odlišný katalyzátor.

16. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž nejméně jedno pásmo s katalyzátorem umístěné na poproudové straně od prvního pásma je na výstupní straně filtru.

17. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž každé pásmo s katalyzátorem má podélný gradient náplňového obsahu katalyzátoru.

18. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž každé pásmo s katalyzátorem má boční gradient náplňového obsahu katalyzátoru.

19. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 13 až 18, když je vztažen na kterýkoli z nároků 8 až 12, v němž nejméně jedno pásmo s katalyzátorem kryje stejnou část filtru jako pásmo s vrstvou washcoat.

20. Zařízení podle nároku 19, v němž nejméně jeden katalyzátor je nesený na částicovém nosiči ve vrstvě washcoat.

21. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž uvedený nejméně jeden z kovů skupiny platiny v uvedeném nejméně jednom pásmu s katalyzátorem umístěném na poproudové straně od prvního pásma je platina, palladium, rhodium, ruthenium nebo kterékoli dva nebo více z těchto kovů.

22. Zařízení podle nároku 21, v němž náplňový obsah kovu nebo kovů skupiny platiny v uvedeném nejméně jednom

pásmu s katalyzátorem umístěném na poproudové straně od prvního pásma je od 0,10 do 200 g/ft<sup>3</sup>, výhodně od 0,25 do 120 g/ft<sup>3</sup> a popřípadě od 1,00 do 50 g/ft<sup>3</sup>.

23. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž uvedené nejméně jedno pásmo s katalyzátorem, umístěné na poproudové straně od prvního pásma, obsahuje roztavenou sůl, výhodně sůl alkalického kovu nebo lanthanovou sůl vanadu, wolframu nebo molybdenu nebo oxid vanadičný.

24. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, v němž filtr obsahuje katalyzátor pro absorbování NO<sub>2</sub>, když jsou výfukové plyny chudé.

25. Zařízení podle nároku 24, v němž katalyzátor pro absorbování NO<sub>2</sub> obsahuje nejméně jeden z kovů ze skupiny zahrnující alkalické kovy, kovy alkalických zemin a kovy vzácných zemin a jejich směsi.

26. Zařízení podle nároku 25, v němž uvedený nejméně jeden alkalický kov je draslík nebo cesium.

27. Zařízení podle nároku 25, v němž uvedený nejméně jeden kov alkalických zemin je barium, stroncium, vápník nebo hořčík.

28. Zařízení podle nároku 25, v němž uvedený nejméně jeden kov vzácných zemin je lanthan nebo cesium.

29. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 24 až 28, v němž prostředky pro řízení motoru při použití přetržitě snižují koncentraci kyslíku výfukových plynů a/nebo poskytu-

jí vyšší teplotu výfukových plynů vzhledem k normálním provozním podmínkám, pro regeneraci absorbentu  $\text{NO}_2$ .

30. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 7 a kteréhokoli z nároků 13 až 29, když je vztažen na kterýkoli z nároků 1 až 7, v němž kovová katalyzátorová složka nebo každá kovová katalyzátorová složka je nesena samotným materiálem filtru.

31. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 8 až 29, v němž částicový žáruvzdorný oxid obsahuje částicový oxid ceričitý, oxid křemičitý, oxid hlinitý, oxid titaničitý, oxid zirkoničitý nebo směsný oxid nebo složený oxid z kterýchkoli dvou nebo více z uvedených.

32. Zařízení podle nároku 31, v němž částicový nosič obsahuje směsný oxid nebo kompozit obsahující částicový oxid ceričitý a nejméně jeden prvek ze zirkonia, lanthanu, hliníku, yttria, praseodymu a neodymu.

33. Zařízení podle nároku 32, v němž částicový nosič obsahuje směsný oxid nebo složený oxid z částicového oxidu ceričitého a oxidu zirkoničitého v hmotnostním poměru Ce:Zr od 95:5 do 5:95.

34. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 33, v němž přetržitě zajišťování dostatečného množství  $\text{NO}_x$  ve výfukových plynech pro spalování částic (PM) ve filtru je zajišťováno nastavením míry recirkulace výfukových plynů (EGR).

35. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, jehož motor obsahuje dvě skupiny válců, přičemž každá skupina obsahuje sběrač výfukových plynů obsahující filtr na částice podle kteréhokoli z předchozích nároků.

36. Zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, jehož motor je provozovaný s palivem majícím méně než 50 ppm síry w/w.